



АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО

Брой 3
юли 2021 г.

Издателство на ТУ-София

ISSN: 2682-9584



АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО

Брой 3 юли 2021 София

Редакционна колегия

Председател

доц. д-р инж. Стилиян Николов – Р-л кат. АДП

Редактор

доц. д-р инж. Ренета Димитрова – Зам. р-л кат. АДП

Членове

проф. д-р инж. Иво Малаков

проф. д-р инж. Пламен Петров

проф. д-р инж. Димчо Чакърски

проф. д-р инж. Панчо Томов

проф. д-р инж. Тодор Нешков

доц. д-р инж. Ваня Георгиева

проф. д-р инж. Димитър Дамянов

Издателство на ТУ-София

ISSN: 2682-9584

Издател Катедра „Автоматизация на дискретното производство“
при Машиностроителен факултет на ТУ-София

Адрес на редакционната колегия

България 1000 София, бул. “Кл. Охридски” №8, ТУ – София кат. АДП на МФ
тел.: +3592 965-27-55, GSM+359 895 590 330, e-mail: adp-konf@tu-sofia.bg

AUTOMATION OF DISCRETE PRODUCTION ENGINEERING

Issue 3 July 2021 Sofia

Editorial Board

Chairmen

Assoc. Prof. Eng. Stilyan Nikolov, PhD, Chairman Dep. ADP

Editor

Assoc. Prof. Eng. Reneta Dimitrova, PhD. Deputy Chairman Dep. ADP

Members

Prof. Eng. Ivo Malakov, DSc

Prof. Eng. Plamen Petrov, PhD

Prof. Eng. Dimtcho Tchakarsky, PhD

Prof. Eng. Pancho Tomov, PhD

Prof. Eng. Todor Neshkov, PhD

Assoc. Prof. Eng. Vania Georgieva, PhD

Prof. Eng. Dimitar Damyanov, PhD

Publishing house of TU-Sofia

ISSN: 2682-9584

Publisher Department “Automation of Discrete Production Engineering“
Mechanical Engineering Faculty, Technical University - Sofia

Address of Editorial Office

Bulgaria 1000 Sofia, “St. Kl. Ohridski” Blvd №8, TU – Sofia dep. ADPE, FME
tel.: +3592 965-27-55, mobile +359 895 590 330, e-mail: adp-konf@tu-sofia.bg

АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО

Брой 3
юли 2021 г.

Издателство на ТУ-София

ISSN: 2682-9584



МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ „АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО”

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

ПОЧЕТЕН ПРЕДСЕДАТЕЛ:

проф. д-р инж. Иван Кралов – Ректор на ТУ – София

ПРЕДСЕДАТЕЛ:

доц. д-р инж. Стилиян Николов – Р-л кат. АДП

НАУЧЕН СЕКРЕТАР:

доц. д-р инж. Ренета Димитрова – Зам. р-л кат. АДП

ЧЛЕНОВЕ:

проф. д-р инж. Уве Фюсел - ТУ-Дрезден

проф. д-р инж. Каха Деметрашвили – ТУ-Тбилиси

проф. д-р инж. Петр Лоуда – ТУ-Либерец

проф. д-р инж. Симеон Симеонов – ТУ-Бърно

проф. д-р инж. Властимир Никулч - НУ-Ниш

проф. д-р инж. Ненад Павлович – НУ-Ниш

проф. д-р инж. Виктор Гавриловски – СУ-Скопие

проф. д-р инж. Александър Марковски – БУ-Битоля

проф. д-р инж. Александър Михайлов – ТУ-Донецк

д-р инж. Фолкмар Флеминг – ТУ-Дрезден

проф. д-р инж. Любомир Димитров – зам. Ректор ТУ

проф. д-р инж. Иво Малаков - кат. АДП

проф. д-р инж. Димчо Чакърски – кат. АДП

проф. д-р инж. Тодор Нешков – кат. АДП

проф. д-р инж. Христо Шехтов – ЛТУ, София

проф. д-р инж. Роман Захариев - БАН

проф. д-р инж. Михаил Кършаков – РУ, Русе

проф. д-р инж. Стефан Къртунов – ТУ, Габрово

проф. д-р инж. Стефан Стефанов – УХТ Пловдив

проф. д-р инж. Панчо Томов – зам. декан на МФ

проф. д-р инж. Пламен Петров - кат. АДП

доц. д-р инж. Ваня Георгиева – кат. АДП

доц. д-р инж. Михаела Топалова – ИПФ - Сливен

доц. д-р инж. Иван Шопов - ТУ - София, Ф-л Пловдив

ПРОГРАМЕН КОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛ: проф. д-р инж. Иво Малаков

ЧЛЕНОВЕ:

проф. д-р инж. Димчо Чакърски

проф. д-р инж. Тодор Нешков

проф. д-р инж. Димитър Дамянов

проф. д-р инж. Христо Шехтов

проф. д-р инж. Стефан Къртунов

проф. д-р инж. Веселин Павлов

проф. д-р инж. Роман Захариев

проф. д-р инж. Пламен Петров

СЕКРЕТАРИАТ

доц. д-р инж. Татяна Вакарелска

гл. ас. д-р инж. Слав Димитров

Тридесета юбилейна международна научно-техническа конференция „Автоматизация на дискретното производство” (АДП 2021) се провежда от 29 юни до 02 юли 2021 год. в УСОБ на ТУ-София, Созопол в рамките на Дните на науката на ТУ-София.

За конференцията са депозиран и приети от програмния комитет 49 доклада от 76 автора, работещи в областта на автоматизацията на дискретните производствени процеси.

Представените доклади са в девет научни направления както следва:

1. Теоретични проблеми на автоматизацията на дискретното производство – 4 бр.
2. Технологии и машини за автоматизираното дискретно производство – 8 бр.
3. Автоматизиране потока на детайлите – 4 бр.
4. Промислени работи и роботизирани комплекси – 6 бр.
5. Автоматизация на монтажа – 4 бр.
6. Мехатроника – 8 бр.
7. Системи за управление в дискретното производство – 7 бр.
8. Иновации и инженеринг на автоматизираното дискретно производство – 3 бр.
9. CAD/CAM/CAE системи и виртуално инженерство – 5 бр.

Организационният комитет благодари на всички участници в конференцията за своевременното депозиране на научните доклади и спазването на изискванията за тяхното оформяне.

Организационният комитет благодари на НИС при ТУ-София и на фирмите „ВАНИКО” ООД – Благоевград, “FESTO” ЕООД – София, и “SMC” - София за финансовото подпомагане провеждането на конференцията.

Предпечатната подготовка на докладите от ХХХ МНТК “Автоматизация на дискретното производство” (АДП 2021) е извършена от доц. д-р инж. Ренета Димитрова.

За контакти:

катедра АДП на МФ при ТУ – София, бул. “Кл. Охридски” №8
тел.: (02) 965-27-55, 0895 590 330, e-mail: adp-konf@tu-sofia.bg

СЪДЪРЖАНИЕ:**I. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 1 “ТЕОРЕТИЧНИ ПРОБЛЕМИ НА АВТОМАТИЗАЦИЯТА НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО”**

- | | | |
|----|---|----|
| 1. | Стефан Къртунов, СЪСТОЯНИЕ, РАЗВИТИЕ, ПОТЕНЦИАЛ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЛАЗЕРНАТА ЛИТОГРАФИЯ В МИКРО- И НАНОМЕХАТРОНИКАТА | 4 |
| 2. | Милена Бисерова-Харалампиева, Росен Петров, Димитър Карастоянов, ПОДХОДИ ЗА СЪХРАНЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ НА ЕНЕРГИЯ | 9 |
| 3. | Станислав Цолов, КЛАСИФИКАЦИЯ НА РОБОТИ С ПАРАЛЕЛНА КИНЕМАТИКА | 17 |
| 4. | Давид Авишай, Веселин Павлов , Галя Павлова, ДИСТАНЦИОННОТО ОБУЧЕНИЕ ВЪВ ВИСШЕТО ИНЖЕНЕРНО ОБРАЗОВАНИЕ - ЛЕКЦИИ, ЛАБОРАТОРНИ УПРАЖНЕНИЯ И ИЗПИТИ | 25 |

II. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 2 “ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНИ ЗА АВТОМАТИЗИРАНОТО ДИСКРЕТНО ПРОИЗВОДСТВО

- | | | |
|----|---|----|
| 1. | Северин Хаджиев, Генади Цветанов, Цанко Караджов, ЕКСТРЕМНИ ПАРАМЕТРИ НА МАЛКОМОДУЛНИ ЗЪБНИ ПРЕДАВКИ С АСИМЕТРИЧЕН ПРОФИЛ | 30 |
| 2. | Северин Хаджиев, КОНТРОЛ КИНЕМАТИЧНАТА ТОЧНОСТ НА ЗЪБНИ КОЛЕЛА С АСИМЕТРИЧЕН ПРОФИЛ НА ЗЪБИТЕ | 35 |
| 3. | Миглена Панева, Петър Панев, МЕХАНИЧНА ОБРАБОТКА И ГРАПАВОСТ НА РАБОТНИ ВАЛОВЕ ЗА РЕВЕРСИВЕН СТАН ЗА СТУДЕНО ВАЛЦУВАНЕ | 38 |
| 4. | Петко Кънчев, Галя Димова, МЕТАЛОГРАФСКО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАВАРЕНИ ВЪЗЛИ НА ПАРОГЕНЕРАТОРИ В АТОМНИ ЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ | 43 |
| 5. | Plamen Raykov, STUDY OF NEW TYPE LOW-FALL WATER BLADELESS TURBINES | 49 |
| 6. | Stanislav Dimitrov, Ava Chikurteva, DEVELOPMENT OF AN ADVISORY INFORMATION SYSTEM FOR FUEL ORDERING | 53 |
| 7. | Михаил Кършаков , Васил Костадинов, Павел Петров, ОСОБЕНОСТИ ПРИ КОМБИНИРАНОТО ОБРАБОТВАНЕ ЧРЕЗ РЯЗАНЕ И ПОВЪРХНОСТНО ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМИРАНЕ | 57 |
| 8. | Милена Бисерова-Харалампиева, Росен Петров, Венета Йосифова, ИНТЕГРИРАНЕ НА СОЛАРНИ ВЪЗОБНОВЯЕМИ ЕНЕРГИЙНИ СИСТЕМИ В СГРАДИ. ПРИЛОЖЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ. | 61 |

III. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 3 “АВТОМАТИЗИРАНЕ ПОТОКА НА ДЕТАЙЛИТЕ”

- | | | |
|----|---|----|
| 1. | Владимир Бояджиев, МОДЕЛИРАНЕ ЧРЕЗ ГРАФ НА НАДЕЖНОСТНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА СИСТЕМАТА ЗА ИМПУЛСНО ДОЗАТОРНО МАЗАНЕ НА СЛОЖЕН ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТ | 65 |
| 2. | Владимир Бояджиев, СРАВНИТЕЛЕН НАДЕЖНОСТЕН АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ МОДЕРНИЗАЦИЯТА НА МЕХАНИЧНА И ХИДРОПНЕВМАТИЧНА ЧАСТИ НА СЛОЖЕН ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТ | 68 |
| 3. | Татяна Вакарелска, ОТНОСНО ПРОЕКТИРАНЕТО НА АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА БУТИЛИРАНЕ НА ТЕЧНОСТИ | 72 |
| 4. | Петър Панев, Миглена Панева, Любен Клочков, АВТОМАТИЗИРАНЕ НА ЗАВАРЯВАНЕТО НА ДЕТАЙЛ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ТРЪБНА МЕБЕЛ | 76 |

IV. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 4 “ПРОМИШЛЕНИ РОБОТИ И РОБОТИЗИРАНИ КОМПЛЕКСИ”

- | | | |
|----|--|-----|
| 1. | Найден Шиваров, Денис Чикуртев, Стефан Шиваров, КОНЦЕПЦИЯ ЗА СЕРВИЗЕН РОБОТ-ДРОН ЗА СКЛАДИРАНЕ И/ИЛИ ДОСТАВКА НА ГОТОВА ПРОДУКЦИЯ | 80 |
| 2. | Петко Стоев, Найден Шиваров, Николай Стоименов, Стефан Шиваров, ИЗАЙН НА СПЕЦИАЛИЗИРАН ХВАЩАЧ НА РОБОТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ТОЧНО ДОЗИРАНЕ НА МЕЛЕЩИ ТЕЛА | 85 |
| 3. | Vasil Cvetkov, Nina Valchkova, Roman Zahariev, TECHNOLOGY FOR CREATING ROBOTS IN CHILDREN'S EDUCATION | 91 |
| 4. | Кристина Петкова, Милчо Ташев, ТОЧНОСТ И ПОВТОРЯЕМОСТ НА ПОЗИЦИОНИРАНЕ – КЛАСИФИКАЦИЯ НА ПРИЧИНИТЕ ПРИ НЕТОЧНОСТИ НА РОБОТИ | 95 |
| 5. | Христо Шехтов, МОДУЛЕН МАНИПУЛАТОР ЗА МЕБЕЛНАТА ПРОМИШЛЕННОСТ | 99 |
| 6. | Чавдар Костадинов, Иванка Пеева, ОТНОСНО ИЗБОРА НА ОБСЛУЖВАЩ РОБОТ В РОБОТИЗИРАНИ ТЕХНОЛОГИЧНИ МОДУЛИ | 104 |

V. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 5 “АВТОМАТИЗАЦИЯ НА МОНТАЖА

- | | | |
|----|---|-----|
| 1. | Боян Бахчеванов, Ренета Димитрова, Стилиян Николов, УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ РАБОТАТА НА АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ЛИОФИЛНИ ЛЕКАРСТВЕНИ ФОРМИ | 108 |
| 2. | Слав Димитров, Ренета Димитрова, Трифон Банков, Александър Банчев, Станислав Цолов, ПРОЕКТИРАНЕ НА МОБИЛЕН РОБОТ С ХИБРИДНО ЗАДВИЖВАНЕ | 114 |
| 3. | Slav Dimitrov, Reneta Dimitrova, Trifon Bankov, Alexandar Banchev, Stanislav Tsolov, ENGINEERING RESEARCH A MOBILE ROBOT WITH HYBRID DRIVE | 122 |
| 4. | Боян Бахчеванов, ТЕХНОЛОГИЧЕН ПРОЦЕС ПРИ РАБОТА НА АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА С ФЛАКОНИ, ЗАМЕСТВАЩИ АМПУЛИ, КАТО ПЪРВИЧНА ОПАКОВКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВО НА ЛИОФИЛНИ ЛЕКАРСТВЕНИ ФОРМИ | 126 |

VI. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 6 “МЕХАТРОНИКА”

- | | | |
|----|--|-----|
| 1. | Станислав Йовков, Найден Шиваров, Стефан Шиваров, ЦЕНОВО ЕФЕКТИВНА УЧЕБНА МОБИЛНА РОБО-ПЛАТФОРМА | 130 |
| 2. | Виктория Уручева, Мартин Камбушев, Йото Георгиев, Кирил Камбушев, МОБИЛЕН БАРОМЕТРИЧЕН ВИСОТОМЕР | 135 |
| 3. | Ивайло Трифонов, Снежана Николова, СИСТЕМАТА ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА УСТОЙЧИВОСТТА И УПРАВЛЯЕМОСТТА | 139 |
| 4. | Кирил Копаранов, Даниела Минковска, Красин Георгиев, Людмила Стоянова, ОПРЕДЕЛЯНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ТИПА НЕВРОННА МРЕЖА ВЪРХУ ПРОГНОЗАТА ПРИ МОДЕЛИРАНЕ НА ГОЛЯМА ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ ОТ СТОЙНОСТИ | 141 |
| 5. | Мартин Симеонов, Иван Златев, ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ НА СИСТЕМАТА ЗА СТАБИЛИЗИРАНЕ | 146 |
| 6. | Денис Чикуртев, Димитър Карастоянов, Ава Чикуртева, ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ДИГИТАЛИЗАЦИЯ НА ОБЕКТИ ОТ КУЛТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОТО НАСЛЕДСТВО С ПРИЛОЖЕНИЕ В ОБРАЗОВАНИЕТО В ПОМОЩ НА ХОРА С УВРЕДЕНО ЗРЕНИЕ | 149 |
| 7. | Росен Петров, Милена Бисерова-Харалампиева, УМНИ ДОМОВЕ И ТЕХНОЛОГИЧНИ ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА | 155 |
| 8. | Veronika Ivanova, Ani Boneva, A MECHATRONIC DEVICE FOR AN ESTIMATION OF BIOLOGICAL PROPERTIES OF TISSUES. APPLICATION IN LAPAROSCOPIC SURGERY. | 161 |

**VII. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 7 “СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ В ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО”**

1.	Момчил Куртев, Васил Тренев, ESTIMATING EFFECTIVE MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR UAV MISSION TASKS	166
2.	Борян Владимиров, МРЕЖОВА СИГУРНОСТ ПРИ ОТДАЛЕЧЕНО ПРОГРАМИРАНЕ НА ПРОМИШЛЕНИ РОБОТИ	171
3.	Емил Петров, Силвия Ангелова, Пламен Райков, УПРАВЛЕНИЕ НА АКТУАТОР ЗА АКТИВНА ЛАКЪТНА ОРТЕЗА	177
4.	Красимир Терзиев, Димитър Карастоянов, СТРУКТУРА И ОРГАНИЗАЦИЯ НА СПЪТНИКОВА КОМУНИКАЦИОННА СИСТЕМА	181
5.	Слав Димитров, Димитър Тотев, Ренета Димитрова, ПРОГРАМИРАНЕ И УПРАВЛЕНИЕ НА АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА КОМПОСТ	187
6.	Чавдар Костадинов, АЛГОРИТМИ ЗА КОНТРОЛ НА ЗАДРЪСТВАНИЯТА В КОМУНИКАЦИОННИТЕ МРЕЖИ	191
7.	Чавдар Костадинов, СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ НА РАБОТАТА НА НОМЕРАТОРА НА 12-та ПЕХОТНА ДИВИЗИЯ ПО ВРЕМЕ НА МУРСКАТА НАСТЪПАТЕЛНА ОПЕРАЦИЯ 1945 г	197

VIII. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 8 “ИНОВАЦИИ И ИНЖЕНЕРИНГ НА АВТОМАТИЗИРАНОТО ДИСКРЕТНО ПРОИЗВОДСТВО”

1.	Йоанна Алексиева, Панчо Томов, Румяна Цанкова, АВТОМАТИЗИРАНИ СРЕДСТВА ЗА УПРАВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА НА ДОСТЪПНОСТТА НА УЕБ СЪДЪРЖАНИЕ	200
2.	Росен Петров, Милена Бисерова-Харалампиева, Димитър Карастоянов, ИНОВАЦИИ В СИСТЕМИТЕ ЗА СГРАДНА АВТОМАТИЗАЦИЯ	204
3.	Милвина Терзиева, Димитър Карастоянов, ИНОВАЦИИ В МОБИЛНОТО И ОНЛАЙН БАНКИРАНЕ	209

IX. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 9 “CAD/CAM СИСТЕМИ”

1.	Михаела Топалова, Иван Лазаров, МЕТОДИКА ЗА РАЗРАБОТВАНЕ НА КИНЕМАТИЧНИ МОДЕЛИ НА МАШИНИ В СРЕДАТА НА CAD/CAM СИСТЕМАТА TOPSOLID	215
2.	Богомил Попов, Миглена Панев, Николай Стоименов, Любен Клочков, ОБЗОР И АНАЛИЗ НА МАТЕРИАЛИ ЗА 3D ПЕЧАТ	218
3.	Кристина Петкова, Милчо Ташев, Аделина Василева, ДВУОСЕН ПАРАЛЕЛЕН МЕХАНИЗЪМ	222
4.	Симеон Сезонов, Георги Тонков, КОНСТРУКТИВНИ ОСОБЕНОСТИ НА ЦЕНТРОБЕЖНО-РОЛКОВА МЕЛНИЦА	226
5.	Георги Тонков, Симеон Сезонов, СИМУЛАЦИОННИ ИЗПИТВАНИЯ НА ДИНАМИЧНО НАТОВАРВАРЕНА ЦЕНТРОБЕЖНО-РОЛКОВА МЕЛНИЦА	232
6.	Венета Йосифова, Денис Чикуртев, Милена Бисерова-Харалампиева, ПОДХОД ЗА ОЦЕНКА НА ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ НА ИНТЕЛИГЕНТНА СИСТЕМА ЗА ОТОПЛЕНИЕ НА ИНДУСТРИАЛНИ СГРАДИ	238

АВТОРИ - БИБЛИОГРАФИЯ	242
-----------------------	-----

СЪСТОЯНИЕ, РАЗВИТИЕ, ПОТЕНЦИАЛ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЛАЗЕРНАТА ЛИТОГРАФИЯ В МИКРО- И НАНОМЕХАТРОНИКАТА

Стефан Къртунов
Технически Университет
Габрово, България
E-mail: skartunov@abv.bg

Резюме: В доклада е даден исторически преглед по темата, разгледани са физичните основи на лазерната техника, видовете лазери и състоянието на технологиите, развитието и потенциала на оборудването и приложението в лазерната холография. Анализирани са предимствата и недостатъците и е направен основният извод, че дължината на вълната на лъча определя и е съизмерима с разделителната способност и размерите на компонентите в микро- и наномехатрониката.

Ключови думи: лазерна литография, дължина на вълната на лазерния лъч, разделителна способност.

I. ВЪВЕДЕНИЕ - ИСТОРИЧЕСКИ ПРЕГЛЕД

Теоретичните основи за развитието на квантовата механика се полагат през XX век, 1917 г. от Айнщайн с разработването на теорията за относителността. През 1959 г. руските учени Прохоров и Басов, съвместно с американеца Таунс, започват разработването на първия лазер на база твърдо тяло-рубин, за което получават Нобелова награда през 1964 г. Техническа реализация на различни видове лазери на практика се осъществява от 1959-60 г. и в САЩ с разработването на рубинов лазер от Теодор Майман във фирмата Hughes Aircraft Comp. Малибу и на хелий – неонов газов лазер от лабораторията Bell. Първият газов лазер (хелий-неонов) е изобретен от Али Джаван през 1960 г., а Excimer лазера-отново от Басов през 1970 г. Производството на лазери за технологични цели започва през 1964-66 г., след което обработването с лазерен лъч става реалност.



Фиг.1. Прохоров (1916-2002), Николай Басов (1922-2001), Чарлз Таунс (1915-2015), Теодор Майман (1927-2007), Али Джаван (1926-2016)

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

A. Физични основи на лазерната литография

Литографията е процес, при който се получава защитно релефно покритие (маска) с желаната конфигурация върху диелектрични, полупроводникови и метални слоеве, нанесени на повърхността на силициеви подложки или чрез планарна технология създаване на структури, отпечатъци или рисунки с хоризонтален релеф върху различни материали [1]. Терминът идва от

гръцки език от lithos - „камък“ и от graphō - „пиша“. В съвременния свят литографията е метод за формиране на електронни схеми и изображения с нанометрова резолюция на специален материал. В микро- и наномехатрониката лазерната литография е направление с прилагане на лъчение предимно от аргон-флуоров AgF-лазер с дължина на вълната λ равна на 193 nm - граница на повечето оптични методи. На практика всички водещи сегашни производители на чипове използват процес, наречен 193 nm дълбока ултравиолетова литография (DUV), при която светлината с дължина на вълната 193 nm се пречупва през течност върху фоторезист, за да създаде множество слоеве и модели. При тази литография се получава минимален размер 0,03 μm при силициеви подложки с диаметър 300 и потенциално 450 mm, както – и с фемтосекундни лазери (1 fsec = 1.10^{-15}sec) [2]. Използването на ултракратки лазерни импулси за целите на нанолитографията е изгодно по следната причина: фемтосекундното лазерно лъчение позволява да се създаде образец с нестационарни състояния, които могат да водят до термическа нестабилност и фотоиндуцирани фазови преходи на повърхностния слой. Например при разтопяване с фемтосекунден лазер на твърди тела се индуцира излъчване от квазиедномерната решетка по повърхността им. Внедряването на фемтосекундния лазер е поради това, че е много подходящ за пробиване на отвори в печатни платки и с който времето за обработване е 20% от това, необходимо за работа чрез традиционен литографски процес. При литография по дълбочина и комбинация с други методи (например LIGA [1]) процесът на формообразуване се осъществява чрез структуриране на чувствителен към облъчване полимерен материал (ПММА, поликарбонат). При това може да се прилага пряк процес на лазерна литография, както и проекционна литография (експониране през маска) [1]. По пътя към все по-малки микро- и наноструктури, които трябва да се проявяват, при литографията през последните години се получи картината, показана на фигура 2 [3, 4]. Физичните основи на получаването на лазерен лъч са дадени подробно в [1].

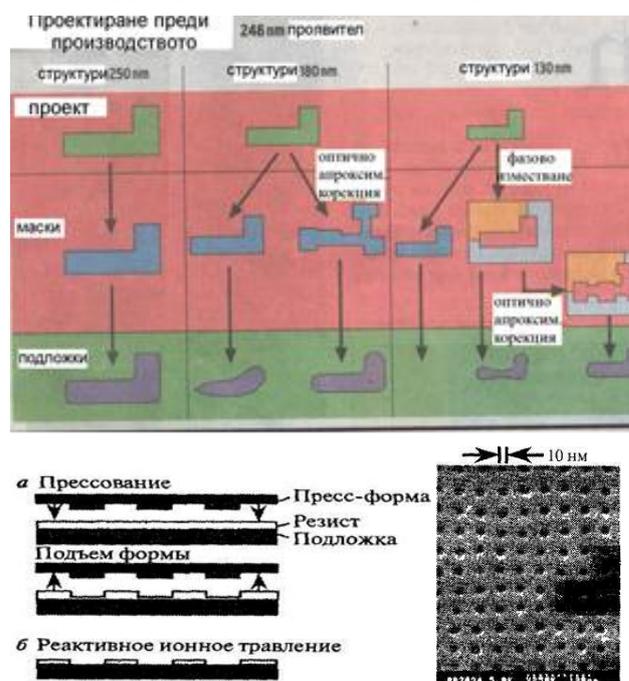
С внедряването на лазерната литография още през 1993 г. големината на структурите падна под дължината на вълната на светлината за проявяване. Тази тенденция се запази и засили, въпреки прилаганите нови късовълнови източници на светлина с дължина на вълната $\lambda=157\text{ nm}$.



Фиг.2. Графика големина на структурите, дължина на вълната и разходи при литографията.

Последствието от това е, че фотомаските разработвани на база оптически методи за корекция, ставаха все по-скъпи, а за производството например на един чип се използват от 20 -40 и повече бр. Това важи и за техноложния прогрес в наномехатрониката и оптоелектрониката, свързан с все по-нататъшното намаление на пространствените (основно дължината на вълната) размери и времеви измерения [3] при литографията с цел постигане на по-висока разделителна способност. Масовото прилагане на лазерната литография обаче е към 2000 г. Физиката на процеса литография наложи технологични и икономически граници, които са преодолими само чрез прилагане на трикове. Фирми като Chipexpress (САЩ) се базират на лазерна светлина с определена дължина на вълната за структуриране в равнината с проводящи пътечки, при което броят на етапите на обработване с маски може да бъде намален от 30 само до 3. С т. н. технологична операция оптично апроксимирана корекция (Optical Proximity Correction) топологиите върху маската се променат така, че желаните структури първо се изграждат върху чипа (ИС) чрез ефект на съвпадение. Използването на фазово изместване в маската (PhaseShift Mask) след това дава възможност за получаването на още по-малки структури. Двойното моделиране вече е нещо обичайно и най-новото поколение чипове от фирма Intel и други използват техника, наречена самостоятелно подравнено четворно рисуване (SAQP). Направата на топологията на маската съществено по-сложна от представяната геометрия е онагледено на фигура 3. Решение на проблема се намери във въвеждането на екстремално ултравиолетово проявяване (EUV) с дължина на вълната λ равна и по-малка от 14 (13,5-13,8) nm и осъществяване на процеса във вакуум, а маските трябва да изпълняват ролята на структуриращи огледала или в използването на директно проявяване чрез сканиране с паралелни лъчи. Дори при $\lambda=7$ nm, литографията вече е реалност, а използването на EUV става необходимост. Нанопечатната литография (НПЛ) представлява другият ефективен подход за производство на по-евтина продукция. При него изображението се образува за сметка физическата деформация на резиста

на пресформата (щампата), а не за сметка на модификацията на химическата му структура след облъчването, както при обичайната литография. Това принципно различие освобождава НПЛ от доста проблеми, свързани със стандартните методи на литография (граница на дифузия, разсейване и химически процеси). Резултатът е получаването на структури с размери по-малки от 10 nm на големи площадки (фиг.3. в средата и дясно). Ниската стойност на метода НПЛ позволява комерсиалното производство на наноструктури от общодостъпни материали [1, 5].

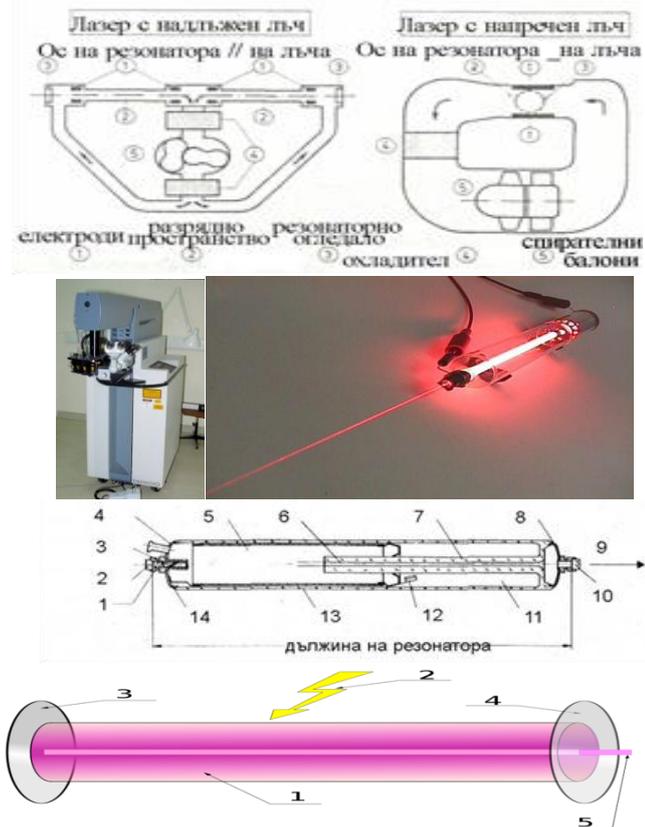


Фиг.3. Фотолитография с трикове. Схема на НПЛ: а). Печат чрез штампа създава в резиста отделни участъци с различна дебелина; б). Пренасянето на изображението става чрез анизотропно реактивно йонно ецване на остатъците от резиста във вдлъбнатите участъци. В дясно е показано изображение от сканиращ електронен микроскоп на структура от полиметилметакрилат (ПММА), получена чрез НПЛ (диаметър на отворите около 10 nm, стъпка на решетката 40 nm, дълбочина 60 nm)

В. Видове лазери за лазерна литография

За лазерна литография се използват газови лазери или такива, които използват газове като медия. Предимствата им включват евтиността и лекотата на работа на мощни лазери, което предопредели използването им за целите на литографията. В зависимост от активните медии се различават три вида: лазери с активна среда неутрални атоми (хелий-неонов), със свободни йони (аргонов) и свободни молекули (CO₂). Разновидности на газовите лазери са динамични, химически и Ексимер-лазери (excited dimer (възбуден димер или нестабилна молекула, формираща се в резултат стимулация с електрони). Пример е показан на фиг. 4. Разпространението им спрямо всички видове е CO₂ 24%, йонни лазери 15 %, хелий-неонов 8%, Ексимер 4 %, хелий-кадмиеви и метални пари 1 %. По-ранните поколения устройства използват лазери, за да произвеждат светлина директно. Според ориентацията на разряда и скоростта на газа те се подразделят на две

основни принципни конструкции: с надлъжен, успореден на резонатора лъч и с напречен, перпендикулярен на резонатора лъч, показани на фигура 3. [7, Уикипедия]. По конструкция лазерите са още за проекционна и пряка литография [1]. Сегашното оборудване ползва ултравиолетова светлина с дължина на вълната $\lambda=93\text{nm}$, чрез която пренася шаблона на пътечките върху силициевите пластини с помощта на маски.



Фиг.4. Технически концепции на CO₂ мощни лазери за различно обработване с лазерен лъч (в ляво) и конструкция на газов хелий-неонов лазер с лъч по дължина за литография. Excimer лазер (wikiwand.com/ru/Эксимерный_лазер)

Легенда: 1-държач за огледалото; 2-напълно отражаващо огледало; 3-окуляр за наблюдаване (само при поляризираните лазери); 4-подключване на катода; 5-катод; 6-капиларно отверстие; 7-капилар; 8-подключване на анода; 9-излизащи лъчи; 10-полуотразяващо огледало; 11-хелий-неонова-газова среда; 12-бленда; 13-стъклена тръба; 14-стъкло-метално покритие. Долу: 1-активна среда, 2-

източник на напompване, 3-100% огледало, 4-полупропускливо огледало, 5-лазерен лъч

С. Технологии в лазерната литография

За поясняване принципът на действие на газовите лазери, които се използват в лазерната литография, се разглежда хелий-неонов лазер от втория вид (фигура 4). При него хелиевите атоми се възбуждат чрез газов разряд от нормално състояние 11 So в по-високи енергийни нива и остават там в метастабилни състояния 21 So и 23 S1. Тези състояния имат същата енергия подобно като при 3s и 2s-орбити на неона. Чрез това възбуждане в 3s и 2s орбитите на неона се образува инверсия, съпоставена с по-долу прилежащите му орбити, така че лазерните преходи могат да се осъществят в деветте поднива на орбитата 2p. Лазерните линии във видимия спектър се образуват чрез преходите от 3s към 2p-орбитите, а в инфрачервения спектър - чрез преходите от 2s към 2p-орбитите. Последните се изпразват чрез спонтанна емисия в 1s състояние. Преходът нормално състояние се осъществява главно чрез ударите в стъклената тръба. За да се осъществи непрекъснат линеен спектър е необходимо съществено количество от удари на неоновите атоми в стъклената тръба. Ето защо, с цел повишаване на изходната мощност, налягането на газа или диаметърът на тръбата не могат да бъдат увеличавани произволно. Лазерна линия в червения спектър се емитира при дължина на вълната равна на 632,8 nm, а в зеления спектър - при дължина на вълната равна на 543,3 nm.

Получаването на импулсна енергия се осъществява по методите:

- механичен - до 100 Hz чрез осцилираща система;
 - до 1 MHz чрез въртящи се призми и бленди с отвори;
 - чрез ултравиолетов лъч за промяна коефициентът на пречупване на кристала на лазера или чрез въвеждане на определена медия в хода на лъча (съвременен).
- електрооптичен (преобладаващо) - чрез прилагане на ядра от нитробензол за двойно пречупване на лъча се постига повторимост от 1.10-6с.
- чрез бърза промяна на състоянието на резонатора по предния метод, комбиниран с две силно отразяващи огледала.

ТАБЛИЦА 1. ГАЗОВИ ЛАЗЕРИ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА МАТЕРИАЛИ

Означение	Дължина на вълната, λ , mm	Продължителност на първия импулс, s	Мощност, W	К. п. д., %	Приложение
постоянен CO ₂ -лазер	$10,6 \cdot 10^{-3}$ (инфрачервен спектър)	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^3$ (150-200 kW в особени случаи до 10kW)	10 (най-голям в особени случаи до 30)	общо обработване
импулсен неон-Y ₃ Al ₅ O ₁₂ -лазер	$1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-7}$	1 - $1 \cdot 10^2$	3	прецизно и фино обработване
Ексимер	$157-353 \cdot 10^{-3}$	10-30 (често 17) nsec	$1 \cdot 10^7$ W до 25 MW	-	структури < 0,5-2 μm , дълбочина $1 \cdot 10^{-3}$ mm
аргонов лазер	$0,5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	1 - $1 \cdot 10^2$	-	прецизно и фино обработване

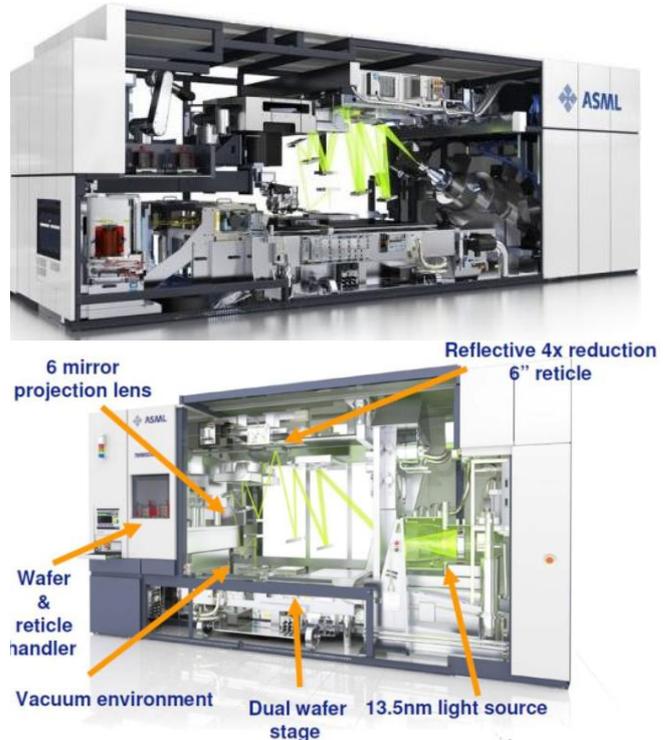
Лазерната енергия се състои от много кратки импулси с продължителност от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ s. Тези импулси довеждат до това, щото преминаването от ниво E2 към ниво E1 се осъществява по-бързо отколкото източникът на енергия (помпата) може да осигури. Процесът се прекъсва и започва отново, ако са възбудени достатъчно атоми. За стабилизиране и отново постигане на капацитетите си, лазерите с твърдо тяло изискват време от около 1 s, след което време може да се осъществи следващият процес на "помпене". Затова за обработване по-подходящи се явяват газовите лазери, данни за които са дадени в таблица 1.

D. Оборудване

Най-голямата фирма за производство на оборудване е ASML (Холандия), основана 1984г. Конкурентни са японските Canon и Nikon (не са разработили EUV-технологията), фирма Samsung от Южна Корея, Global Foundries и TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Co.) Тайван, АМД от средата на 2020 г. използват 7 nm EUV-технология, а Intel-към момента е на база 14nm и към края на 2021 г. – на 7 nm. С намаляване дължините на вълните на лъча във вътрешността на EUV-машини близо 50 хил. капчици разтопен калай падат през камера в основата ѝ всяка секунда. Двойка лазери затварят всяка капка, създавайки плазма, която от своя страна освобождава светлина с желаната дължина на вълната. Огледалата, насочващи тази светлина, направени от слоеве силиций и молибден, са фокусирани прецизно. Със сложната оптична система образецът се намалява, фокусира и се отпечатва върху тънък слой от силиций, покрит със светлочувствителен резист. Това се повтаря десетки пъти, слой на слой, оставяйки мрежа от стотици чипове на една силициева подложка. Тъй като EUV-светлина се абсорбира от почти всичко, включително от въздуха, процесът протича във вакуум (фиг. 5). Ако ИС и най-вече микропроцесорите движат света на технологията в мехатрониката, то фирмата ASML се доближава най-много до ключовата позиция в тази многотрилонна индустрия.

E. Приложение

Литография с използване на лазерно излъчване се използва широко за разработване на най-новите оптични технологии с цел подобряване на метрологичното оборудване с по-нататъшното му въвеждане в производството. Лазерно-индуцирани процеси в микро и наномехатрониката са: лазерна литография (с Excimer-лазер се реализират структури по-малки от $0,5-2\mu\text{m}$), експониране с помощта на ултравиолетов лазерен лъч от флуор F2, холография (хелий-неонов лазер), стереолитография в комбинация с галванопластика. Импулсният газов лазер LAMBDA PHYSIK Excimer, който притежава съществено по-добра степен на абсорбция (в ултравиолетовия спектър тя нараства и има по-висока енергия на фотоните - плътността на енергията е до 50 J/cm^2), използва газова смес от благородните газове ксенон и аргон и халогенните такива хлор и флуор.



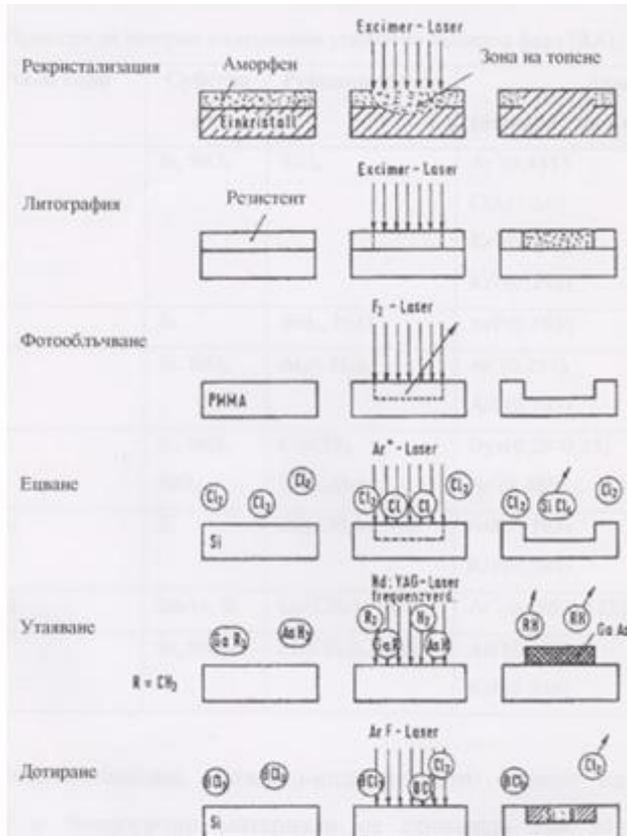
Фиг.5. Установа на фирма ASML (<https://bg.compkkart.com/asml-making-euv-components-connecticut>) 6 обектива с проекционни лещи; 6“ ретикъл с 4 пъти отр. Намаление; вакуумна среда; място за 2 подложки; 13,5nm източник на светлина.

"Помпенето" е чрез бърз електрически разряд, който се осъществява по реакцията:

$$\Xi\epsilon + HX\lambda = \Xi\epsilon\Sigma - X\lambda + H = \Xi\epsilon + X\lambda + H \quad (1)$$

Продължителността на импулса е от 10 до няколко 100 ns, импулсната енергия за работа 1J е равна на 1Ws, пулсиращата мощност 1.107 W до 25MW. Работи в ултравиолетовия спектър според халогенните и инертните газове или комбинацията между тях при дължина на вълната λ от 157 (193) до 351(3) nm (F2 157 nm, Xe 172 nm, най-често ArF 193 nm, KrCl 222 nm, KrF 248 nm, Ar 257 nm, HeBr 282 nm, XeCl 308 nm, HeF 353 nm) и честота на повторение на импулсите от 0,5 до 1-2 kHz. Поради тази голяма честота на повторение на импулсите с Excimer-лазерът се постига висока скорост на обработване. Дълбочината на отнемания или микрообработван слой за един лазерен импулс при крехки материали е около $1 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$. Повторното облъчване на същото място на обработване води до ново отнемане на материал при същата дълбочина. Необходимата дълбочина на обработване се постига чрез избор на количеството импулси с по-висока прецизност и повторемост отколкото $1 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$. Материал – поликарбонат, аспектно отношение 50, приложение в клетъчните системи. Excimer-лазерът с дължина на вълната $\lambda=248\text{nm}$ се прилага и при магнетронното разпръскване за нанасяне на слой в условията на тлеещ разряд и приложение на нееднородни електрическо и магнитно полета [1]. Важно приложение е коригирането на маски за фотолитографията. Чрез местно отлагане или изпарение на абсорбиращ материал (например хром) от газова фаза с лазерен лъч от Nd:YAG-лазер се отстраняват ясни дефекти по маските, настройват се

кварцови резонатори, силициевы мостове и греди, настройват се на номинална стойност слойни резистори и кондензатори, изравняват се съпротивленията на различните слоеве в едно- и многослойни платки. Примери са дадени и в [6], а на на фиг. 6 – принципно методи, подпомагани с лазерен лъч [8].



Фиг.6. Лазерно индуцирани процеси в микро- и наномехатрониката

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Посочен е исторически преглед, разгледани са физичните основи на лазерната техника, видовете лазери и състоянието на технологиите, развитието и потенциала

на оборудването и приложението в лазерната холография. Анализирани са предимствата и недостатъците и е направен основният извод, че дължината на вълната на лъча определя и е съизмерима с разделителната способност и размерите на компонентите в микро- и наномехатрониката.

Газовият лазер е най-широко използван в литографията. Той е първият лазер с непрекъсната светлина и работи на принципа на преобразуване на електрическата енергия в лазерна светлинна мощност. Възможните комбинации на газовите смеси от гледна точка на тяхното приложение в лазерните системи все още не са достатъчно изследвани. Независимо от това търсенето на такова оборудване се разраства успешно, формирайки подходяща ниша на пазара. Съществуват и фактори, които възпрепятстват разпространението: бързо износване на елементната основа, което намалява дълголетието на инструментите, високи изисквания за да се гарантира стимулирана емисия, необходима за образуване на лъча, икономически причини и др.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Къртунов С., Технологични основи в мехатрониката, микро- и наносистемната техника, Габрово, УИ „В.Априлов”, 2012 година, ISBN 978-954-683-482-9, стр. 67.
- [2] Krause W., Technologie der Feinwerktechnik, Springer Verlag, 1996.
- [3] Къртунов С., Състояние и тенденции в развитието на водещите технологии за изделия от микро - и нанотехниката, Габрово, ЮНС “35 г. катедра МУ”, 2003, стр. 23.
- [4] Nanostrukturen treiben Kosten, Düsseldorf, VDI Nachrichten, 41/10. 10. 03., Quelle AMTC.
- [5] Laser stimulieren die Praezisionsbearbeitung, Düsseldorf , VDI Nachrichten, 15/12. 04. 02., Quelle Synopsys.
- [6] Bäuerle D., Chemical Processing with Lasers, Springer Series in Materials Science Vol. 1, Berlin, Springer Verlag, 1986.
- [7] Hügel H., Hochleistungslaser in der Fertigungstechnik, Stuttgart, Fertigungstechnischen Kolloquium, 1988.
- [8] Учебно-методични материали по дисциплината МСТ в ВУТИ Митвайда, Германия.

STATE, DEVELOPMENT, POTENTIAL AND APPLICATION OF LASER LITHOGRAPHY IN MICRO- AND NANOMECHATRONICS

Stefan Kartunov
 Technical University
 Gabrovo, Bulgaria
 skartunov@abv.bg

Abstract: The report provides a historical overview of the topic, examines the physical foundations of laser technology, types of lasers and the state of technology, development and potential of equipment and applications in laser holography. The advantages and disadvantages are analyzed and the main conclusion is made that the wavelength of the beam determines and is commensurate with the resolution and size of the components in micro- and nanomechatronics.

ПОДХОДИ ЗА СЪХРАНЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ НА ЕНЕРГИЯ

Милена Бисерова-Харалампиева
Институт по информационни и
комуникационни технологии - БАН
София, България
E-mail: milena_biserova@abv.bg

Росен Петров
Институт по информационни и
комуникационни технологии - БАН
София, България
E-mail: rosen_p@yahoo.com

Димитър Карастоянов
Институт по информационни и
комуникационни технологии - БАН
София, България
E-mail: dimikara@abv.bg

Резюме: Статията представя подходи за съхранение и управление на енергия. Разгледани са групи методи за съхранение на енергия. Описани са механични, електрохимични, термични и химични системи за съхранение на енергия. Дискутирани са особености и области на приложение.

Ключови думи: системи за съхранение на енергия, ПАВЕЦ, батерии, термична енергия, химично преобразуване

I. Увод

За много енергийни технологии съхранението е решаващ аспект. Ако разгледаме съхранението на горивата като съхранение на вложената в тях енергия, тогава петролът е отличен пример. Големите количества петрол, съхранявани в целия свят, са необходими за надеждната икономическа наличност на бензин, мазут и нефтохимикали.

Използването на състен въздух и помпени хидроелектрични системи са два от най-масово прилаганите методи за дългосрочно съхранение на електроенергия.

Хидроелектричните системи се състоят от турбина/генератор, воден канал, горен и долен резервоар. Турбината/генератора наподобява оборудването, използвано обикновено във водноелектрическите електроцентрали, които не включват съхранение. Принципът на работа на помпените хидроелектрични системи за съхранение на енергия разчита на турбината/генератора за изпомпване на вода нагоре към горния резервоар, когато има евтина енергия на разположение. В последствие, водата се пуска гравитачно към долния резервоар, когато цената

на енергията е по-висока. При това изпускане, водата преминава през турбина, която се превръща в генератор за производство на електрическа енергия.

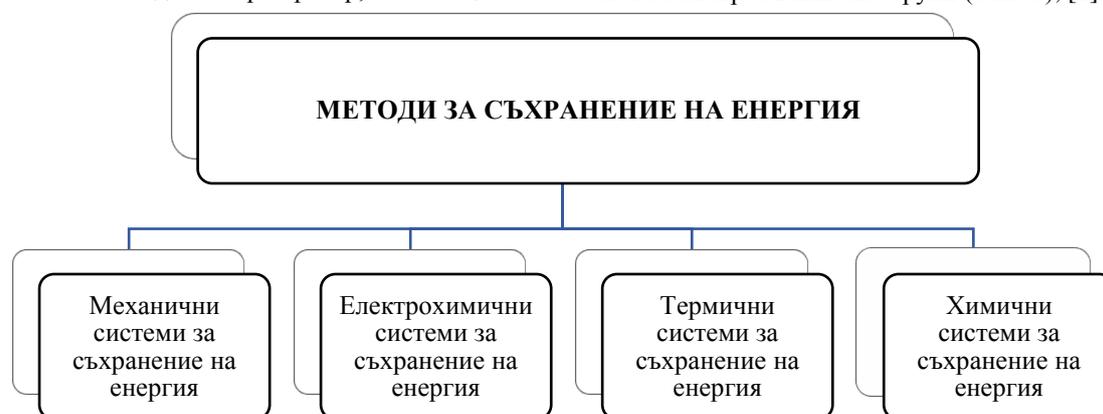
При системите за съхранение на топлинна енергия тя се акумулира, когато производството ѝ надвишава консумацията, и се осигурява достъп до нея при необходимост от страна на потребителите. Тези системи спомагат за постигането на съответствие между доставката и потреблението на енергия, за използването на променливата по характер енергия от ВЕИ, за повишаването на общата ефективност, както и за намаляване емисиите на въглероден диоксид.

Една система за съхранение на енергия обикновено се характеризира с параметрите капацитет, мощност, ефективност, период за съхранение, време за зареждане/разреждане и цена. Капацитетът, мощността и времето за разреждане са взаимозависими променливи. Например, при системи за съхранение на топлинна енергия (ССТЕ) високата мощност означава усилен топлообмен (допълнителни ребра на топлообменния апарат), който, за определен обем, редуцира количеството материал за активно съхранение и по този начин понижава и капацитета.

Топлинната енергия може да бъде съхранявана под формата на топлосъдържание в среда за съхранение, латентна топлина, свързана с фазови изменения на материалите, или като термохимична енергия, свързана с химични реакции, протичащи при температури от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до над $400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

II. МЕТОДИ ЗА СЪХРАНЕНИЕ НА ЕНЕРГИЯ

Методите за съхранение на енергия могат да се систематизират в няколко групи (Фиг. 1), [1]:



Фиг.1 Класификация на методите за съхранение на енергия

А. Механични системи за съхранение на енергия

Механичната енергия може да се съхранява като кинетична енергия на линейно или въртливо движение, като потенциална енергия в издигнат обект, като енергия на компресия или деформация на еластичен материал или като енергия на компресия в газ. Трудно е да се съхраняват големи количества енергия в линейно движение, защото средата за съхранение трябва непрекъснато да се следи. Съвсем лесно е обаче да се съхранява ротационната кинетична енергия. Има три основни механични типа съхранение: хидрохранилище, съхранение на сгъстен въздух и маховици, [2].

- ПАВЕЦ (Помпено-акумулиращата водно електрическа централа) е водноелектрическа централа, използваща многократно енергията на водна маса за произвеждане на електричество, имаща възможност да изпомпва вода от по-ниско разположен водоем обратно в основния горен. Това на практика е прост метод за съхранение на енергия. Тук са налице два водоема с разлика във височината, на която са разположени. В часовете, когато енергийната система е натоварена и е необходимо производството на енергия, по класическия за ВЕЦ начин водата от горния водоем минава през турбините и ги задвижва, произвеждайки електроенергия. Разликата е, че тя остава събрана в по-ниския водоем. В часовете, когато енергийната система е ненатоварена (например нощем или в други часове със слаба консумация) ползвайки евтината електроенергия от ненатоварен режим на системата, специални помпи връщат водата обратно в горния водоем. Това дава възможност същата вода да бъде използвана отново през следващ момент, когато е необходимо производство – в натоварени часове. Ефективността на помпено-акумулиращото съоръжение е около 50%. Когато водата се изпомпва нагоре, около 30% от енергията се губи. Когато водата изтече надолу, се губят още 20% от енергията. Една такава централа е с продължителност на работа повече от 20 години. Когато е необходима енергия, централата се нуждае само от 30 s, за да достигне 100% от мощността си.

Съхранението на енергия чрез такива централи е доказано икономически осъществимо, но използването му е географски ограничено до само няколко процента от общия водноелектрически капацитет. Най-добрата алтернатива за изграждане на скъпи нови системи за съхранение в близко бъдеще често е използването на съществуващи такива, особено тези на водноелектрическите централи.

- Използването на потенциалната енергия, съхранявана при компресия на свиваем флуид, е в основата на системите за съхранение на енергия с въздушна компресия. Режимът на работа на инсталациите, използващи този принцип, е съвсем прост. Винаги, когато енергийните нужди са ниски, флуидът се компресира в обемна непроницаема кухина, където се съхранява под високо налягане в дългосрочен план. За периоди, в които търсенето е голямо, електрозахранването трябва да се увеличи. В този

случай флуидът се освобождава от съхранението си под високо налягане и в турбината кинетичната енергия на флуида се преобразува в ротационна механична енергия, което води до разширяване на въздуха и генериране на електричество.

Подобно на подземните ПАВЕЦ, мащабните системи за съхранение на енергия с въздушна компресия се възползват от съществуването на подземни резервоари, които са едновременно кавернозни (пещеристи) и също така непроницаеви. Изчерпаните солни рудници, както и изчерпаните петролни и газови полета са идеално място за съхранение на енергия, затова тяхното топографско разположение е от особено значение. Глобалните усилия за улавяне и поглъщане на въглероден диоксид могат да бъдат съчетани със системи за съхранение на енергия с въздушна компресия. Това ще подпомогне не само изпомпването на петрол от кладенци и съхранението на CO₂, но и ще бъде полезно за геологията на нефтеното поле, като предотврати образуването на пукнатини след извличането на цялото количество петрол. Също така, това ще доведе до генерализирана форма на съхранение на енергия от сгъстен газ, която ще разчита на друг газ (CO₂, например), който да бъде работният флуид вместо въздух в затворения цикъл. Трябва да се отбележи, че енергийната плътност на системите за сгъстен въздух е по-ниска от тази на горивните процеси, а загубите поради въздушния поток са особено високи. Тъй като внедряването на тези системи е относително евтино, екологично, механично просто и е лесно за поддръжка, те са доста обещаващи.

- Устройствата за съхранение на енергия чрез маховик функционират по следния начин: даден ротор с голям инерционен момент се (развърта) ускорява до много висока скорост от външен енергиен източник и в него се запасява дадено количество кинетична енергия, след отстраняване на източника, запасената кинетична енергия може да се отдели чрез забавяне на ротора например от електрически генератор свързан към ротора и поддържащ даден товар.

Наличните на пазара такива системи се използват в малки непрекъсваеми токозахранващи устройства, както и за поддържане качеството на електрическата енергия от възобновяеми източници. Роторите са направени от метал и нормално работят при скорости на въртене под 4000 об./мин.

За направата на по-усъвършенствани маховици се използват влакна от карбон, при които първите могат да се въртят със скорости от 20 000 до 100 000 об./мин. във вакуум. В този случай е необходимо използването на магнитни лагери, тъй като при нормалните лагери триенето е право пропорционално на скоростта на въртене и при такива скорости, много енергия ще бъде загубена от триене. Такива устройства могат да се зареждат за по-малко от 15 мин.

Повечето маховици имат голяма продължителност на работа и високи стойности на плътността на

съхранената енергия ~ 130 W·h/kg, както и голяма максимална изходна мощност. Коефициентът на полезно действие при тези системи може да достигне ~ 90%. Енергията може да се отделя на порции и за кратко време и те са често използвани в импулсни токозахранвания, където това е необходимо.

В. Електрохимични системи за съхранение на енергия

Енергията може да се съхранява в системи, съставени от едно или повече химични съединения, които отделят или абсорбират енергия, когато взаимодействат, за да образуват други съединения. Най-познатата химична система за съхранение на енергия е батерията. Енергията, съхранявана в батериите, често се нарича електрохимична енергия, тъй като химичните реакции в батерията се причиняват от електрическа енергия и впоследствие произвеждат електрическа енергия.

- Оловно-киселинна батерия. Оловно-киселинната батерия работи на принципа на галваничната клетка. Едноклетъчната батерия се състои от два електрода, потопени в електролит. Химичните реакции на електролита с веществата на всеки от двата електрода освобождават електрони с потенциал за електрическа работа. В оловно-киселинната батерия единият електрод е направен от олово (Pb), другият електрод е от оловен диоксид (PbO₂), а електролитът е сярна киселина (H₂SO₄). За да може батерията да доставя електричество, от оловния електрод се предават електрони към електродът от оловен диоксид. Но когато енергията се разрежда, химичният състав се променя, както може да се види, като се напише електрохимичното уравнение:



Продуктите от разряда се появяват от дясната страна на уравнението. Продуктът оловен сулфат (PbSO₂) се отлага върху електродите, докато водата преминава в разтвора на електролита. Тези продукти се натрупват, разбира се, с напредването на разреждането и в крайна сметка батерията вече не произвежда електричество. Реакцията обаче може да бъде обрната. Акумулаторна батерия може да се презарежда от източник на постоянен ток (DC) (генератор). Зарядният поток в клетката се обръща, както и реакциите от PbSO₂ обратно до PbO₂, при което на положителния електрод се водят до отрицателния електрод и сярната киселина в електролита.

Оловно-киселинната акумулаторна батерия обикновено е с твърде твърде кратък живот, за да бъде прилагана в много от новите технологии. Освен това е доста тежка и обемиста, особено за електрически превозни средства. Въпреки че предложените усъвършенствани батерии работят на същия галваничен принцип като конвенционалните батерии, са направени опити за големи иновации в тяхната конструкция и експлоатация. В опит да се избегнат отлагания и корозия на твърди електроди, течните електроди са проектирани и тествани предимно в практическа среда.

- Никел-цинкови (Ni-Zn), никел-железни (Ni-Fe) и никел-кадмиеви (Ni-Cd) батерии. В допълнение към подобрените оловно-киселинни батерии, две други батерии с метални електроди (Ni-Zn и Ni-Fe батерии) са в напреднал етап на развитие. Ni-Zn батерията използва разреден калиев хидроксид като електролит. Слабостта на тази батерия е продължителността ѝ на живот, който е ограничен от 200 до 300 цикъла. Изследванията са насочени към разширяване на тази стойност от 300 до 500 цикъла. Енергийната плътност на тази батерия от 65 Wh / kg се очаква да бъде подобрена до най-малко 80 Wh / kg в бъдеще, докато плътността на мощността от 175 W / kg вече е отлична.

Ni-Fe батерията е подобна на Ni-Zn и всъщност за първи път е изобретена от Томас Едисон през 1901 г., но е изместена от оловната киселинна батерия през 20-те години. В момента Ni-Fe батериите имат капацитет за съхранение от 50-55 Wh / kg и плътност на мощността от 100 W / kg. Те имат отличен „живот“ (демонстрирани са 900 цикъла), но са обемисти. Допълнителен недостатък на тази батерия е, че от електрода се отделя водороден газ, който едновременно намалява ефективността на батерията и създава потенциален проблем с безопасността. Друга трудност с Ni-Fe батерията е, че нейната изходна мощност спада драстично при температури под 10 °C и тя не работи при 0 °C или по-ниска температура. Следователно може да са необходими нагреватели, за да могат тези батерии да работят в студен климат.

Ni-Cd батериите са очевидно по-скъпи от оловно-киселинните батерии, тъй като никелът е скъп елемент. Предимствата на Ni – Cd батериите са по-висока енергийна плътност и по-високият живот (над 1000 цикъла). Въпреки че могат да бъдат презаредени много бързо, те имат тенденция към прегряване; също така Cd е силно токсичен и затова се налага специално рециклиране. Въпреки че запасите от кадмий не са големи, той може да бъде произведен като продукт от рециклиране на мед, олово, цинк и кадмий.

Ni-Fe батериите имат висока енергийна плътност и са способни на над 1000 цикъла на дълбоко разреждане преди презареждане. За да бъдат напълно заредени, трябва да се осигури презареждане с 11%. Резултатът от презареждането е загуба на вода и натрупване на водород, което е проблем за безопасността. Полагат се усилия за подобряване на ефективността на батерията, което ще намали тези проблеми.

- Литиево-железни сулфидни батерии. Литиево-железните сулфидни батерии имат като отрицателен електрод сплав от алуминий и литий и железен сулфид като положителен електрод. Електролитът е разтопена сол, която трябва да се поддържа много над точката на топене от около 350 °C. Тази батерия е потенциално една от най-подходящите за електрически превозни средства. Тя е компактна, със съотношение енергия / обем, прогнозирано по-добро от 200 Wh / L, и има съответно висока енергийна

плътност от 100 Wh / kg и плътност на мощността най-малко 100 W / kg. Въпреки използването на литий, който е доста нестабилен метал и реагира с вода освобождавайки водород, тестовите за безопасност, при които прототипни клетки са били смачкани, не водят до горене. Трябва да бъдат решени някои значителни инженерни проблеми, преди батерията да има по-адекватна продължителност на живота от сегашната си стойност от само около 200 цикъла. Очаква се комерсиализация на батерия с 1000 цикъла на живот.

- Литиево-йонна и литиево-полимерна батерии. Тя се смята за батерия с дълъг жизнен цикъл, поради високата специфична енергия от 100 Wh / kg, висока специфична мощност от 300 W / kg и живот на батерията от 1000 цикъла. Батерията е с потенциал от 28,8 V и се състои от осем метални цилиндрични клетки, обвити разпределени в модули. Всяка батерия има вграден клетъчен контролер, за да гарантира, че всяка клетка работи в определен диапазон на напрежение от 2,5–4,2 V по време на зареждане и разреждане. Клетъчният контролер комуникира с контролера на батерията на автомобила, за да оптимизира мощността и потреблението на енергия. Недостатъците на литиево-йонната батерия са нейната висока цена и вентилационната система, необходима за охлаждането ѝ. Производствените разходи са високи, тъй като батерията използва окислен кобалтов материал за анод, силно пречистен органичен материал за електролит и сложна система за управление на клетките. Литиевата (метална) сулфидна батерия е батерия с повишена температура, базирана на електрохимична система от литиева сплав / разтопена сол / метален сулфид. Тази система осигурява висока специфична мощност за по-добро ускорение. Други предимства включват нейният малък размер, ниско тегло и ниска цена на киловатчас. Батерията е съставена от железен дисулфид и литиево-алуминиева сплав, която е напълно рециклируема.

Литиево-полимерната батерия е базирана на тънкослойна технология и се очаква тя да струва 20% повече от оловно-киселинната. Тя доставя два пъти повече енергия и е с живот от 50 000 мили. Има работна температура между 65 °C и 120 °C. Може да се зарежда бързо за по-малко от 90 минути, но може да се повреди при презареждане. Основното предизвикателство, с което се сблъсква тази технология, е увеличаването на размера ѝ, за да запазва правилно електрическа кола.

- Натриево-сярна (Na-S) батерия. Натриево-сярната батерия, подобно на литиево-желязната сулфидна батерия, изисква работа при висока температура. Тя се различава значително от другите модерни батерии по това, че електродите са течни (разтопен натрий или сяра) и електролитът е твърдо вещество. Двата електрода са разделени от керамичен материал (бета-алуминиев триоксид), който позволява преминаване (провеждане) на натриеви йони, но не и натриеви атоми. Na-S батерията има адекватна плътност на енергия и мощност съответно 90 Wh / kg и 100 W /

kg. Обемната му енергийна плътност се очаква да бъде най-малко 110 Wh / L. Основното предимство на течните електроди е дългият им живот, тъй като течностите се възстановяват много по-лесно от твърдите вещества. Очакват се експлоатационни периоди от над 1000 цикъла, а за да бъде приложена в съвременните технологии целта е 2000 цикъла. Na-S батерията има проблеми с издръжливостта и безопасността, тъй като натрият е много реактивен метал и необходимите системи за безопасност за защита на Na-S батерия в случай на катастрофа могат да я направят твърде обемиста за използване при електрически превозни средства. Батерията обаче може да се окаже интересна в областта на комуналните услуги.

- Никел-металхидридна (NiMH) и Натрий-никел-хлоридна (NaNiCl₂) батерии. Една от най-обещаващите акумулаторни технологии е никел-металхидридна (NiMH) батерия. Състои се от нетоксични рециклируеми материали и е екологично чист. NiMH батерията има два пъти по-голям обхват и живот на цикъла от днешните оловно-киселинни батерии. Състои се от никелов хидроксид и многокомпонентна сплав, състояща се от ванадий, титан, никел и други метали. Батерията е запечатана, не изисква поддръжка и може да бъде заредена за 15 минути. Също така може да издържа на прекомерно зареждане и разреждане.

Натрий-никел-хлоридните батерии (NaNiCl₂) са в процес на разработка от AEG Anglo Batteries. Батерията работи при температура от 300 °C и се твърди, че е безопасна при аварии, дори ако една от клетките ѝ се повреди. Понастоящем батерията NaNiCl₂ отговаря на бъдещите цели както за енергийната мощност, така и за нейната плътност. Батерията може да се охлажда и претопля без повреда; от нея обаче не може да изтече ток, ако температурата е под 270 °C. Разходите за производство на такъв тип батерия остават предизвикателство. Различни автомобилни компании, например Bavarian Motor Works (BMW), Mercedes Benz, Opel и Volkswagen (VW), тестват или са тествали своите електрически автомобили с NaNiCl₂ батерии.

- Цинково-въздушна и алуминиево-въздушна батерии. Цинково-въздушната батерия, разработена от израелската фирма Electric Fuel, Inc., се използва за хранене на 40 тестови микробуса. След като се разрежи батерията, тя се изважда от автомобила и се заменя с друга. Смяната на батерията се извършва за броени минути с високо автоматизирано оборудване. Електродите на изхабената батерия се заменят с нови и тя се използва за друго превозно средство. Изхабените електроди се рециклират и се използват за направата на нови електроди. Батерията има енергийна плътност 10 пъти по-голяма от тази на оловно-киселинните батерии.

Алуминиево-въздушната батерия има алуминиеви пластини, добавяни на всеки 200 мили, за да се попълни използвания алуминий. Алуминиевите

пластини реагират с кислород в разтвор на натриев хидроксид електролит, образувайки натриев алуминат. Натриевият алуминат произвежда страничен продукт от алуминий, алуминиев трихидроксид, който се отстранява и замества с пресен алуминий. Алуминиево-въздушната батерия е подходяща за по-големи превозни средства поради своя размер.

C. Термични системи за съхранение на енергия

Системите за съхранение на топлинна енергия могат да съхраняват топлина или студ, за да се използват по-късно при различни условия като температура, място или мощност. Тези системи се разделят на три вида: системи за съхранение на чувствителна топлина (топлина на усещане), системи за съхранение латентна топлина и термохимични системи за съхранение на топлина.

- Системи за съхранение на чувствителна топлинна енергия. При тези системи енергията се съхранява чрез промяна на температурата на средата за съхранение, която може да бъде: вода, въздух, масло, скална маса, тухли, пясък или почва. В системите за съхранение на чувствителна топлина, енергията се съхранява чрез промяна на температурата на средата за съхранение. Количеството вложена енергия в тези системи е пропорционално на разликата между крайната и началната температура на съхранение, масата на средата за съхранение и нейния топлинен капацитет. Всяка среда има свои предимства и недостатъци. Например, водата има приблизително два пъти по-голяма специфична топлина от скалите и почвата. Големият топлинен капацитет на водата ($\sim 4,2 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$) често прави резервоарите за вода логичен избор за системи за съхранение на топлинна енергия, които работят в температурен диапазон, необходим за отопление или охлаждане на сградата. Сравнително ниският топлинен капацитет на скалите ($\sim 0,84 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$) до известна степен се компенсира от големите температурни промени, възможни с тези материали, и тяхната относително висока плътност.

Системите за съхранение на чувствителна енергия се състоят от среда за съхранение, резервоар и входно-изходни устройства. Резервоарите трябва едновременно да задържат средата за съхранение и да предотвратяват загубите на топлинна енергия. Желателна е термална стратификация (наличието на температурен градиент по време на процеса на съхранение на топлинна енергия). Поддържането на стратификацията е много по-просто при твърда среда за съхранение, отколкото при течности.

- Латентни системи за съхранение на топлинна енергия. Ефективното използване на зависими от времето енергийни ресурси изисква подходящи методи за съхранение на топлинна енергия за намаляване на времето и скоростта на несъответствие между енергийното предлагане и търсене. Системите за съхранение на топлинна енергия осигуряват висока степен на гъвкавост, тъй като в тях могат да се интегрират различни енергийни технологии, например слънчеви колектори, горивни камери за

биогорива, термopомпи и генератори на електроенергия.

Когато веществото претърпи фазова промяна, енергията се абсорбира или отделя като топлина. Латентната топлина е топлината, която се абсорбира или отделя от вещество по време на фазова промяна. Тези топлинни промени не причиняват температурни промени, тъй като се абсорбират или отделят. Двете форми на латентна топлина са латентна топлина на синтез и латентна топлина на изпаряване. Латентна топлина на топене се осъществява по време на топене или замръзване, а латентна топлина на изпаряване се извършва по време на кипене или кондензация. Промяната на фазата отделя топлина (екзотермична) при преобразуване на газ в течност или течност в твърдо вещество. Промяната на фазата абсорбира енергия / топлина (ендотермична), когато преминава от твърдо вещество в течност или течност в газ. Например, в състоянието на парите, водните молекули са силно енергийни и няма междумолекулни сили на привличане. Те се движат като единични водни молекули. В сравнение с това молекулите на водата в течно състояние имат ниски енергии. Някои молекули на водата обаче могат да излязат в състоянието на парите, ако имат висока кинетична енергия. При нормална температура ще има равновесие между състоянието на парите и течността на водните молекули. При нагриване, при точка на кипене, по-голямата част от водните молекули ще бъдат освободени до състоянието на парите. Така че, когато водните молекули се изпаряват, водородните връзки между водните молекули трябва да бъдат прекъснати. За това е необходима енергия и тази енергия е известна като латентна топлина на изпаряване. За водата тази фазова промяна настъпва при $100 \text{ } ^\circ\text{C}$ (точка на кипене на вода). Въпреки това, когато тази фазова промяна се случи при тази температура, топлинната енергия се абсорбира от водните молекули, за да разкъса връзките, но няма да увеличи температурата повече.

D. Химични системи за съхранение на енергия

Въпреки че има много начини за преобразуване и съхранение на топлинна енергия, топлинните характеристики на енергийната система зависят от термодинамичните свойства на използваната енергийна среда. Материалите за преобразуване и съхранение на топлинна енергия трябва да са с по-висока енергийна плътност на съхранение и обратимост.

Енергийната плътност на химичните промени е относително по-висока от тази на физичните. Системите за чувствителна топлина и фазова промяна са надеждни системи за съхранение на енергия поради тяхната обратимост. От друга страна, химичните промени като окисление са необратими и трудно се прилагат при циклични операции за съхранение на топлина. След това се очаква обратимата химическа реакция да има потенциал за преобразуване и съхранение на енергия в следващото поколение поради относителната си по-висока енергийна плътност и обратимост.

Основно качество на химичното преобразуване на енергия е притежаването на ефективни характеристики на съхранение на топлинна енергия. Физическото съхранение на топлина постепенно губи топлинна енергия чрез топлопроводимост и излъчване, докато при химичното енергията може да съхранява като реагенти с малки загуби.

Конвенционална система за когенерация, произвеждаща едновременно електричество и топлина, се базира на работата и отделената като остатъчен продукт топлина на двигатели с вътрешно горене, газови турбини или парни турбини. Високотемпературният отработен газ на двигателя обикновено се използва за генериране на пара в резервоар за отработени газове. Тъй като обаче необходимостта от електрическа мощност обикновено не съответства на топлинната мощност, от време на време в атмосферата се изхвърля голямо количество излишна топлина. Химическото съхранение на топлинна мощност в този случай дава възможност за повишаване енергийната ефективност на когенерацията. Системата се състои от двигател за когенерация и система за съхранение на химическа топлина, [3].

Системата за съхранение на топлина работи в периодично между режим на съхранение на топлина и режим на топлинна мощност. В режим на съхранение на топлина процесът на ендотермична реакция на химическата система за съхранение на топлина протича чрез изразходване на излишната отработена топлина, генерирана от двигателя. В режим на топлинна мощност протича екзотермичен реакционен процес на системата за съхранение, генерирайки реакционна топлинна мощност. Тъй като системата за съхранение на топлина може да съхранява топлина за по-дълъг период като химически реагенти, а температурата на топлинната мощност може да бъде променлива чрез избор на условия на протичане на реакцията, тогава топлинната мощност ще се подава при различни температури, когато е необходимо. В резултат на това излишната топлина се използва по-ефективно отколкото тази при конвенционалната система. Типичен представител за химическа система за съхранение на топлинна енергия е химическата термопомпа.

При химическото преобразуване на енергия трябва да се търси подходяща реакционна система. Температурният диапазон на реакцията трябва да съответства на температурата на източника на топлина. Температурата на обръщане на реакцията, T_{turn} (K), е критерий за намиране на реакционната система. Промяната на реакцията на свободна енергия на Гибс, ΔG (kJ mol⁻¹), се получава от промяна на енталпията на реакцията, ΔH (kJ mol⁻¹) и промяната на енталпията, ΔS (kJ mol⁻¹ K⁻¹).

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

ΔG има връзка с константата на равновесието на реакцията, K .

$$\ln K = -\Delta H/RT = -\Delta H/R \cdot 1/T + \Delta S/R$$

Условието на обратимост се установява при стойност на $K=1$, т.е. $\Delta G = 0$. Следователно T_{turn} се свежда до:

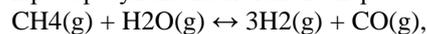
$$T_{turn} = \Delta H / \Delta S$$

Когато обратимата химична реакция има температура T_{turn} , то топлинната енергия при тази температура може да бъде оползотворена.

Трансформацията на енергийната среда е едно от направленията за химическо преобразуване на енергия. Друго такова направление е производството на водород. Нуждата от водород нараства бързо с напредването на технологията на горивните клетки. Производството на водород се осъществява с помощта на технология за химическо преобразуване на енергия. Процесът на разделяне е ключова техника за ефективно преобразуване на енергийната среда.

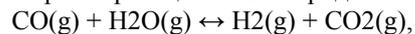
Реформирането на гориво е популярен начин за производство на водород за използване в горивни клетки. Въглеродните се използват за горивен ресурс. Процесът на преобразуване на метан (CH₄) се постига от следните две реакции на газова фаза с различни катализатори:

Преобразуване на метанова пара:



$$\Delta H_{\text{reform}} = +205,6 \text{ kJ/mol},$$

Обратна реакция на въглероден оксид (CO):



$$\Delta H_{\text{shift}} = -41,1 \text{ kJ/mol}$$

III. ДИСКУСИЯ ПО ВИДОВЕ ПОДХОДИ ЗА СЪХРАНЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ НА ЕНЕРГИЯ

ПАВЕЦ се използва широко в енергийната индустрия за съхраняване на пикова мощност за периоди на пиково натоварване. Тази техника използва водоизточник, който има достатъчно хидростатично налягане за задвижване на водоелектрическа централа. Водата се изпомпва в резервоара в извънпикови периоди и се изтегля през пиковите периоди. Основното изискване е язовир с голямо количество вода или два язовира с разлика във височината между тях. Този метод е относително ефективен. Енергията, използвана за изпомпване на вода нагоре, се възстановява в цикъл на съхранение с около 65–75% ефективност.

Има много практически съображения, които възникват при експлоатация на мащабна система за съхранение на енергия с въздушна компресия, които могат да не са твърде очевидни по време на етап проектиране. Класификацията на тези системи може да бъде направена според капацитета им за съхранение на енергия, приложението им, което е свързано с тяхната инсталация, и според оперативните предположения за това как те се справят с топлината, генерирана по време на компресия.

Основните типове генератори / двигатели, чрез които маховиците се очаква да играят основна роля при съхранението на енергия, са газови турбини, генератори на двигатели с природен газ и горивни клетки. В случай на внезапен спад на натоварването в следствие на спиране на индустриален процес, маховикът поема товара от горивна клетка или друг първичен двигател,

без да нарушава неговото производство, давайки му време да понижи мощността на неговия изход и след това маховикът ще се изключи или физически (чрез съединител), или електромеханично, ако маховикът е роторът на генератора. От друга страна, ако натоварването внезапно се увеличи при внедряване на индустриален процес, маховикът е в състояние да използва част от силата си, за да покрие моментния скок на натоварване, докато основният двигател навакхва и тогава маховикът отново спира.

Ясно е, че удължаването на живота на батериите може да ги направи по-конкурентни. Стремещт е за постигане на жизнен цикъл над 2000 и живот над 10 години, което в практически аспект би означавало 3650 цикъла за 10-годишен живот. За сравнение, животът на конвенционално помпено съоръжение за съхранение на енергия може да достигне до 50 години и броят на циклите на зареждане / разреждане не представлява допълнително ограничение за тази технология. Това наблюдение има важни икономически последици, тъй като капиталовите разходи за оборудване обикновено се погасяват за периоди, не по-дълги от експлоатационния живот на оборудването. Сравнително по-краткият живот на съвременните батерии означава, че прогнозните разходи за доставена енергия при тях са повече от 50% по-високи, отколкото за помпено-акмулираща ВЕЦ. По този начин разходите за крайния потребител на комунални услуги са съответно по-високи за тази част от електрическата енергия, доставена от батериите. При самостоятелни процеси, използващи батерии, като ветрогенераторна инсталация, разходите могат да се разглеждат по подобен начин, но с различни оперативни параметри. Независимо от това, реализирането на вятърни или соларни инсталации за мащабно производство ще изисква значително по-голям капацитет на съхранена енергия. Тоест такива системи трябва да могат да съхраняват еквивалент на потреблението на енергия в продължение на няколко дни, така че да могат да доставят енергия с нормалната скорост на дневна консумация през периоди на ограничена слънчева светлина или вятър, [4].

За да бъде полезен при съхранението на топлинна енергия, материалът обикновено трябва да е евтин и да има добър топлинен капацитет. Друг важен параметър за този материал е скоростта, с която топлината може да се отделя и извлича. Тази характеристика е функция на термичната дифузия. Поради тази причина желязото е отлична среда за съхранение на топлина, която има както висок топлинен капацитет, така и висока топлопроводимост.

За високотемпературни системи за съхранение на чувствителна енергия (т.е. до няколкостотин градуса по Целзий) желязото и железният оксид имат термични свойства, сравними с тези на водата за единица обем на съхранение. Тъй като желязото и неговият оксид имат сходни топлинни характеристики, бавното окисляване на метала във високотемпературна течност или въздушна система няма да влоши неговите характеристики.

Приложенията на такива системи в соларни инсталации изискват големи капацитети на съхранение

на енергия, за да покрият минимум 1-2 дни термични нужди. Този капацитет обикновено се постига чрез съхранение на чувствителна топлина в големи водни резервоари. Алтернатива се предлага от системи за латентно съхранение на топлина, при които топлинната енергия се съхранява като латентна топлина във вещества, претърпели фазов преход, например топлината на топене при прехода твърдо вещество в течност. Основните предимства на латентните системи за съхранение на енергия са високите капацитети на съхранение на единица маса в сравнение с тези на системите за съхранение на чувствителна топлина и малък температурен диапазон на работа, тъй като топлинното взаимодействие се осъществява при постоянна температура.

При конвенционалното реформиране на пара, въглеродородите достигат равновесие и произвеждат H_2 , въглероден диоксид (CO_2) и въглероден оксид (CO). Добивът на H_2 е ограничен от равновесието. Премахването на H_2 от преобразуване на реакционната система индуцира системата в неравновесно състояние и производството на водород продължава, за да установи следващото равновесно състояние. Като резултат добивът на H_2 ще бъде подобрен. Премахването на CO_2 също води до неравновесно състояние и подобрява производството на CO_2 , след което се подобряват и производителността на H_2 и чистотата му. Тези процеси на разделяне биха реализирали не само висок добив на H_2 , но и намаляване на температурата на ендотермичното преобразуване. Това означава, че процесът на разделяне е важна методология за трансформация на енергийни среди и химическо преобразуване на енергия, [5].

Сепарационното преобразуване на въглероден диоксид е една от полезните методологии за ефективно производство на водород. Карбонизацията на калциев оксид (CaO) може да абсорбира CO_2 от реформирания газ и да го втвърди, [6].

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Усъвършенстваните нови устройства за съхранение често са неразделна част от други нови технологии и понякога те могат да станат по-осъществими чрез иновации в съхранението. Напредъкът в съхранението е от полза особено при технологиите за вятърна и слънчева енергия. Също така новите технологии за съхранение могат да допринесат много за развитието на автомобили с електрическо задвижване..

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Cassedy, E.S. and Grossman, P.Z. (1998). Introduction to Energy, Resources, Technology, and Society, Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] International Energy Agency (IEA), "Technology Roadmap: Energy Storage," 2014. [Online]. Available: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technologyroadmap-energy-storage-.html>
- [3] Kato, Y., 2000. Low exergy reactor for decentralized energy utilization, Progress in Nuclear Energy, 37 (1-4), 405-410.
- [4] Hassenzahl, W.V. (1981). Mechanical, Thermal, and Chemical Storage of Energy, Hutchinson Ros. Publ. Co., Stroudsburg, Pennsylvania.



-
- [5] Kato, Y., C.L. Pritchard, 2000. Energy performance analysis isobutene/water/tertbutanol chemical heat pump, Trans IChemE, 78 (Part A), 184–191.
- [6] Williams, R., 1933. Hydrogen Production, U.S. Patent 1,938,202.

APPROACHES TO ENERGY STORAGE AND MANAGEMENT

Milena Biserova Haralampieva
Institute of Information and
Communication Technologies
Sofia, Bulgaria
E-mail: milena_biserova@abv.bg

Rosen Petrov
Institute of Information and
Communication Technologies
Sofia, Bulgaria
E-mail: rosen_p@yahoo.com

Dimitar Karastoyanov
Institute of Information and
Communication Technologies
Sofia, Bulgaria
E-mail: dimikara@abv.bg

Abstract: The article presents approaches to energy storage and management. Groups of methods for energy storage are considered. Mechanical, electrochemical, thermal and chemical energy storage systems are described. Features and areas of application are discussed.

КЛАСИФИКАЦИЯ НА РОБОТИ С ПАРАЛЕЛНА КИНЕМАТИКА

Станислав Цолов
Еф Си Ем ООД
кат. АДП, ТУ - София
София, България

E-mail: stanislav.tsolov90@gmail.com

Резюме: настоящата статия ще бъдат разгледани различните типове работи с паралелна кинематика, като са представени с характерните им особености. Предложена е класификация на роботите с паралелна кинематика спрямо тяхната архитектура, като са представени някои от последните разработки в това направление.

Ключови думи: класификация, робот, паралелна кинематика, архитектура.

I. УВОД

Роботът представлява механична система, чрез която може да се управляват степените на свобода на твърдо тяло, наречено крайно изпълнително звено. Позицията и ориентацията на крайното звено в пространството може да бъде дефинирана чрез координатите на дадена точка и ъглите който определят неговата ориентация. Паралелните работи са механични системи изградени от сложни затворени кинематични вериги, които определя повишените характеристики касаещи коравината, точността, бързината и товароносимостта. Този тип работи намират широко приложение – от платформи за симулатори в авиацията през приложението в астрономията до “Pick-and-place” устройства интегрирани в производствени системи.

A. Роботи с класическа архитектура

Този тип работи са с антропоморфна структура наподобяваща човешка ръка. По настоящем тези работи намират широко приложение в индустрията и са едни от най-масово използваните манипулатори. Структурата им е съставена от звена свързани непосредствено едно след друго посредством кинематични двоици от 5-ти клас (със една степен на свобода), най-често ротационна (R) или трансляционна (T). Такъв тип работи могат да бъдат наречени серийни (последователни) (1) заимствано от последователни свързаните звена изграждащи структурата им. Най-разпространените примери на работи с последователна архитектура са шарнирните работи и “SCARA” роботите. Недостатък на тази конструкция е, че всяко следващо звено се носи от предходното, това обуславя следните характерни особености: ниско съотношение на полезната товароносимост към теглото на работа поради необходимостта от допълнително уякчаване на звената и недобра абсолютна точност поради натрупването на грешки след всяко следващо звено, което води до по-голяма грешка в позицията на крайното звено.

B. Роботи с паралелна кинематика

Ако разгледаме дефиницията представена от Клеман М. Гослин [3] за степента на свързаност на отделните

звена, която гласи, че за всяко звено от манипулатора степента на свързаност представлява броят на твърдите тела свързани към него под формата на кинематична двоица. Тогава отворените кинематични вериги могат да бъдат дефинирани като структури при които звената притежават степен на свързаност по-малка или равна на 2, а затворена кинематична верига като структури при които едно от звената, но не основата, притежава степен на свързаност по-голяма или равна на 3. Така можем да кажем, че серийните работи са с отворена кинематична верига. От друга страна паралелните работи могат да бъдат дефинирани като: механизми с затворена кинематична верига, чийто крайно изпълнително звено със n степени на свобода (С.Н.С) е свързано към неподвижна основа посредством поне две независими кинематични вериги, като задвижването се извършва чрез n на брой актуатори [1]. Разпределението на товара между няколко кинематични вериги характеризира по-високата товароносимост – до 4 пъти по-голяма от серийен робот със същата големина. Също така коравината на механизмите със затворена кинематична верига е значително по-голяма. Това предопределя повишената точност на роботите с паралелна кинематика.

II. ПРОИЗХОДЪТ НА ПАРАЛЕЛНИТЕ РОБОТИ

Научните изследвания на структури със затворена кинематична верига датират от 1645г. Кристофър Рен, след това 1813г. Коши, 1867г. Лебег и 1897г. Брикард [1]. Един от първите патенти е представен от Джеймс Е. Гуинет през 1923г., който конструира подвижна платформа за седалки в кино салон на базата на сферичен паралелен механизъм [2]. Първият индустриален паралелен робот е патентован от Уилард Полард-младши през 1934г., със структура базирана на пантограф, задвижвана от два ротационни двигателя. Основната функция на този робот е била да бъде използван за боядисване [2]. През 1947г. Д-р Ерик Гоф създава един от най-известните и най-разпространените паралелни работи, представляващ хексаподна платформа [2]. Този робот намира своето приложение като тестваша платформа за автомобилни гуми. През 1965г. Стюарт в свой доклад предлага структура на паралелна платформа с 6 степени на свобода (С.Н.С), която се различава от тази на Д-р Гоф и е щяла да бъде използвана за симулатори в авиацията [2]. Тази конструкция не намира толкова широко приложение като платформата на Д-р Гоф, която е често, парадоксално наричана платформа на Стюарт.

III. КЛАСИФИКАЦИЯ НА РОБОТИТЕ С ПАРАЛЕЛНА КИНЕМАТИКА

Реализацията на структурите на роботите с паралелна кинематика зависи най-вече от изобретателността и находчивостта на конструктора. За разлика от роботите с класическа архитектура, където се прилагат систематични подходи (синтез [4]) за проектирането им. Това е предпоставка за наличието на изключително голямо разнообразие структури със затворена кинематика, а топологията на структурата влияе пряко върху производителността и характеристиките на работата. Предвид това, разглеждането на всички съществуващи варианти на паралелни роботи е почти невъзможно. В тази статия са разгледани най-разпространените работ.

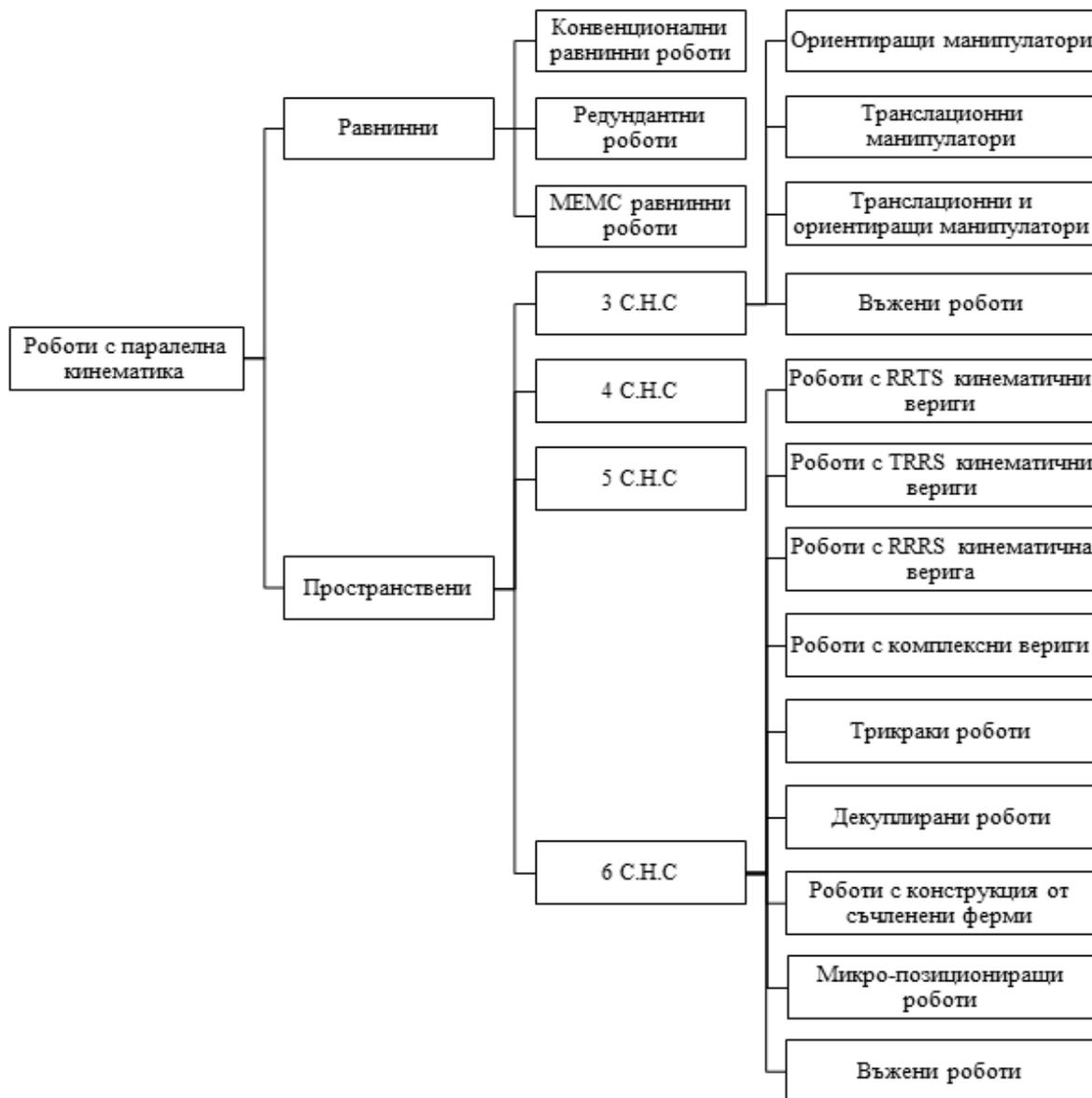
с паралелна кинематика, като е предложена класификация фиг.1, в която основна класифицираща характеристика е броят степени на свобода (С.Н.С).

A. Равнинни роботи

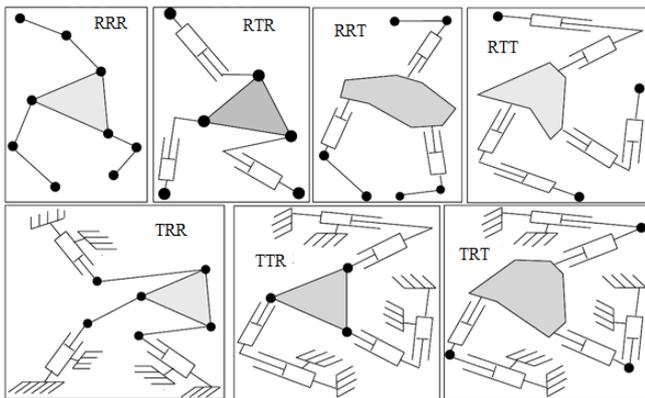
1) Роботи с 3 С.Н.С.

a) Конвенционални равнинни роботи.

Тези роботи представляват подвижна платформа на която се контролират три от степените и на свобода – две транслации по ос x и y и една ъглова ротация θ по ос z . Връзката на подвижната платформа към неподвижната се осъществява посредством три идентични кинематични вериги изградени от комбинация кинематични двоици от пети клас (R, T). Пълния набор от възможни комбинации е представен на фиг.2., като задвижваната двоица може да бъде всяка една от трите. Комбинацията ТТТ е невъзможна, тъй като движението на ставите трябва да останат независимо.



Фиг.1. Класификация на роботи с паралелна кинематика

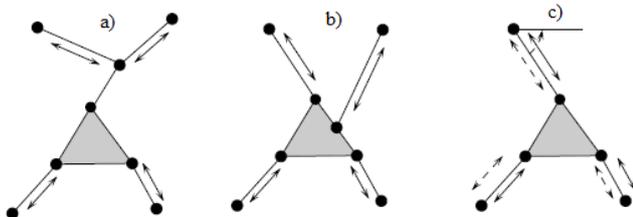


Фиг.2. Пълен набор от възможни комбинации [1]

b) Редундантни (претрупани)

При паралелните роботи са налични 3 вида редундантност:

- Кинематична фиг.3 а) – поне една от кинематичните вериги е с повече степени на свобода от необходимото, така се постига повишаване на работното пространство [5]
- Актуаторна фиг.3 б) – крайният изпълнителен механизъм се задвижва от допълнителен актуатор, по този начин се избягва кинематичната сингулярност.
- Измервателна фиг.3 в) – броят на сензорите е по-голям от броя на актуаторите, това служи за намаляване на грешките от измерване и повишаване на точността на работата.



Фиг.3. Схема на видовете редундантност [5]

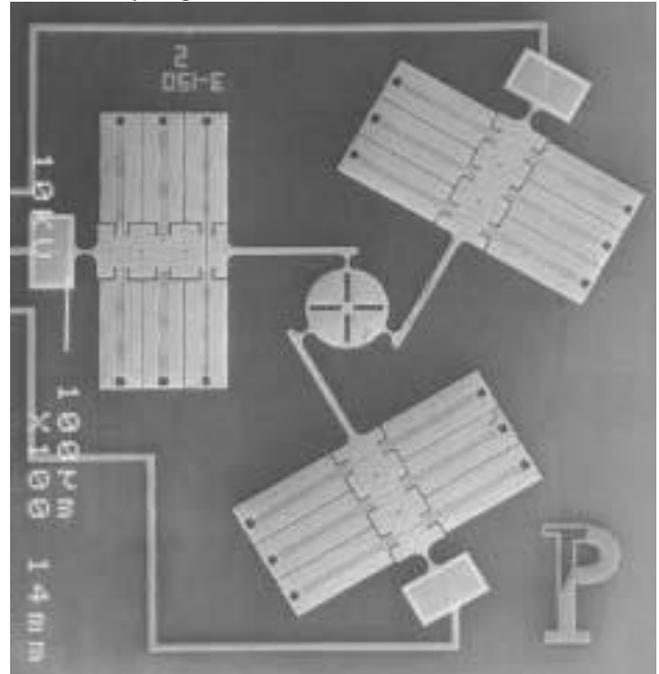
Типичен пример за редундантен равнинен робот е “Archi” фиг.4 на изследователския отдел “LIRMM” университета в Монпелие.



Фиг.4. Роботът Archi [1]

с) MEMC равнинни работи

За изграждането на тези работи се използват познатите при MEMC технологии за полисилициево микрообработване, чрез които се изграждат равнинни полупроводникови микроструктури фиг.5. Задвижването на такива структури най-често е чрез електростатични, пиезоелектрични или термични MEMC актуатори.



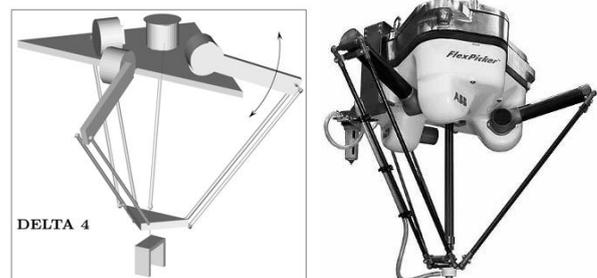
Фиг.5. 3 С.Н.С. TRR равнинен механизъм [6]

В. Пространствени работи

1) Манипулатори с 3 С.Н.С.

а) Транслационни манипулатори

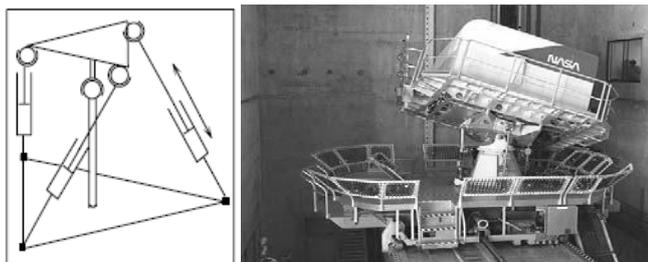
Най-разпространения робот от този тип е делта роботът проектиран от Клавел фиг. 6. Конструкцията му се състои от една неподвижна и една подвижна платформа, като връзката между тях се осъществява посредством три идентични кинематични вериги от вида RRPR, където Р е четиризъвен паралелограм, благодарение на който двете платформи са винаги успоредни една на друга. Подвижната платформа е с три транслационни С.Н.С. по x, y и z. Актуаторите са ротационни и са разположени на първата кинематична двойца от веригата. Често срещана реализация на веригата е и TRPR, където актуаторите са линейни оси.



Фиг.6. Схема на делта роботът и индустриална версия на АББ [7]

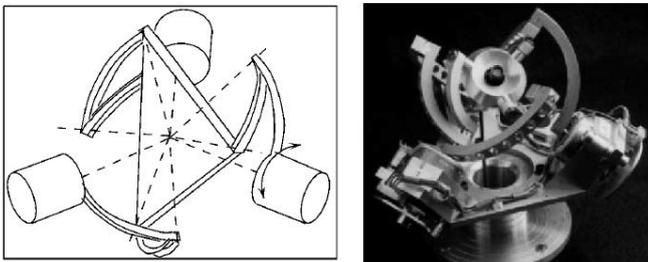
b) Ориентираци манипулатори

Тези роботи представляват интересна алтернатива на китка със своите три ротационни степени на свобода около една точка. На фиг.7 е представена схема на робот от този тип и съответното и приложение – вертикален симулатор на движение използван от NASA. Кинематичните вериги са от вида RRTS, като двете ротационни кинематични двойци са изградени под формата на карданов съединител, а задвижваното звено е транслационното.



Фиг.7. Схема и VMS манипулаторът на NASA [1]

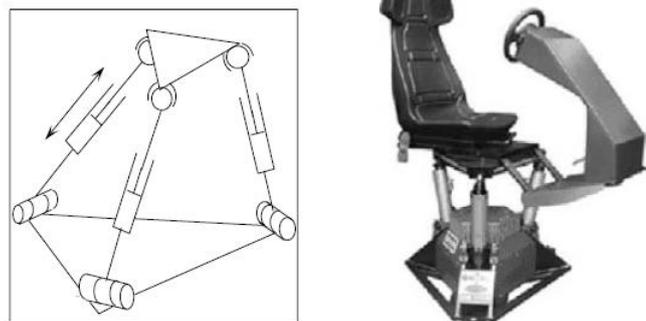
Друг популярен представител от тази група е сферичния манипулатор на Госелин фиг.8, който представлява три сферични кинематични вериги задвижвани от ротационни актуатори с оси, пресичащи се в точка, която е центърът на въртене на крайното изпълнително звено.



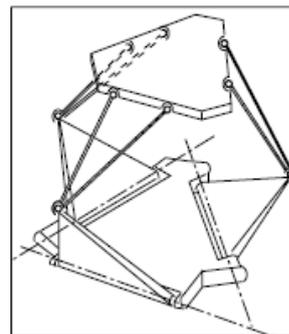
Фиг.8. Схема и прототип на сферичен робот [3]

с) Транслационни и ориентираци манипулатори

На фиг.9 е представен механизъм предложен от Хънт и Лий [8] и неговото приложение като подвижна платформа за забавление. Манипулаторът е съставен от RTS вериги, като задвижваното звено е транслационното. Степените на свобода са транслация по вертикална ос и ротации по ъглите на прецесия и нутация.



Фиг.9. Механизъм предложен от Хънт и неговото приложение [1]

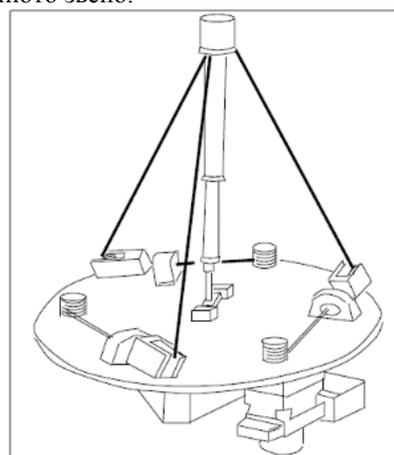


Фиг.10. Механизъм предложен от Ламбърт [1]

Ламбърт предлага еквивалентен механизъм фиг.10, при който задвижваните транслационни звена са заменени от система съчленени звена, ротационно задвижвани в основата им [9]. Тази конструкция притежава по-голямо работно пространство, но броят на пасивните съединения също е по-голям.

d) Въжени роботи

Замяната на твърдите звена на паралелните манипулатори с въжета който да биват завивани и развивани, предлага следните предимства: по-големи работни пространства тъй като въжетата позволяват големи дължини лесно да бъдат завивани и развивани, както и по-голяма динамика поради по-леката конструкция. Основния им недостатък е, че въжетата не са твърди тела и могат само да дърпат товар, но не и да го бутат. Това ограничение трябва да бъде взето предвид при конструирането на робот от този вид. На фиг.11 е представена конструкция на въжен робот със три С.Н.С, предложен от Ландсбергер [10]. Веригите на робота са изградени от въжета които се навиват и развиват около барабани задвижвани от ротационни двигатели, а въжетата се опъват чрез пружинен централен телескопичен прът, който упражнява усилие върху крайното звено.

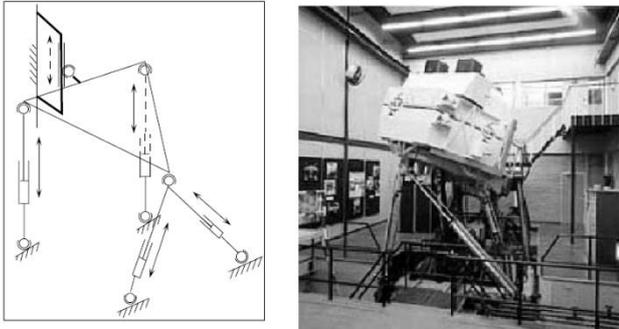


Фиг.11. Схема на въжен робот с 3 С.Н.С [1]

2) Манипулатори с 4 С.Н.С.

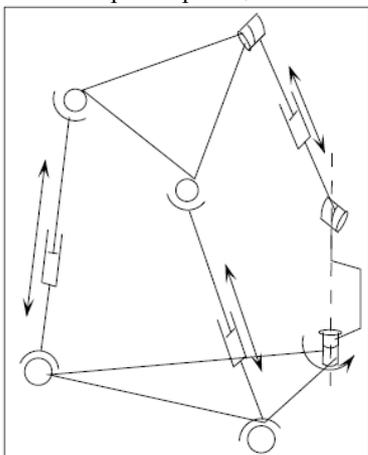
Проектирането на робот с 4 С.Н.С. съставен от 4 идентични кинематични вериги е теоретично невъзможно.

Следователно такъв дизайн трябва да се основава на: използването на различни кинематични вериги, добавянето на ограничаващи механизми, по-малко от 4 вериги, специфична геометрия на веригите или специфичен механичен дизайн. На фиг.12 е представен авиационен симулатор с 4 С.Н.С., използващ пасивен ограничаващ механизъм позволяващ 3 ротации и една трансляция по ос z.



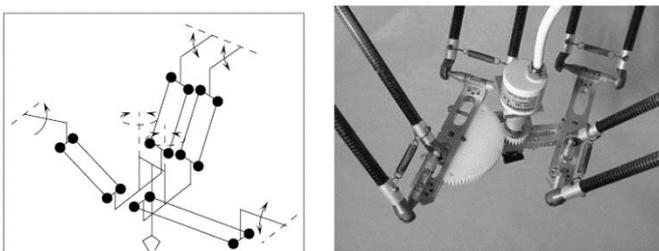
Фиг.12. Схема на робот с 4 С.Н.С. и нейното приложение [1]

Използването на по-малко от 4 вериги е представено на фиг.13. Тази схема е предложена от проф. Танев [11], като дава възможност за 3 трансляции и една ротация. Съставена от 2 идентични вериги от типа STS, където задвижваното съединение е транслационното и една от типа RRTR, където задвижваните съединения са транслационното и първото ротационно.



Фиг.13. Схема на робот с 4 С.Н.С. предложена от Танев [10]

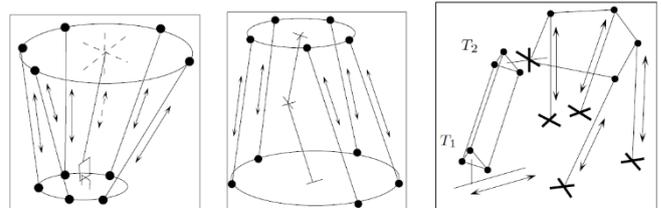
Роботи със специфичен дизайн фиг.14 са серията Н4 предложена от Пиеро и неговите колеги [12]. Характерно за тези роботи е специфичната реализация на платформата която дава възможност за ротация.



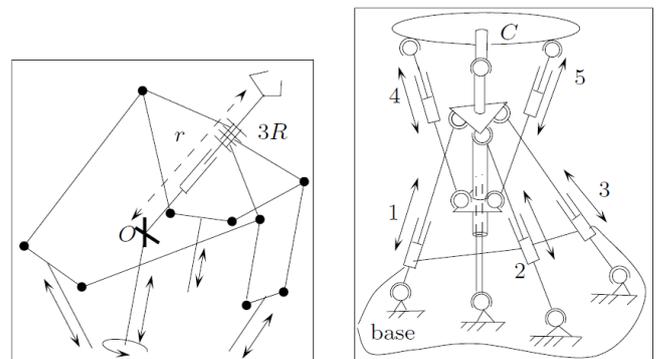
Фиг.14. Схема на робот Н4 и неговата платформа в детайли [11]

3) Манипулатори с 5 С.Н.С.

Конструкцията на тези роботи също се основава на механизми за пасивно ограничение, специфична геометрия или дизайн. Пример за роботи с пасивно ограничение са представени на фиг.15. На първите две схеми е използван централен прът за ограничаване на завъртането около нормалата на платформата. Допълнителния прът повишава коравината на робота но намалява неговото работно пространство. При третата схема една от кинематичните вериги служи за ограничаване на една ротация.



Фиг.15. Схеми на пасивно ограничени роботи с 5 С.Н.С. [1]



Фиг.16. Отляво схемата на Зоппи, отдясно на Аустад [1]

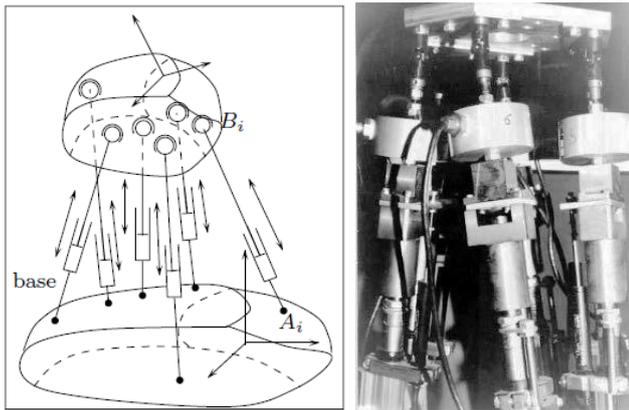
Схеми със специфичен дизайн са представени на фиг.16. Схемата отляво е предложена от Зоппи [13] и е съставена от взаимосвързани вериги, позволяващи 3 ротации около О и две трансляции – височината на О и разстоянието r между О и крайното изпълнително звено. Схемата отдясно е предложена от Аустад и представлява хибриден робот смесица от паралелни и последователни структури. Роботът представлява две паралелни структури свързани последователно. Едната служи за позициониране на подвижната платформа, а другата за ориентирането и с две ротации.

4) Манипулатори със 6 С.Н.С.

За реализацията на 6 С.Н.С се използват най-често вериги от следните типове: RRTS, RPTS, TRRS, RRRS

а) Роботи с RRTS кинематични вериги

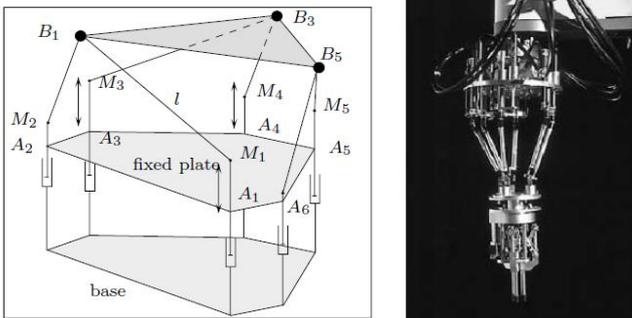
На фиг.17 е представена най-често използваната архитектура от този тип, наричана платформа на Гоф. Структурата е съставена от две платформи свързани посредством 6 идентични кинематични вериги със задвижвано транслационно звено.



Фиг.17. Схема на платформа на Гоф и нейното приложени в роботът на INRIA използващ електрически актуатори [1]

b) Роботи с TRRS кинематични вериги

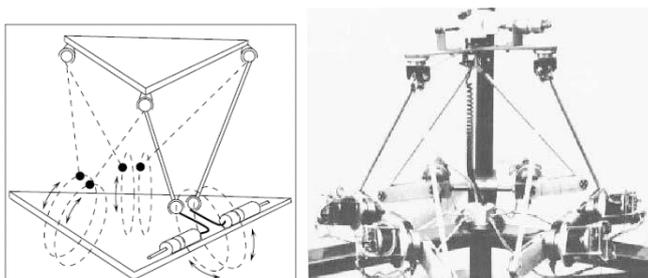
Първият робот от този тип е патентован от френския институт INRIA фиг.18. Структурата му е съставена от 6 вертикални линейни актуатора свързани към звена с постоянна дължина посредством карданов съединител, а самите звена към подвижната платформа посредством сферичен съединител. Тази конструкция притежава предимствата на ниския център на тежест, много лека движеща се маса и намален риск от колизии между звената, спрямо RRTS конструкцията.



Фиг.18. Схема и прототип на TRRS роботът на INRIA [1]

c) Роботи с RRRS кинематична верига

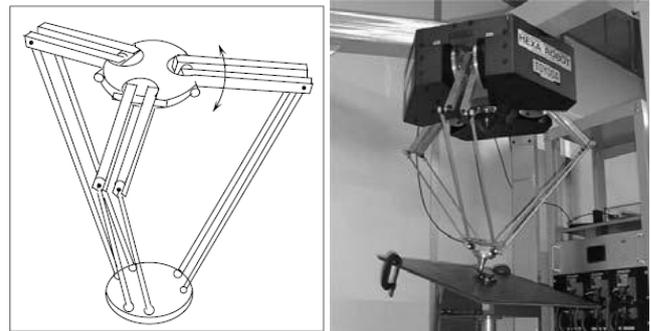
Една от първите схеми фиг.19 на такъв робот е предложена от Хънт [8]. Характерно за тези схеми е задвижването на всяка една от шестте вериги посредством ротационен актуатор.



Фиг.19. Роботът на Хънт и прототип разработен от Заманов [1]

Пиеро от университета в Монпелие и Учяма предлагат схема на делта робот [14] фиг.20, която се

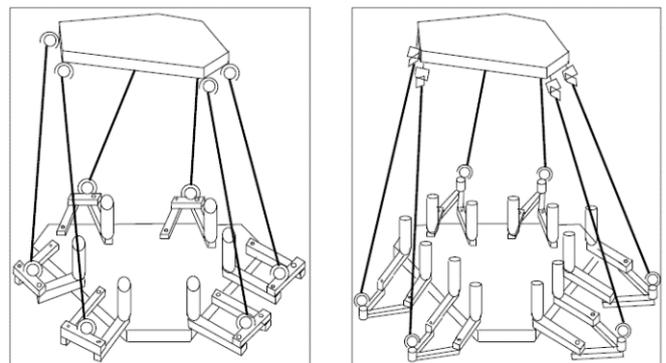
различава от тази на Хънт по разположението на осите на ротационните съединения на неподвижната платформа, както и разположението на сферичните съединения на подвижната платформа.



Фиг.20. Схема и прототип на роботът на Пиеро [1]

d) Роботи с комплексни вериги

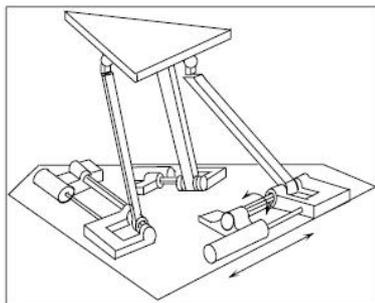
В тази група влизат роботи със принципи на задвижване, които не могат да бъдат причислени към някоя от споменатите групи. Пример за такъв сложен манипулатор е предложен от Хан [15] фиг.21. Характерно за него е, че всяка от шестте вериги се задвижва посредством шарнирен четиризвенник на който едно от ротационните звена се задвижва от ротационен актуатор фиг.21. Подобен механизъм е предложен и от Тахмасеби, като при него задвижването се извършва от два ротационни актуатора.



Фиг.21. Отляво механизмът на Хан, а отдясно на Тахмасеби [1]

e) Трикраки роботи

Тези роботи се характеризират с 3 кинематични вериги, като всяка от тях се задвижва от 2 актуатора. Тази реализация намалява риска от колизии между звената, но с намалена коравина на механизма и повишаване на грешките при позициониране. Коли, представя такъв робот фиг.22[16]. Той се характеризира с RTRS задвижвани с двойни (ротационни и транслационни) актуатори.



Фиг.22. Схема на роботът на Коли и прототип на RTRS робот от техническия университет в Нанянг [1]

f) Декуплирани роботи

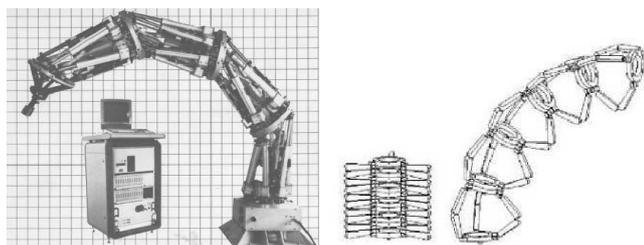
В досега разгледаните роботи всичките актуатори влияят както върху положението така и върху ориентацията на подвижната платформа. При декуплираните роботи 3 от актуаторите отговарят само за положението, а останалите 3 само за ориентацията. Спрямо този характер роботите могат да бъдат разграничени на 3 вида: силно куплирани, напълно декуплирани, и частично декуплирани. Пример за частично декуплирани разгледахме на фиг.19 и фиг.20. На фиг.23 е представен напълно декуплиран делта робот на фирма Fanuc. Актуатора задвижващи кинематичните вериги осигуряват позиционирането, а останалите, посредством карданови съединители и зъбни предавки, ориентират на китката на робота.



Фиг.23. FANUC M-3iA/6A Delta Robot

g) Роботи с конструкция от съчленени ферми

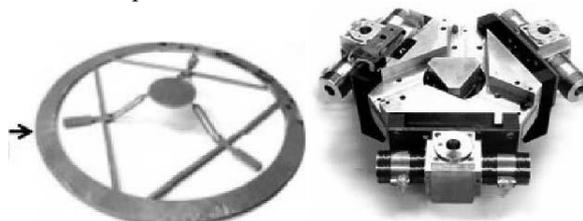
Тези редундантни роботи са изградени от много на брой паралелни конструкции наречени ферми. Тези роботи се характеризират с висока товароносимост и голямо работно пространство, но са трудни за управление. Примери за такъв робот са представен на фиг.24.- LX4 на Logabex и микро роботът BRAID на MIT с актуатори от електроактивни полимер.



Фиг.24. Отляво LX4 на Logabex, отдясно BRAID на MIT [1]

h) Микро-позициониращи роботи

Тези роботи са с малки работни ходове и служат за прецизно позициониране. Пример за такъв робот е представен на фиг.25 HexFlex. Той е съставен от пружинна пластина която се деформира от 3 успоредни на нея и 3 перпендикулярни на нея електромагнитни актуатора. Липсата на луфтови съединения и съответно липсата на мъртъв ход, при тази конструкция, е в основата на изключително прецизното и позициониране.



Фиг.25. HexFlex [1]

i) Въжени роботи с 6 С.Н.С.

Роботи от този тип с 3 С.Н.С. вече бяха представени. Тези с 6 С.Н.С. най-често биват използвани като подемни системи, даващи възможност за ориентиране на товара, а самото тегло на товара служи за изпъване на въжетата. Именно такъв робот е представен на фиг.26, предлаган от фирма Jaso.



Фиг.26. Роботизиран кран на фирма Jaso

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предимствата на паралелните механизми пред последователните обуславя високия интерес на изследователите, още от ранните етапи на развитие на съвременната механика. Фактът, че проектирането на такива механизми се осланя не толкова до системен подход, колкото на творческия замисъл и въображението на конструктора, е причината за наличието на големия брой механизми от този тип. Въпреки, че в днешно време проектантите, притиснати от срокове, предпочитат използването на прости механизми, с развитието на САЕ системите, материалите, сензориката и системите за управление паралелните механизми имат потенциала да бъдат в основата на бъдещата роботика.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] J.-P. MERLET Parallel Robots, second edition, 2006
- [2] Bonev I.A. The true origins of parallel robots. January, 24, 2003,
- [3] Gosselin C. Kinematic analysis optimization and programming of parallel robotic manipulators. Ph.D. Thesis, McGill University, Montreal, June, 15, 1988.
- [4] Доц. В. И. Павлов, Проектиране на промишлени роботи, 1993
- [5] Liu G.F. and others . Analysis and control of redundant parallelmanipulators. In IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pages 3748–3754, Seoul, May, 23-25, 2001.
- [6] Merkle R.C. A new family of six degree of freedom positional devices. 1994,
- [7] Clavel R. DELTA, a fast robot with parallel geometry. In 18th Int. Symp. on Industrial Robot, pages 91–100, Lausanne, April, 26-28, 1988.
- [8] Hunt K.H. Structural kinematics of in parallel actuated robot arms. J. of Mechanisms, Transmissions and Automation in Design, 105(4): 705–712, March 1983
- [9] Lambert M. Polyarticulated retractile mechanism, March, 24, 1987. United States Patent n° 4,651,589, Soci'et'e Becart S.A.
- [10] Landsberger S.E. and Sheridan T.B. A minimal, minimal linkage: the tension-compression parallel link manipulator. In IMACS/SICE Int. Symp. on Robotics, Mechatronics, and Manufacturing Systems, pages 493–500, Kobe, September, 16-20, 1992.
- [11] Tanev T.K. Forward displacement analysis of a three legged fourdegree- of-freedom parallelmanipulator. In ARK, pages 147–154, Strobl, June 29- July 4, 1998.
- [12] Company O., Marquet F., and Pierrot F. A new high speed 4-dof parallel robot. Synthesis and modeling issues. IEEE Trans. on Robotics and Automation, 19(3):411–420, June 2003
- [13] Zoppi M., Bruzzone L.E., and Molino R.M. A novel 5-dof interconnected- chains PKM for manufacturing revolute surfaces. In 4th Chemnitz Parallelkinematik Seminar, Chemnitz, April, 20-21, 2004
- [14] Pierrot F. Robots Pleinement Paralleles L'egers : Conception Mod'elisation et Commande. Ph.D. Thesis, Universit'e Montpellier II, Montpellier, April, 24, 1991.
- [15] Han C-S., Hudgens J.C., Tesar D., and Traver A.E. Modeling, synthesis, analysis and design of high resolution micromanipulator to enhance robot accuracy. In IEEE Int. Conf. on Intelligent Robot and Systems (IROS), pages 1153–1162, Osaka, November, 3-5, 1991.
- [16] Kohli D., Lee S-H, Tsai K-Y, and Sandor G.N. Manipulator configurations based on Rotary-Linear (R-L) actuators and their direct and inverse kinematics. J. of Mechanisms, Transmissions and Automation in Design, 110:397–404, December 1988
- [17] Kambushev M., N. Chivarov, A. Marinov, R. Dimitrova, Approbation of a mathematical model of a specialized mechatronic system, XI National conference with international participation, Electronica 2020, 23 – 24 July 2020 Sofia, Scopus, IEEE Xplore Digital Library, Scopus database (IEEE Conference record # 50406), 9305150.
- [18] Dimitrova R., Cycle investigation of "pick & place" modular pneumatic robot, journal „Mechanical engineering and mechanical science”, 2013, Varna, ISSN 1312-8612, year VIII, book 2, 2013, pp. (68-71).
- [19] Димитрова П., И. Топов, Проектиране на мобилен робот за гравирание върху гладки плоски повърхности, Bulgarian Robotic Society International Conference RAM 2018, July 24-26, 2018, Sofia p. (47-55).
- [20] Димитрова П., В. Павлов, Избор на стъпкови двигатели за работи при отворена схема на управление, XXVIII МНТК „АДП – 2019”, Созопол, 29.06 – 02.07.2019 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство”, бр.1/юли 2019г., ISSN: 2682-9584, (128-133).
- [21] Цолов С. и Р. Димитрова, Проектиране на паралелен DELTA робот, XXVIII МНТК „АДП – 2019”, Созопол, 29.06 – 02.07.2019 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство”, бр.1/юли 2019г., ISSN: 2682-9584, (92-98).
- [22] Цолов С., К. Йорданов, А. Йорданов, Проектиране на автоматизиран комплекс за игра на шах, XXVIII МНТК „АДП – 2019”, Созопол, 29.06 – 02.07.2019 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство”, бр.1/юли 2019г., ISSN: 2682-9584, (182-187).

CLASSIFICATION OF PARALLEL KINEMATIC ROBOTS

Stanislav Tsolov
Ef Si Em OOD
ADP, TU - Sofia
Sofia, Bulgaria

E-mail: stanislav.tsolov90@gmail.com

Abstract: This article will discuss the different types of robots with parallel kinematics, and are presented with their characteristics. A classification of robots with parallel kinematics according to their architecture is proposed, and some of the latest developments in this direction are presented

ДИСТАНЦИОННОТО ОБУЧЕНИЕ ВЪВ ВИСШЕТО ИНЖЕНЕРНО ОБРАЗОВАНИЕ - ЛЕКЦИИ, ЛАБОРАТОРНИ УПРАЖНЕНИЯ И ИЗПИТИ

Давид Авишай
Азриели, Академичен инженерен
колеж, катедра Индустиален
мениджмънт и инженерство,
Йерусалим, Израел
E-mail: davishay@jce.ac.il

Веселин Павлов
Технически университет – София,
София, България
E-mail: vpavlov@tu-sofia.bg

Гая Павлова
Технически университет – София,
София, България
E-mail: racheva@tu-sofia.bg

Резюме. В тази статия се разглежда въвежданото на дистанционно обучение във висшето инженерно образование. Предлага се дозиране на съдържанието в учебните програми за запазване на висока концентрация на възприятието на обучаемите. Основната цел е и при тези условия да се гарантира подготовка на креативно мислещи специалисти. Тезата е развита за трите форми, на обучение и оценка във висшето образование, теоретични лекции, лабораторни упражнения и установяване на придобитите знания чрез изпити. Също така е разгледано и хибридно обучение, като вид приложена алтернатива.

Ключови думи: дистанционно, хибридно, обучение, инженерно образование, концентрирано възприятие

I. УВОД

Като форма дистанционното обучение е известно, но не е прилагано в такива мащаби и повсеместно, както се наложи поради пандемията от Covid19. Да се коментират всички негови страни, е доста сложно начинание. То наподобява на ходене по плаващи пясъци. В основата са постоянно променящите се изисквания на управляващи към управлявани, с не достатъчна яснота и следващите ги ефекти. Отдалечената форма на обучение, предизвиква множество въпроси, и не на всички може да се даде смислен, и еднозначен отговор. На моменти дори се появяват решения подобни на „аварийния пудинг“, подробно описан от проф. Ювал Ноа Харари [1].

За да може да се ориентират нещата така, че да се предизвика едновременно емпатия и регулируем антагонизъм, е необходимо да се стъпи на здрава основа [2]. Наблюдавайки мисловното поведение на ортодоксалните религиозни общности в дните на екстремно пандемично затваряне от Covid-19, се съгласяваме с поставеното от тях категорично условие. Каквито и ограничения да се въведат, поради особено заразният вирус и независимо от всичко, трябва да се продължи и стимулира процесът на образование. Крайно неприятен би бил ефектът, от това да се остави поколението неподготвено и неспособно за предизвикателствата на живота.

В тази статия се разглежда повсеместно въведеното дистанционно обучение във висшето инженерно образование, като се дозира съдържанието в учебните програми за запазване на висока концентрация на възприятието на обучаемите. Разгледано е прилагането му в трите форми, теоретични лекции, лабораторни

упражнения и изпити, като се запазва основната цел, подготовката на креативно мислещи инженерни кадри.

II. ИНЖЕНЕРНО ОБРАЗОВАНИЕ (ДИСТАНЦИОННО ЛЕКЦИОННО ОБУЧЕНИЕ)

Дефинирането на инженерното образование е твърде сложно, но резюмирано може да се запише като стабилната основа нужна на всяко общество, което търси успех в бъдещето. То подготвя целия спектър на креативно мислещи хора творци, изпълнители, организатори и всички необходими кадри за нормално, а защо не и изпреварващо развитие на дадено общество. Има различни форми на приложение, но най-масовата е присъствената, където в едно помещение се намират обучаемите и обучаващия. Тя е показала най-висок ефект на въздействие и за това се е утвърдила повсеместно. Вследствие на новите здравословни условия, наложени от Covid19 утвърдиха дистанционното обучение, като необходимо и приложимо. Въсъщност, дистанционното обучение не заменя напълно класическото с директна интеракция, в класни стаи. То се оказва приложимо в съвременното технологично развито общество, напълно използваемо е и най-вероятно ще продължи развитието си, където присъственото не е приложимо или не е достатъчно ефективно.

Четвъртата индустриална революция, водеща в прилагането на най-нови технологии, се оказва в точното време и място за въвеждане на дистанционното обучение, като средство за бързо и повсеместно прилагане, с цел да не се спира образователния процес в екстремни ситуации [3,4,5].

Докато преди пандемията за дистанционното обучение се разработваха методики, технологични средства и се търсеха области за ефективно приложение, сега масово по света се обучават пред дигиталният екран на домашния компютър, таблет или смартфон. Въсъщност, обучението е комплексен процес съдържаш много чувства, дейности и изрази. Откровено приетите и наложени с времето процеси са обучение на групи от хора е чрез класическото, обучаващ и обучаеми в класна стая с постоянната интеракция между двете страни. Изведнъж този процес беше разкъсан от разстояние вид визуалност и виртуалност. Все пак процеса на образование не спря. Въпроса е, дали тази форма позволява на обучаващите, да преподават целия

необходим теоретичен материал и дали се запазват познатите форми подсигуриращи необходимите знания на обучаемите? Нещо повреди ли се, нещо подобри ли се, чувствата и отношенията запазиха ли се, или се промениха? Най-важното, дали ефективността на процеса на образование пострада, или се запази? Тук няма да се намерят точните отговори, но важното е да се зададат и потърсят.

За да се приближи до присъственото, трябва да се разгледа самият процес на дистанционното обучение. Запазвайки утвърдените учебните планове и програми, е нужна обществена и лична преоценка на съдържанието, с оглед освобождаване от ненужния баласт, който затруднява концентрираното възприятие. Очевидно е, че при присъственото обучение са налице средства и условия за поддържане на по-дълго време вниманието на обучаемите по преподавания материал. Това касае най-напред в теоретичния лекционен материал, като се определят, кои са съществените моменти за затвърдяване на знанията и придобиване на умения, и навици в лабораторните упражнения, разбира се и контрол на постиженията чрез изпит. Всъщност, целта е да се запазят качествата на присъственото образование, при прилагане на дистанционното.

Освен прецизиране на съдържанието, съществен момент на процеса се явява изборът на подходяща платформа за дистанционно обучение. От множеството платформи в интернет, няколко се наложиха, като най-удобни за използване. Сред най-често срещаните са: Skype, Microsoft Time, Gustie Google и ZOOM. За тяхното прилагане и социално използване има много познавателен и обяснителен материал. В тази статия се разглежда положителното и отрицателното от най-използваната в системите на обучение платформа, ZOOM (Фиг.1)[6].

Тази платформа беше наложена насилствено поради липса на изход, бързо настоятелно и директно. При въвеждането и, и двете страни, обучаващи и обучавани изпаднаха в първоначален шок. Липсата на ясна, точна последователност на използването, време за проби и настройване произведоха началния конфликт. В интерес на истината, платформата се оказа много приятелски настроена и влезе в бърза експлоатация. Разбира се, имаше създадени условия за това въведение. И двете страни на процеса вече разполагаха с необходимата техника, добре позната и ползвана. Много бързо преподавателите започнаха да се настройват към новите изисквания, преподаване пред камера, разговор със студенти, които не виждат, обяснения на неясните визуализации и други. Промениха презентациите си, така че да станат по ясни гледани от екрана на компютъра. Научиха се да ползват слушалки и микрофон. Неусетно се превърнаха в подобие на телевизионно или интернет предаване и се организираха да не правят груби грешки, при излъчване, и да се съобразяват с това, което се вижда и чува отсреща.

Разбира се, не всичко се организира лесно. Техниката, скоростта на интернет, забавянето (delay), се оказаха непредвидими но съществени проблеми. Все пак интернет издържа на изпитанието.

Толкова много клиенти работещи едновременно и почти без прекъсване, е много голям успех на фирмите и техниката подсигуриращи линиите за дистанционно прехвърляне на информация.



Фиг.1. Социална платформа за дистанционно обучение ZOOM

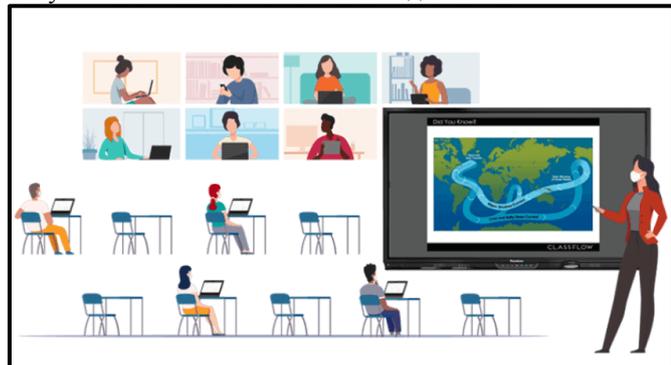
Особеностите на платформата беше разучена до подробности и приложена със самочувствие от обучаващият персонал, от поддържащата го администрация, и не на последно място от службите за технологично обслужване. Интересен ефект се получи със студентите (обучаемите). Въпреки, че те като поколение Милениум и Z, са много по бързо ориентирани се в технологичните новости, изостанаха на една крачка след преподавателите. Рязката промяна на вида на преподаване, не пълното техническо подсигуриране, или някой социални причини, попречиха на част от студентите да се ориентират в новата обстановка, за съжаление някой и до сега, година след прилагането на платформата повсеместно, все още изглеждат не достатъчно ориентирани. Разбира се по-голямата част от студентите се организираха много бързо и започнаха да събират плодовете на нововъведенията.

В общи линии с малки затруднения тук, там, кратка промяна на вида на предлагания материал и намиране на нови форми за интеракция между студенти, и преподаватели, теоретичният материал намери своето място в новата платформа за обучение. Дори се разви. Появи се хибридно обучение (Фиг.2). Бяха създадени удобни за преподаване по ZOOM условия в класните стаи, така че преподавателя преподава при класическите условия ползвайки дъската за писане и обяснение и другите приспособления, като излъчва лекцията дистанционно за всички студенти от курса. Тези студенти, които искат да присъстват на лекцията могат да бъдат в учебната зала и директно да контактуват с преподавателя, спазвайки здравните и хигиенни препоръки. Тук вече се появява възможността за избираемост от студента, сам да намери по-близък контакт, за да си обясни материала. Дори се създаде възможност за запис на лекциите, за да станат достъпни във времето за всички студенти.

Тази форма се оказа добра и за нови видове обучение. Успешното и прилагане се оказва подходяща за прилагане и при редовния начин на обучение за отделни

видове студенти с особен статут, като родители на малки деца и родилки, боледуващи, нежелаещи да заразят колегите си, живеещи на отдалечени места, инвалиди, дори за работещи студенти, изпратени от фирмите си със задачи в други страни.

Даде се възможност на всеки сам да реши, как да участва в процеса на обучение, за да не пропуска занятия поради социални, здравословни или други проблеми и да получи максимално възможната подготовка.



Фиг.2 Хибридно обучение на студенти едновременно в класната стая и по Online платформата

Разбира се, не трябва да се пропуска факта, че при по-слабият контакт между преподаватели и студенти се изгубва топлината и чувствителността на отношенията. Трудно се поддържа концентрацията на възприятието и за това трябва да се оптимизира съдържанието и начина на поднасяне на материала, методиката на обучение. Виртуализацията му измества точността на обяснение и приемане (разбиране). От една страна, е възприемането и асимилацията на обучавания материал и от друга, върното приемане на всичко, което се предоставя. За изглаждане на тези проблеми е нужно доста търпение и дълъг период от време, в който трябва да се изгради нова култура на взаимоотношения между преподавател, студент, административен чиновник, технически персонал, управление.

III. ДИСТАНЦИОННИ ЛАБОРАТОРНИ УПРАЖНЕНИЯ

Докато преподаването на лекционния материал не задължава присъствието на студентите в клас, то при лабораторните упражнения изискването за работа със специфично оборудване променя условията на дистанционното обучение. Как да се постъпи, така че в условията на пандемия, да се проведат лабораторните занятия с живото присъствие на студентите?

Тази задача създава предизвикателство, както пред преподавателския състав в лабораториите, така и пред административното ръководство на учебното заведение, задължено да изпълни здравните условия поставени от по-висшето управленско тяло. Въведените ограничения на броя студенти в лаборатория (Фиг.3), изисквания за самостоятелно изпълнение на опитите, максимум (според спецификата на лабораторните упражнения) по двойки, задължителното спазване на хигиенните изисквания, ползването през цялото занятие на маски и латексови ръкавици, ограниченото движение в лабораториите, забраната на контакти между студентите по време на занятията.

Въвежда се и допълнителни изисквания като, почистване преди и след занятието на работното място с помощта на дезинфекционни салфетки, неколкотократно почистване на ръцете с дезинфектант през учебния процес, постоянно отворен прозорец или врата на лабораторията, не-комуникиране с оборудване в лабораторията не свързано конкретния експеримент.



Фиг.3. Индивидуално лабораторно обучение на всеки студент самостоятелно в учебна лаборатория

Бяха предприети някои полу-успешни форми, като разделяне на двойката студенти, като единия от тях е в лабораторията а другия у дома. Връзката се осъществява по ZOOM между студентите, като заедно организират и провеждат упражнението, а този който е в лабораторията го изпълнява физически с оборудването. За следващото занятие студентите от тази двойка се разменят. Така се създадоха условия за полуизпълнение на лабораторните упражнения от студентите. Ограниченията от отдалечеността на двойката направиха задачите по-трудоемки и времеотнемачи. Разбира се, тази форма успешно намери приложение в ситуацията, когато единия от студентите се намира в карантина но може да участва в специфично упражнение без да го пропуска.

Новите изисквания за лабораторни упражнения дадоха предпоставки за фирмите производители на лабораторно оборудване и софтуер за разработване на повече стимулационни програми, и учебни версии за инсталиране на личните компютри на студентите.

Тук се появява едно ново условие, на което не се е обръщало внимание до затварянето на учебните заведения заради пандемията. Става въпрос за ползването на личното оборудване, за учебен процес наложен от висшето училище. Това оборудване не е застраховано и не се поема амортизацията и поддръжката му от учебното заведение. Неминуемо един ден това ще създаде конфликт, ако не бъде уреден по надлежен начин от управленческите органи.

Извънредните динамични затваряния на учебните заведения, наложени от управленския държавен апарат също създава конфликтно-некоректна ситуация за студентите изпълнили част от лабораторните упражнения и прекъснати по време на семестъра. За да завършат семестъра по дадена специалност, студентите се принуждават да изпълнят незавършените лаборатории през изпитната сесия или през следващият семестър,

като това се отразява на качеството на работа и закъсняване на оценяването на положения труд в занятията.

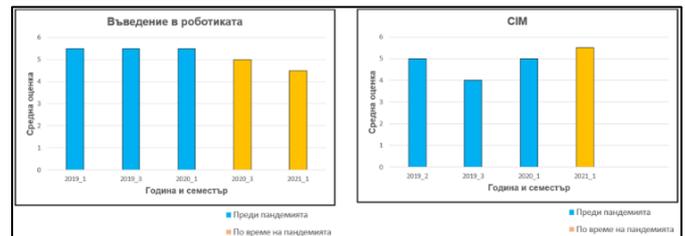
Все пак, екстремните условия в които бяха поставени учебните заведения задължиха ръководствата им, да потърсят по-гъвкави форми за провеждане на лабораторните занятия, с повишени хигиенни изисквания и въвеждане на формите на лаборатории по методиката „Project Engineering“ с подsigуряване на оборудване, което може да се предостави на студентите да се упражняват и реализират проекти в или от домашни условия (дистанционно).

IV. Дистанционни изпити

За разлика от лекциите и лабораторните упражнения, изпитите изискаха други съвсем различни условия. Те бяха засилени от повсеместната липса на опит и отговорност, на вземане на решения. Ненужното изчакване на развитието на събитията с продължителността на пандемията и ограниченията за ползване на учебните заведения за изпълнение на изпитна сесия, само изостриха изпълнението на тази важна за висшето образование процедура. Това беше подсилено от липсата на съгласувано управленческо решение и на опит за реагиране в подобни стечения на обстоятелства. Какво се има предвид?

Във всички учебни заведения по света има почти еднакъв метод на провеждане на изпитната сесия, наложена от опита на поколения при полагане на изпити. Почти никой преди пандемията не е предлагал нови коренно, различни форми на изпит, пък и много трудно е да се прекратят установени и успешни методи, доказали своята ефективност. Разбира се, като всяка интелигентна система, методиката на изпитните сесии има известно развитие. Например, преминаване от директно (диалогово) изпитване на студент от преподавател, на отговаряне в изпитна тетрадка на специално подготвен за случая въпросник (Test). Въпросника може да е и по американската система с въпрос и няколко отговора, от които единия е верен. Даде се възможност за ползване на помощен материал, така наречения изпит с „отворен материал“. Изпитната тетрадка вече може да се сканира, т. е., изпита да се дигитализира и запазва в електронен вид в архива на учебното заведение. Този дигитализиран изпит преподавателя може да отвори с помощта на интернет, да провери от всяко място, и съответно да отговори на обжалвания на студентите. Все пак, тази методика приложена в почти целия свят с навлизането на XXI век, се оказа безсилна в ситуацията, да се справи с провеждане на изпита извън учебното заведение. Вместо органите управляващи висшето образование да стандартизират изпитите в единна система приложима навсякъде, те прехвърлиха отговорността на самите учебни заведения. Вследствие провеждането на изпитите стана почти хаотично. Различните форми за изпит за една и съща специалност, дадоха различни резултати и различно усещане за покриваемостта на знанията на студентите. Още по-лошо. В състояние на липса на компетентност, ръководствата на учебните заведения предоставиха на самите преподаватели да решат, как ще провеждат изпита и дали да не го заменят примерно с

курсова работа. Този хаус продължи около две изпитни сесии, и след като се видя, че пандемията и последствията от нея ще продължат, се взеха някои нови решения, за създаване на по-стройна система на изпити, но отново на ниво учебно заведение. За съжаление, централните управляващи органи се оказаха зависими от политически решения, което ги превърна в неспособни за реагиране и справяне със съществуващото положение. Например, инсталиране на камери наблюдаващи действията на студента по време на изпит, приложения инсталирани на личните компютри на студентите, за да ограничават по време на изпит, ползването на определени програми, или установяване на електронен контакт между изпитваните. Това всъщност е нарушаване на личното пространство на изпитвания. Наложил се тези динамични промени и спорни ситуации между студенти, преподаватели и управление, да се решават своевременно, което не винаги постигаше търсения успех. В края на краищата изпитите бяха проведени, резултатите отчетени и разбира се направени изводи, които станаха основа за развитието на дистанционните изпитни сесии.



Фиг.4. Резултати от положени изпити по две специалности в годините преди и по време на пандемията от Covid19

Разглеждайки провеждането на изпитите в две дисциплини, проведени година преди пандемията, по директната методика в класни стаи и през годината на затваряне, ползвайки дистанционните методи, може да се направят някои изводи. В две графики (Фиг.4) са показани резултатите по две изучавани от студенти специалности през втора и четвърта им година на обучение за бакалаври. Единия е „Въведение в роботиката (Introduction of Robotics)“, другият е „Интегрирани компютърни системи за производство (Computer Integrated Manufacturing – CIM)“. На графиките са посочени годината и семестъра на проведените изпити, като с цветен код са посочени изпитите проведени по стария метод (светло синьо) и дистанционно (оранжево). Генералният извод, е че не може точно да се определи дали има спад или растеж на усвояването на материала според положените изпити.

Докато в първата графика резултатите показват тенденция към намаляване, то във втората графиката се вижда обратното. Тази визуализация на резултатите от изпити ни връща към началото на статията, а именно лекциите. Със сигурност промяната на начина на поднасяне на учебния материал в условията на дистанционното обучение, въвеждането на хибридни методи и въвеждането на специални часове за упражняване на изпитни въпроси, са в помощ при новата методика. Все пак, липсата на директна интеракция между студент и преподавател ограничава точното

разбиране, и обясняване на изучавания материал, което проличава в изпитите.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ИЗВОДИ

Основният извод в тази статия стои зад отговора на въпроса, какво е мястото на „лесните“ технологии днес и в бъдеще? Тези технологии са известни също като „взискателни“ технологии. Те стоят в основата на технологичната еволюция [7]. Лесното и бързо ориентиране на младите поколения в технологичните новости и прилагането им почти във всичко, и ежедневно, помага да се ориентираме, и в дистанционното обучение. Новите идеи които се пробват, развиват и прилагат имат известна успеваемост в тази област. Разбира се, че трябва да се вземе предвид, че по тази тема се работи вече години и добре, че е така, защото в екстремн момент, като затваряне заради Covid19, изведнъж станаха приложими и дори наложиха своята форма и култура [8].

Ето защо, като извод трябва да се каже, че е чудесно, че новите технологии се развиват във всички производствени, икономически и социални области и трябва да се стимулира изучаването и развитието им, което да подсили възможност за бързо и сигурно прилагане. Това доказва нуждата от разработване на технологиите на Четвъртата индустриална революция и по специално виртуалните технологични модели. Така чрез системата на образование, тези нови технологии, ще намерят своето място в индустрията и другите форми на обществен живот. Новите образователни форми са

зависими от тези технологични новости и предполагат тяхното саморазвитие.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Prof. Yuval Noah Harari, “The World After Coronavirus”, Financial Times – 20.03.2020.
- [2] Richard van Hooijdonk. “De Wereld Van Morgen”, De Impact Van Technologie op Ons Leven, Wonen en Werken Bertram + de Leeuw Uitgevers, 2017, p.187-222.
- [3] Д-р. Давид Авишай, проф. Веселин Павлов, д-р. Галя Павлова, „Четвърта индустриална революция, работи и автоматизация на производството с елементи на изкуствен интелект“, юни 2017, Конференция АДП, България.
- [4] Д-р. Давид Авишай, проф. Веселин Павлов, д-р. Галя Павлова, д-р. Гай Каши, „Индустрия 4.0 - Нови качества на роботите с изкуствен интелект“, юни 2018, Конференция АДП, България.
- [5] Д-р. Давид Авишай, проф. Веселин Павлов, д-р. Галя Павлова, „Психо-технически, социални и реални достижения, и проблеми при използване на изкуствен интелект, и работи в управление на производството през Четвъртата индустриална революция“, юни 2020, Конференция АДП, България.
- [6] <https://zoom.us/>
- [7] Prof. Timothy Wu, “The Problem with Easy Technology”, The New Yorker – 21.02.2014.
- [8] Prof. Yuval Noah Harari, “Lessons from a Year of Covid”, Financial Times – 26.02.2021.

DISTANCE (ONLINE) LEARNING IN HIGHER EDUCATION, LECTURES, EXERCISE IN LABORATORY, EXAMS

David Avishay
Azriely, Academic College of Engineering
in Jerusalem, Department of Industrial
Management and Engineering,
Jerusalem, Israel.
E-mail: davishay@jce.ac.il

Veselin Pavlov
Technical university – Sofia,
Sofia, Bulgaria.
E-mail: vpavlov@tu-sofia.bg

Galia Pavlova
Technical university – Sofia,
Sofia, Bulgaria.
E-mail: racheva@tu-sofia.bg

Abstract: This article discusses the introduction of distance learning in higher engineering education. It is proposed to dose the content in the curricula to maintain a high concentration of students' perception. The main goal is to guarantee even under these conditions. training of creative thinking specialists. The thesis is also developed in hybrid training, as it is applied in the three forms, theoretical lectures, laboratory exercises and establishing the acquired knowledge through exams.

ЕКСТРЕМНИ ПАРАМЕТРИ НА МАЛКОМОДУЛНИ ЗЪБНИ ПРЕДАВКИ С АСИМЕТРИЧЕН ПРОФИЛ

Северин Хаджиев
ТУ-Габрово
Катедра „Машиностроене и
уредостроене”
Габрово, България
E-mail: severin_h@abv.bg

Генеди Цветанов
ТУ-Габрово
Катедра „Машиностроене и
уредостроене”
Габрово, България
E-mail: gencvet@tugab.bg

Цанко Караджов
ТУ-Габрово
Катедра „Машиностроене и
уредостроене”
Габрово, България
E-mail: karadjov_st@abv.bg

Резюме: В настоящият доклад са представени екстремни параметри на еволвентни цилиндрични зъбни предавки с асиметричен профил на зъбите.

Определено е условието за обръщане на посоката на движение с и без аналогия на параметрите на инструмента, което е необходимо за производството на колелата.

Авторите показват конкретни примери за геометричен синтез на малкомодулни зъбни предавки с екстремни качествени показатели.

Ключови думи: екстремни параметри, асиметричен зъбен профил

I. УВОД

Еволвентните цилиндрични зъбни предавки със симетричен профил на зъбите имат ограничения в качествените показатели на зацепването, които са наложени от еднаквостта на двата профила [1]. Тези ограничения са свързани с:

- максималния ъгъл на зацепване между съвместно работещите профили $\alpha_w \leq (\pi/4)$ [2];
- минимално възможният брой зъби, които могат да се реализират е в пряка зависимост от параметрите на инструмента, необходим за производството на колелата – при стандартен изходен контур е $z_1=z_2=7$ [3].
- максималния челен коефициент на припокриване при външно зацепване и стандартен изходен контур - $\varepsilon_\alpha < 2,0$ [4].

В специализираната литература се предлагат различни модификации на еволвентни цилиндрични зъбни предавки с оглед подобряване на качествените показатели на зацепването [5]. Затрудненията при използване на модифициран профил на зъбите са:

- изчисляване на големината на модификацията на еволвентния профил и синтезирането на изходен контур с протуберанс [2,3];
- избягване на подрязването на профила при височинна модификация на изходния контур [6];
- наличие на допълнителна интерференция между спрегнатите профили от модификацията и стесняване на безусловната област на съществуване;

- частична замяна на еволвентния профил с циклоиден при хибридни предавки и определяне на якостните показатели на зацепването [7].

При малко- и минимодулните зъбни предавки използването на посочените модификации на профила е нерентабилно, а в някои случаи и невъзможно поради следните причини и специфични изисквания:

- не се предвиждат финални обработки на колелата от предавката;
- за изработване на малко- и минимодулните зъбни колела се използва пълнопрофилна фреза или друг метод, например нишкова ерозия;
- малко – и минимодулните зъбни предавки имат ограничения по габарити;
- при изработване на колелата от дадена предавка се използват и неметални материали, като аналогията с параметрите на инструмента необходим за тяхната изработка има условен характер;
- малко- и минимодулните предавки са предимно кинематични, а не силови.

Тези причини правят невъзможно директното екстраполиране на геометричен синтез, който се използва в средно – и голямо модулните предавки в малко- и минимодулните.

С оглед получаване на малко- и минимодулни зъбни предавки с непознати до сега качествени показатели в настоящият доклад се предлага използването на асиметрия на еволвентния профил на зъбите.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

При използване на асиметричен зъбен профил не съществуват ограниченията наложени от симетрията и изборът на профилни ъгли на зацепване се извършва от следното неравенство:

$$(\alpha_w + \alpha_w^*) \leq \frac{\pi}{2}, \quad (1)$$

където α_w е профилният ъгъл на зацепване на условно работната част на профила;

α^*w – профилният ъгъл на зацепване за условно неработната част.

Определянето на двата ъгъла (α_w и α^*w) на зацепване се извършва от трансцедентна система [8]:

$$\begin{aligned} \operatorname{inv}\alpha_w + \operatorname{inv}\alpha_w^* &= \frac{2(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\alpha^*)(x_1 + x_2)}{(z_1 + z_2)} + \\ &+ \operatorname{inv}\alpha + \operatorname{inv}\alpha^* \\ \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w} &= \frac{\cos\alpha^*}{\cos\alpha_w^*} \end{aligned} \quad (2)$$

където α и α^* са профилните ъгли на инструмента, необходим за производството на колелата по метода на центроидното обхождане;

z_1 и z_2 – броят зъби на колелата 1 и 2, с асиметричен профил, изграждащи предавката;

x_1 и x_2 - коефициентите на изместване за колелата от предавката.

Зависимост (1) се явява допълнително условие, което ограничава избора на коефициенти на изместване и профилни ъгли на инструмента за реализиране на асиметричния профил, при реверсиране на посоката на движение. Зависимост (2) изразява получаването на реверсивна зъбна предавка с асиметрия, като колелата от нея се произвеждат с един инструмент.

III. ПРИМЕРИ

С помощта на зависимост (2) и спазване на допълнителното условие (1) е реализирано изследване върху малко – и минимодулни зъбни предавки със следните екстремни качествени показатели.

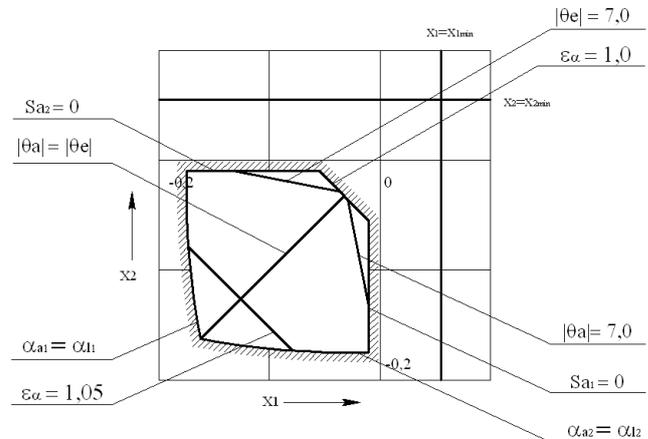
A. Минимален брой зъби

Използва се при предавки, които имат наложени ограничения в своя размер или е необходим минимален коефициент на челно припокриване. Такива предавки се използват в хидравликата – зъбни помпи и пневматиката – предавка на Рут. При тях големият коефициент на припокриване ($\epsilon\alpha > 1,1$) води до пулсация на флуида в зависимост от вискозитета. В следствие на тези пулсации се намалява ефективния обем на междузъбията, който определя капацитета на помпата [9]. По тази причина такива предавки се реализират с минимален брой зъби и коефициент на челно припокриване ($1,05 \leq \epsilon\alpha \leq 1,1$).

При използване на асиметрия на профила, броят зъби се намаля с 40 % - от минималния възможен при симетричен профил със стандартен контур $z_1=z_2=7$ на $z_1=z_2=5$. Безусловната област на съществуване е представена на фиг.1.

За първи път конкретни параметри на изходен контур за реализиране на такава предавка с пълнопрофилна фреза е предложено в [10]. Въз основа на изобразената област на съществуване е реализирана такава неревърсивна предавка с асиметричен профил на

зъбите, при изместване на изходния контур $x_1 = x_2 = -0,15$, която има челен коефициент на припокриване $\epsilon\alpha = 1,06$.



Фиг.1. Безусловна област на съществуване при асиметричен зъбен профил, с параметри на изходния контур $h^*a=0,9$; $h^*f=1$; $\alpha=40^\circ$ и $\alpha^*=30^\circ$, брой зъби $z_1=z_2=5$

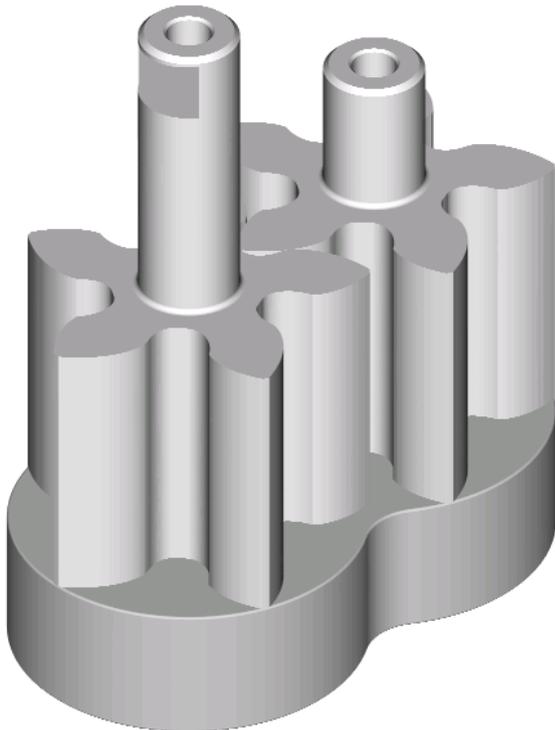
На фиг. 2 е представен Solid модел на зъбните колела от малкомодулната хидравлична помпа, реализирана с такъв инструмент.

Дебитът на такава помпа с асиметричен профил на зъбите е с 35% по – голям от дебита на помпа със симетричен профил и е определен чрез ефективната площ на междузъбията [11], без отчитане на подрязването на профилите.

B. Коефициент на челно припокриване $\epsilon\alpha > 2,0$

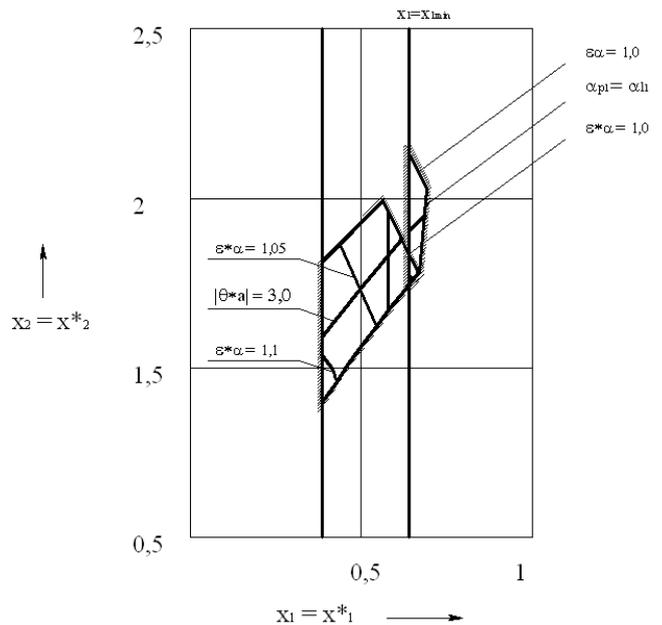
Зъбни предавки с такъв коефициент на челно припокриване имат по – плавна работа, по – малък шум и в зацепване са винаги две двойки зъби от задружно работещите колела. Намират широко приложение в уредостроенето, поради използването на неметални материали [12] и при силови предавки за намаляване на напреженията в основата на зъба [13]. Съвместната безусловна област на съществуване на такава предавка с предавателно число $u=1,2$, брой зъби $z_1=50$, метод на фрезозане с пълнопрофил и асиметрия ($\alpha=10^\circ$, $\alpha^*=40^\circ$) е представена на фиг.3 при използване на изходен контур с коефициенти на височините на зъба: $h^*a = 1,1$; $h^*f = 1,3$.

Областта на съществуване, изобразена на фиг.3, е с гарантиран коефициент на челно припокриване $\epsilon\alpha > 2,0$ за условно работната част на профила и $\epsilon^*\alpha > 1,4$ за условно неработната част, при произволен избор на независими променливи. Определящи при избора на коефициентите на изместване на инструмента при така реализираната съвместна област са качествените показатели на условно неработния профил.

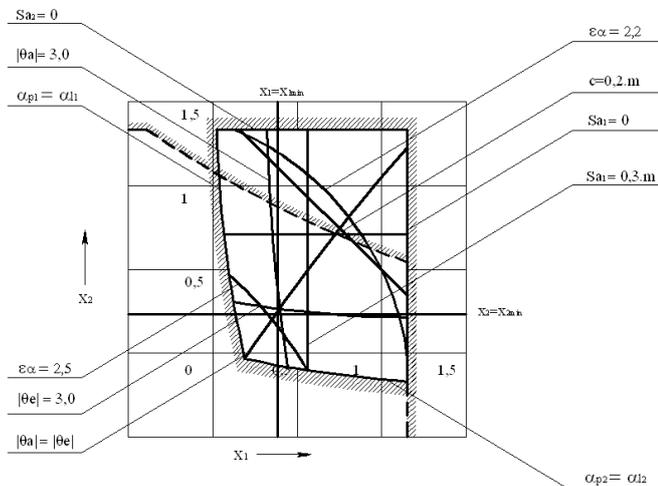


Фиг.2. Solid модел на хидравлична зъбна помпа с асиметричен профил и минимален брой зъби

стъпала при външно зацепване или увеличаване на предавателното число на едно стъпало. При използване на асиметрия на профила може да се постигне увеличаване на предавателното число на малкомодулния редуктор, като се запазва габарита на конструкцията.



Фиг.4. Съвместна безусловна област на съществуване при асиметричен зъбен профил с параметри на изходния контур $h^*a=0,8$; $h^*f=1,1$; $\alpha=20^\circ$ и $\alpha^*=30^\circ$ при брой зъби на задвижващото колело $z1=5$



Фиг.3. Съвместна безусловна област на съществуване при асиметричен зъбен профил, с профилни ъгли на инструмента $\alpha=10^\circ$ и $\alpha^*=40^\circ$

На фиг.4 и фиг.5 са представени съвместните безусловни области на съществуване при асиметричен зъбен профил и предавателно число $u = 10$.

При избор на независими променливи от съвместните безусловни области, предавките са с гарантиран коефициент на челно припокриване за двете страни на профила $\epsilon\alpha$ и $\epsilon^*\alpha > 1,0$.

От фиг. 4 и 5 се установява, че едва при брой на зъбите $z1=6$ на задвижващото колело, съвместната безусловна област на съществуване позволява синтез на реверсивна зъбна предавка с асиметричен профил, която да удовлетворява $\epsilon^*\alpha > 1,05$.

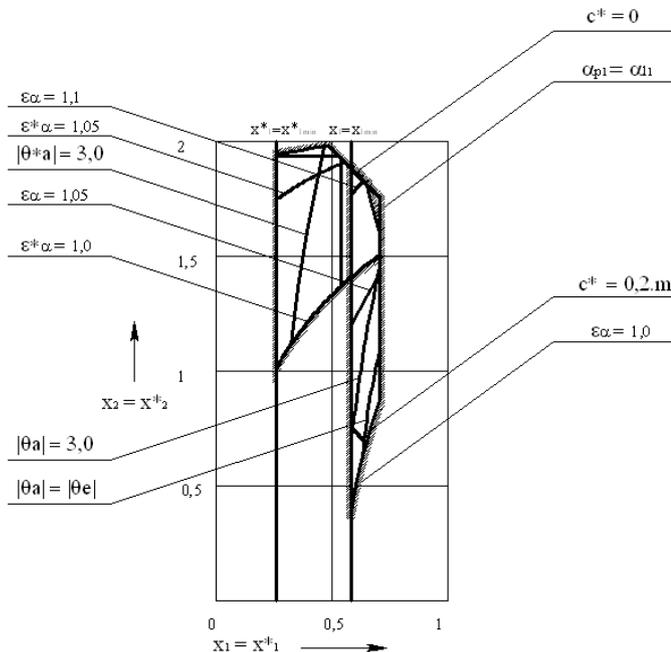
Изследването на безусловните области на съществуване при асиметричен профил и външно зацепване е установена следната обща закономерност: при нарастване на стойността на единия от ъглите на зацепване, стойността на другия също нараства, независимо от неговата начална стойност. Следователно асиметричният зъбен профил се характеризира: с пониски коефициенти на челно припокриване при нарастване на единия от ъглите на зацепване и с повисоки при намаляване на единия от ъглите на зацепване (респ. на изходния контур) в сравнение с изходния симетричен зъбен профил.

Това предполага наличието на допълнителни явления в зацепването, които определят неговата

С. Предавателно число $u > 6$

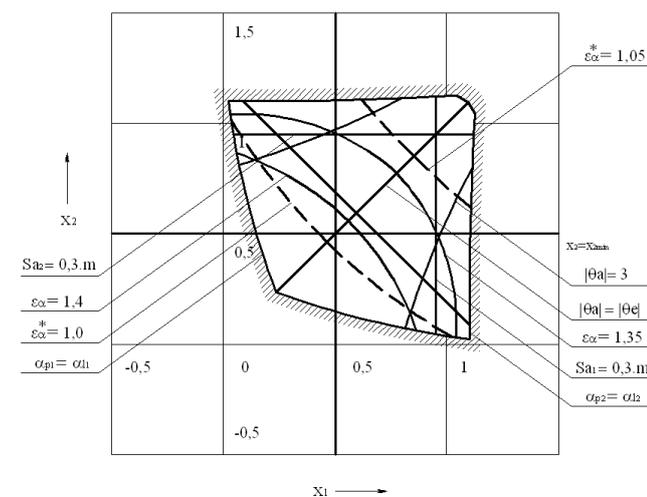
При малкомодулните многостъпални зъбни предавки се използва голяма редуция на ъгловата скорост – до 104 [14,15], която може да се постигне с голям на брой

специфичност и практическа неограниченост, като напр. наличието на ефект на самоспиране.

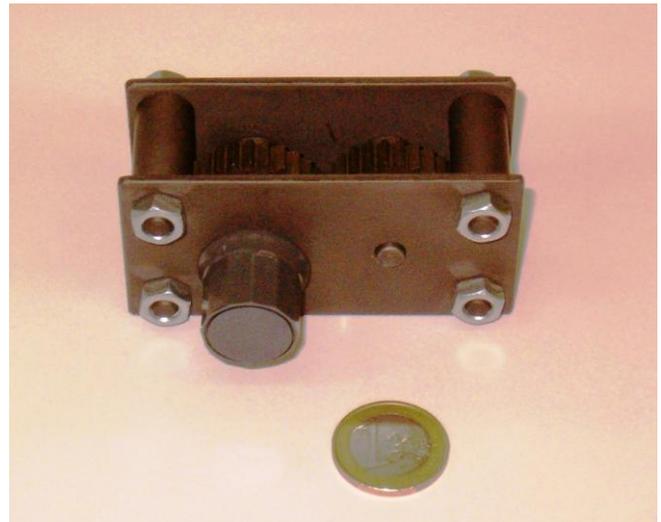


Фиг.5. Съвместна безусловна област на съществуване при асиметричен зъбен профил с параметри на изходния контур $h^*a=0,8$; $h^*f=1,1$; $\alpha=20^\circ$ и $\alpha^*=30^\circ$ при брой зъби на задвижващото колело $z1=6$

Такава зъбна предавка с асиметричен профил е проектирана по класическия подход, но поради екстремните ъгли на инструмента от гребенен тип, е използван метод на нишковата ерозия за производството на колелата от предавката с дебелина на нишката 0,2 mm в завод „Арсенал” АД- Казанлък [9].



Фиг.6. Безусловна област на съществуване на зъбна предавка с ефект на самоспиране



Фиг.7. Зъбна предавка с асиметричен профил на зъбите и ефект на самоспиране

При тази предавка с външно зацепване е постигнат ефект на самоспиране при ъгъл на зацепване $\alpha^*w=48,23^\circ$ (фиг.6 и 7), който не може да се постигне със симетричен профил. Това ограничение за първи път е установено от проф. В. А. Гавриленко, който препоръчва профилните ъгли на изходните симетрични контури да се определят от $\alpha \leq 35^\circ$.

IV. ИЗВОДИ

- Използването на асиметрия на профила при еволвентни цилиндрични зъбни предавки позволява геометричен синтез и реализация на малко- и минимодулни зъбни предавки с пълнопрофилна фреза, като са постигнати непознати до сега качествени показатели на зацепването.
- Асиметрията на еволвентния профил позволява синтез на предавки с екстремни показатели - минимален брой зъби - $z1=z2=5$, коефициент на челно припокриване - $\varepsilon\alpha > 2,0$ и голямо предавателно число - $u > 6$, които не могат да бъдат реализирани със симетричен профил при същите качествени показатели.
- Оценката на качествените показатели на зъбното зацепване при разгледаните екстремни предавки с асиметричен профил е извършено при изпълнено условие за реверсиране на посоката на движение.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вулгаков Э. Б. Зубчатые передачи с улучшенными свойствами – Обобщенная теория и проектирование, М., “Машиностроение” – 1974.
- [2] Вулгаков Э. Б. Теория эвольвентных зубчатых передач, М., “Машиностроение” – 1995.

- [3] Справочник по геометрическому расчету эвольвентных зубчатых и червячных передач – под ред. И. А. Болотовского, М., “Машиностроение” – 1986.
- [4] Болотовский И. А. и др. Цилиндрические эвольвентные зубчатые передачи внешнего зацепления – Расчет геометрии . “Машиностроение” – 1974.
- [5] Сухоруков Ю. Н. Модификация эвольвентных зубчатых колес, К., Техника – 1992г.
- [6] Гавриленко В. А. Основы теории эвольвентной зубчатой передачи, М., 1969.
- [7] Helmut H., Müller Heinrich Komplementäre und hybride Flanken von Getriebe – Zahnradpaaren per Computer – Programm entwickeln, Maschinenmark. – 1989.
- [8] Цветанов Г. Ц. Автореферат за образователна и научна степен “Доктор” на тема: Изследване на малкомодулни зъбни предавки с асиметричен профил, Габрово 2004.
- [9] Чиняев И. А. Роторные насосы ,”Машиностроение” Ленинград - 1969.
- [10] Simeonov Sv., G. Tsvetanov Study of the spheres of existence in an asymmetric profile at a minimum number of teeth, Varna – 2004.
- [11] Охендушко К. Зъбни колела, т.1 Конструкция . “Техника” – 1982.
- [12] Симеонов С. и др. Платмассовые зубчатые колеса в передачах точного приборостроение. “Наука і техніка” – 1993.
- [13] Заблонский К. И. Зубчатые передачи – Распределение нагрузки в зацеплении. Киев “Техніка” –1977.
- [14] Илиев И.К. Основы на проектирането на уреди. Габрово-1988.
- [15] Krause W., Zahnradgetriebe für Mikromotoren, 31 Intern. Wiss. Koll. TU – Ilmenau 1986.

EXTREME PARAMETERS OF PRECISION GEARS WITH ASYMMETRIC PROFILE

Severin Hadjiev
dept. Mechanical and Precision
Ingeneering
Technical University of Gabrovo
Gabrovo, Bulgaria
E-mail: severin_h@abv.bg

Genadi Cvetanov
dept. Mechanical and Precision
Ingeneering
Technical University of Gabrovo
Gabrovo, Bulgaria
E-mail: gencvet@tugab.bg

Tsanko Karadzhev
dept. Mechanical and Precision
Ingeneering
Technical University of Gabrovo
Gabrovo, Bulgaria
E-mail: karadjov_st@abv.bg

Abstract: This report presents the extreme parameters of involute cylindrical gears with an asymmetric tooth profile. The condition for reversing the direction of movement with and without analogy of the parameters of the tool, which is necessary for the production of wheels, is determined. The authors show specific examples of geometric synthesis of low-modulus gears with extreme quality indicators.

КОНТРОЛ КИНЕМАТИЧНАТА ТОЧНОСТ НА ЗЪБНИ КОЛЕЛА С АСИМЕТРИЧЕН ПРОФИЛ НА ЗЪБИТЕ

Северин Хаджиев
 ТУ-Габрово
 Катедра „Машиностроене и
 уредостроене“
 Габрово, България
 E-mail: severin_h@abv.bg

Резюме: В доклада се разглеждат възможностите за контрол на кинематичната точност на малкомодулни зъбни козела с асиметричен профил на зъбите. Представени са експериментални резултати от измерване на кинематичната точност на зъбни козела с асиметрия на зъбния профил чрез модификация на уред БВ 5033.

Ключови думи: кинематична точност, асиметричен зъбен профил

I. УВОД

Повишаващите се изисквания към качествените и якостни показатели на зъбните козела и предавки [1], обуславя все по-честото използване на асиметричен профил на зъбите.

В литературата [2,3,4] са разгледани методите и средствата за контрол на най-широко разпространените цилиндрични зъбни козела със симетричен профил на зъбите. Остава открит въпросът за контрола на зъбни козела с асиметричен профил на зъбите.

Цел на настоящият доклад е разработване на модифициран измервателен уред за контрол на кинематичната грешка на зъбни козела, както със симетричен, така и с асиметричен профил на зъбите.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

Грешките в зъбните козела могат да бъдат разглеждани като допълнителни премествания на профилите на точен зъбен гребен, намиращ се в зацепване със зъбното колело (фиг.1). Колебанията по двете линии на зацепване предизвикват радиални ΔH и тангенциални ΔT допълнителни премествания на зъбния гребен. В общия случай на асиметричен профил на зъбите и двупрофилно зацепване те са:

$$\left| F'_{irR} \right| - k \left| F'_{irL} \right| = 2 \cdot \Delta T \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

$$k = \frac{\cos \alpha^*}{\cos \alpha} \quad (2)$$

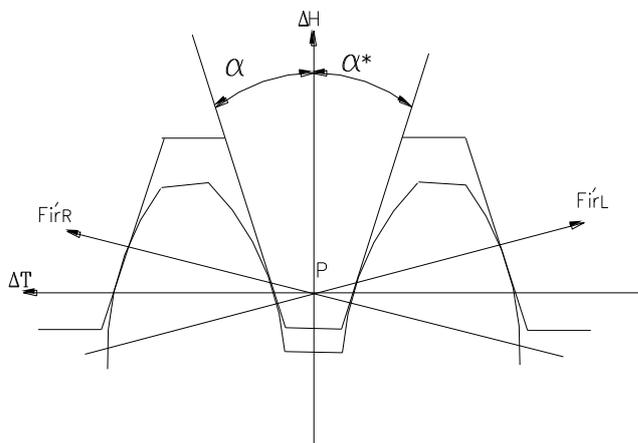
$$\Delta H = \left(\frac{\left| F'_{irR} \right|}{\sin 2\alpha^*} + \frac{\left| F'_{irL} \right|}{\sin 2\alpha} \right) \cdot k \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

Където:

α и α^* са десният и левият профилни ъгли на инструмента от гребенен тип;

F'_{irR} и F'_{irL} - кинематичната грешка, съот-ветно на десния и левия профил;

k е коефициентът на асиметрия между съставните профили на зъба.



Фиг.1. Схема на отчитане на допълнителните премествания на зъбен гребен

При почти всички уреди за двупрофилна проверка се отчита само ΔH , а ΔT се пренебрегва, като се допуска, че F'_{irR} и F'_{irL} са приблизително равни, откъдето $\Delta T \rightarrow 0$ и $\Delta T \ll \Delta H$. За зъбни козела с асиметричен профил на зъбите, подобно допускане е неоправдано. Разликата между F'_{irR} и F'_{irL} още повече се увеличава от коефициента на асиметрия k . Това налага измерването на преместванията и в двете направления, след реверсиране на посоката на движение.

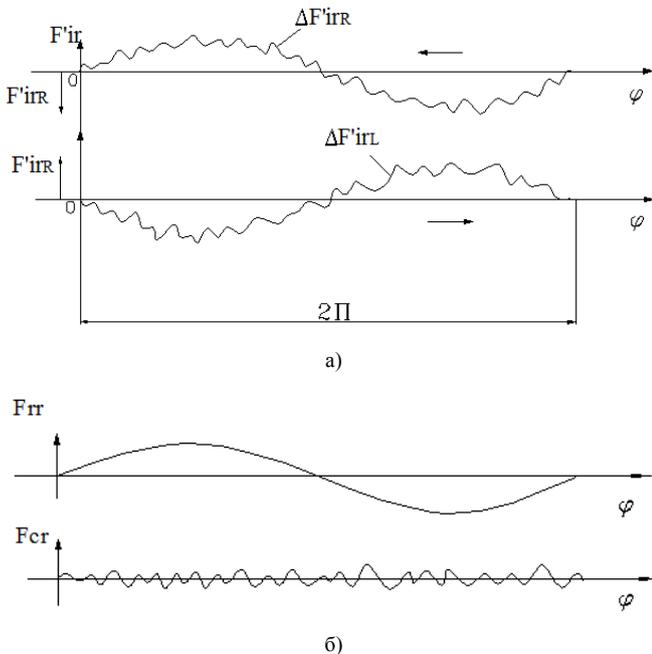
При еднопрофилна проверка на кинематичната грешка на зъбното колело тангенциалните допълнителни премествания ΔT при $\Delta H=0$ са:

$$F_{irR} = \Delta T \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

Коефициентът на асиметрия k и кинематичната грешка на левия профил F'_{irL} не оказват влияние върху резултатите от измерването. Този факт позволява

проверката на кинематичната точност за асиметричен зъбен профил да се приведе към проверка на зъбни колела със симетричен профил на зъбите.

При еднопрофилен контрол на десния и левия профил на едно зъбно колело се получава диаграмата на грешките на колелото (фиг.2а) за ъгъл на завъртане 2π .



Фиг.2. Диаграма на грешките при еднопрофилен контрол: а) по левия и десния профил; б) радиално биене F_{rr} и грешка при обвиването F_{cr}

От диаграмите могат да се получат следните показатели на точност на зъбното колело:

- кинематичната грешка на десния и левия профил F'_{irR} и F'_{irL} ;
- местната кинематична грешка по десния и левия профил f'_{ir} и f'_{il} .

Чрез анализ на хармониците (фиг.2б), също така могат да се определят:

- радиалното биене F_{rr} , представляващ хармоник с период 2π ;
- грешката при обвиването F_{cr} , която се получава при изключване на радиалното биене от кинематичната грешка.

Предлаганата възможност за практическо решение на поставения проблем се постига чрез модификация на уред за еднопрофилна проверка на зъбни колела – тип БВ 5033, предназначен за измерване на максималната кинематична грешка на зъбно колело.

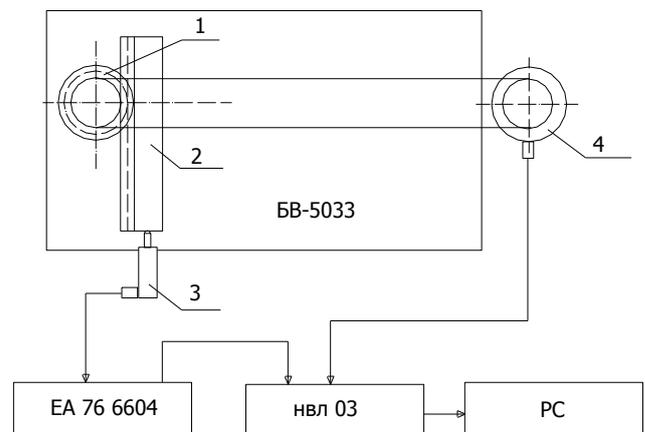
Изборът на уреда БВ 5033 се основава на простата му конструкция и задоволителна точност: $1,5 \mu\text{m}$ за зъбни колела с диаметър до 20mm и $2 \mu\text{m}$ за диаметри $20-40\text{mm}$.

Друго предимство на избрания уред е, че за еталон се използва зъбен гребен с висока точност. Изработването на гребен в сравнение с изработването на зъбно колело е значително по-технологично и е възможно постигането на по-висока точност с 2-3 порядъка.

Блоквата схема на модифицирания уред за еднопрофилна проверка на зъбни колела с асиметричен профил е показана на (фиг.3).

Измерваното зъбно колело (1) се зацепва с еталонния зъбен гребен (2). Посредством лентова предавка и фотоелектричен растров преобразувател (4) се отчита ъгъла на завъртане на измерваното зъбно колело. Механичната система за отчитане на кинематичната грешка е заменена с индуктивен датчик (3). Сигналят от индуктивния датчик постъпва в електронния анализатор (ЕА 76 6604). Аналоговият сигнал от електронния анализатор, заедно със сигнала от ФРП (4) постъпват в контролера с аналогови и цифрови входове (НВЛ 03). Чрез контролера, сигналите, носещи информация за ъгъла на завъртане на измерваното зъбно колело и стойността на кинематичната грешка, постъпват в компютър (РС) за обработка и анализи.

Еталонният зъбен гребен е със същите параметри, както на изходния контур за производство на измерваното зъбно колело.



Фиг.3 Блокова схема на модифициран уред за еднопрофилна проверка кинематичната грешка на зъбни колела

Индуктивният датчик, заедно с електронния анализатор определят много висока точност при измерването на кинематичната грешка. Обхватът на уреда е от $\pm 250 \mu\text{m}$ с деление $10 \mu\text{m}$, до $\pm 2,5 \mu\text{m}$ с деление $0,1 \mu\text{m}$. Сигналят от електронния анализатор е аналогов $\pm 5\text{V}$, независимо от избрания обхват, което улеснява съгласуването му с контролера.

Допълнително монтираният фотоелектричен растров преобразувател към БВ 5033 позволява изобразяването на характеристиката на кинематичната грешка на измерваното зъбно колело във функция на ъгъла на завъртане.

Контролерът с аналогови и цифрови входове (НВЛ 03) служи за съгласуване на изходния аналогов сигнал от анализатора и изходния цифров сигнал от ФРП със стандартен вход на компютъра.

В компютъра се осъществява запис на данните и последващата им обработка, като значително се редуцира субективният фактор. Контролът на кинематичната грешка може да се извърши чрез удобен формат, във вид на таблици и/или графики, на екрана на компютъра или друг удобен носител. С помощта на софтуер е възможно създаването на база данни, необходими за изследвания на кинематичната точност на зъбните колела с асиметричен профил на зъбите, както и анализ на тези данни.

III. Изводи

- Предложена е модификация на измервателен уред за контрол на кинематичната грешка на зъбни колела, както със симетричен, така и с асиметричен профил на зъбите, която изключва влиянието на субективни фактори при измерването.

- Модифицираният уред е с висока точност и непретенциозност към заобикалящата го среда, което го прави приложим за лабораторен и производствен контрол.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Simeonov Sv., Tsvetanov G. und Enchev St., Möglichkeit für erhöhung der tragfähigkeit von zahnradgetriebe mit kleinmodules, Ilmenau, 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium-2005.
- [2] Димитров Д. Д. Взаимозаменяемост и техни-чески измервания, София, Техника, 1977.
- [3] Наков И. Н. и др. Контрол и изпитване на цилиндрични зъбни колела и предавки, София, Техника, 1979.
- [4] Тайц Б. А. Точность и контроль зубчатых колес, Москва, Машиностроение, 1972.

CONTROL OF THE KINEMATIC ACCURACY OF GEARS WITH ASYMMETRICAL TOOTH PROFILE

Severin Hadjiev
dept. Mechanical and Precision
Ingeneering
Technical University of Gabrovo
Gabrovo, Bulgaria
E-mail: severin_h@abv.bg

Abstract: The report discusses the possibilities for controlling the kinematic accuracy of low-modulus gears with an asymmetric tooth profile. Experimental results from measuring the kinematic accuracy of gears with asymmetry of the tooth profile by modification of the device BV 5033 are presented.

МЕХАНИЧНА ОБРАБОТКА И ГРАПАВОСТ НА РАБОТНИ ВАЛОВЕ ЗА РЕВЕРСИВЕН СТАН ЗА СТУДЕНО ВАЛЦУВАНЕ

Миглена Панева
ИИКТ, БАН
София, България
E-mail: m.paneva7@gmail.com

Петър Панев
ИИКТ, БАН
София, България
E-mail: panevv@gmail.com

Резюме: В настоящата статия са описани етапите, през които преминава механичната обработка на работни валове за едноклетков реверсивен стан 700 за студено валцуване на нисковъглеродна стомана. Разгледани са видовете механична обработка - струговане и шлайфане, кога се прилагат и принцип на работа. Описано е как се избират абразивни брусове според детайла, който искаме да се обработи. Измерена е грапавостта на работните валове преди и след употребата им. Данните са посочени в табличен вид.

Ключови думи: струговане, шлайфане, работни валове, грапавост

I. ВЪВЕДЕНИЕ

При студеното валцуване на нисковъглеродна стомана най-големите консумативи са работните валци. Те се нуждаят от постоянна механична обработка, поради загладането им при продължителна работа. При нормална работа на студено валцуване се прави планова перевалка на работни валове след около 300 t преработен нисковъглероден горещо валцуван, байцван метал. При изнасянето на валовете ефективността при валцуване става минимална и дори невъзможна - получава се приплъзване на валците. Именно затова е толкова важна навременната обработка чрез шлайфане и да не се претовари валът и да се получат по-големи дефекти, а именно навари, отслоявания, спукване или орубвания. В този случай ако отслоеното парче не е прекалено голямо и дълбоко и пукнатините не са прекалено дълбоки се извършват операциите струговане и шлайфане. Тези дефекти по работните валове могат да се получат и от метал с много високи механични показатели, при скъсване на рулона по време на валцуването по различни причини и др.

II. СТРУГОВАНЕ НА РАБОТНИ ВАЛЦИ

Струговете са едни от най-старите машини, които човекът е създал и използва, за да обработва детайли. Конструкцията и начинът им на работа стоят в основата на създаването на голям процент от машините, които днес използваме в машиностроенето и металообработването [1].

Тези машини работят на принципа на ротацията, като при тях се използва завъртане на обработваната част, за да бъдат извършвани различни операции като рязане, отнемане на материал, пробиване, назъбване и т.н. [2, 3].

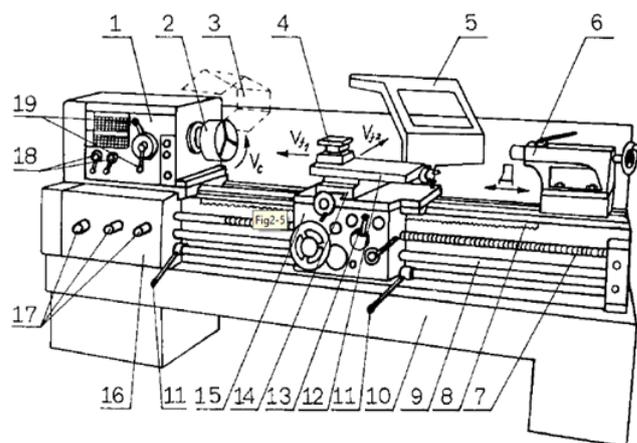
Основната задача на струговите машини е да премахнат (отнемат) материал от обработвания детайл, за да му придадат желаната форма. Стругът е машинен инструмент, който обработва детайла като го задържа

между две здрави и твърди опори, наречени патронник, центрове или лицева плоча, която се върти.

Режещият инструмент се задържа неподвижно в стойката на струга. Операциите по обработка на детайла се извършват, като към работния инструмент се подава заготовката за обработка. Работният инструмент може да изпълнява действия успоредно или под прав ъгъл спрямо оста на обработвания детайл.

A. Устройство на универсален струг

Общият вид на универсален струг [4] е показан на фиг. 1. Стругът се състои от: 1- Вретенна кутия; 2- патронник; 3- щит на патронника; 4- нождържач; 5- щит на работната зона; 6- задно седло; 7- задвижващ винт; 8- зъбен гребен; 9- задвижващ вал; 10- тяло; 11- ръчки за включване на главното движение; 12- горна шайба; 13- ръка за включване на подавателното движение; 14- напречна шайба; 15- супорт; 16- подавателна кутия; 17, 18- ръчки за регулиране на подаванията; 19- ръчки за регулиране на главното движение.)



Фиг.1. Общ вид на универсален струг

B. Използвана апаратура

Стругът, който се използва за обработка на работните валове е универсален струг С13МВ (фиг. 2).

Използваният струг е с ръчно управление по степен на автоматизация, механичен по вида на управление с въртливо движение на заготовката. Този струг е едноцелеви с патронниково закрепване на заготовката. Стругването на работните валове е надлъжно ротационно струговане - надлъжно струговане на ротационни повърхнини, чиято ос съвпада с оста на въртене на заготовката.

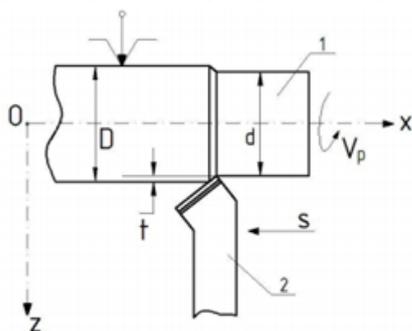


Фиг.2. Универсален струг C13MB

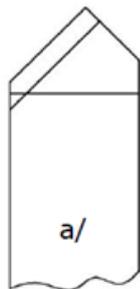
Работните валци са с диаметър 210 mm с габаритна дължина 1927 mm, допустимо кръгово отклонение 0,02 mm и грапавост $Ra - 0,4 \mu m$. След механична обработка, работният вал може да се използва до достигане на диаметър 180 mm.

С. Кинематика на процеса

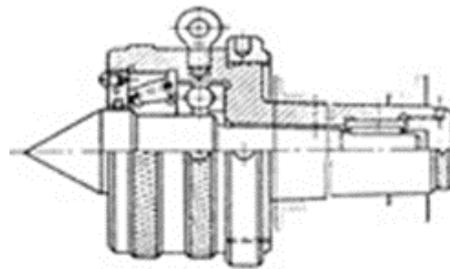
В зависимост от посоката на подавателното движение струговането се извършва с надлъжно подаване (фиг. 3) и преходен стругарски нож (фиг. 4). Материалът на ножовете на режещата част е произведен от твърдосплавни пластини - метални карбиди и метали, които се смесват в прахообразно състояние, пресоват се и се синтероват. За да се закрепят заготовките се използват приспособления (фиг. 5). Това приспособление се използва, за да се центрира обработвания метал и да се придаде въртливо движение на вретеното на обработвания детайл. Поради голямата дължина на работните валове за стан 700 - 1927 mm, се използва въртящ център, който се закрепва на задното седло на струга/ въртящ се стругарски център.



Фиг.3. Надлъжно струговане: 1-Детайл; 2-стругарски нож; d- диаметър на детайла; D- диаметър на заготовката



Фиг.4. Стругарски нож



Фиг.5. Стругарски център

D. Режимни параметри

Елементите на режима на рязане при струговане са:

- Скорост на рязане - V_p , m/min;
- Дълбочина на рязане - t , mm;
- Подаване - s , mm/об (mm/min-1)

Прието е да се избират в последователност $t \rightarrow s \rightarrow V$.

Дълбочината на рязане t при грубо струговане се избира равна на прибавката за грубо обработване z . Когато прибавката е по-голяма, обработването се извършва за i броя работни хода, така че $z_{ii} = z$.

Чистото струговане се извършва на един работен ход и дълбочина равна на прибавката за чистова обработка.

Скоростта на рязане се изчислява по формулата:

$$V_p = \frac{\pi \cdot n \cdot d}{1000}, \text{ m/min}, \quad (1)$$

Където:

n - честота на въртене на вретеното, m/min-1,

d - диаметър на детайла, mm.

За да се стругова качествено е необходимо да се спазват следните закономерности в настройката за работа:

- Скоростта на струговане оказва влияние върху качеството на обработваната повърхнина. Височината на грапавините намалява при увеличаване на скоростта на рязане. Тя също оказва влияние на производителността- при малка скорост на струговане имаме малка производителност и ниско качество на обработвания метал и обратното.
- Подаването се избира възможно най-голямо, за да се реализира висока производителност на процеса. С увеличаването на подаването се увеличава и височината на грапавините.
- Дълбочината също оказва влияние на качеството и на производителността. При голяма дълбочина на струговане имаме висока производителност, но получената повърхнина не е с високо качество. Това се дължи на увеличаването на топлинното натоварване на системата и големите сили на рязане, които се получават.

III. ШЛАЙФАНЕ НА РАБОТНИ ВАЛЦИ

След процесът на струговане следващата операция, която трябва да се извърши е шлайфането на работните валове, за да получим необходимата грапавост за валцуване, съгласно стандарт БДС EN ISO 4287:2006 [5].

Шлифоването е процес за обработване на метали, дърво, стъкло и минерали чрез триене, който се прилага за да се отстранят грапавините и да им се придаде гладкост, правилна форма и точни размери. Чрез този процес се осигурява грапавост $Ra = 1.25 - 0.4 \text{ mm}$ (в някои случаи $Ra = 0,116 - 0,08 \text{ mm}$).

Качествените показатели на машините за абразивна обработка зависят преди всичко от това с каква точност обработват повърхнините на обработваните детайли и постигнатата грапавост [6]. Шлифоването е съпроводено с отделяне на топлина и рязко покачване на температурата в мястото на рязане (до $1500 \text{ }^\circ\text{C}$). Това влошава стуржкоотделянето, режещия инструмент по-бързо се износва и влошава физико-механичните и технологичните свойства на повърхностния слой на обработвания детайл. При шлифоване се провежда интензивно охлаждане в мястото на рязане. Охлаждащите течности са специални емулсии смесени с масло (мазут, газ, олеинова киселина) или водни разтвори на някои киселини. Разходът им е до $20-80 \text{ l/min}$ [7]. При валцуването много е важно работните валове да нямат биене, за да работят правилно. Отклонението от съосност може да се зададе чрез радиалното биене. Допуските се определят по стандарт БДС EN 22768-2, показани в Таблица 1 [8].

ТАБЛИЦА 1 Допуски с общо предназначение на кръгово биене, мм

Клас на допуска	Допуск на радиално биене
H	0,1
K	0,2
L	0,5

За нуждите на производството е избран универсален кръгъл шлайф от български производител (Фиг. 6). Този шлайф е на принципа, при които обработваният детайл се върти, камъка стои неподвижен, а се мести масата, на която е закрепен.



Фиг.6. Универсален кръгъл шлайф

A. Абразивни материали за шлайфане

Това са ситнозърнести или праховидни вещества с голяма твърдост и ръбеста форма-шлифоване, заточване, полиране. Абразивните материали биват естествени - корунд и елмаз и изкуствени - карборунд, електрокорунд, боров картит. Изкуствените се получават от кварцов пясък, боксити, въглищен прах и др.

Всички материали се смилат, пресяват /според приложението на шлифовъчния инструмент/, пресоват и се изпичат [9].

Абразивните материали трябва да имат достатъчна якост в процеса на шлифоване и да бъдат износостойчиви.

Синтетичните абразивни материали имат по-добри качества и по-постоянни свойства в сравнение с природните, при които само диаманта намира приложение за някои специфични дейности (заточване и профилиране на шлифовъчни дискове, рязане и пробиване, полиране и др.).

Абразивните инструменти се избират в зависимост от качеството на материали на обработваното изделие и необходимата чистота на обработка. Колкото по-твърд е материалът, толкова по мек трябва да е абразивният диск. . Формата и размерите им зависят от вида на обработената повърхнина и от шлифовъчна машина.

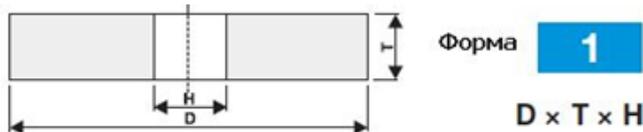
Абразивните камъни се избират по таблици, както е показано в таблица 2. Съобразява се материала, от който искаме да е изработен, структурата, едрината на зърното, типа връзка, твърдостта и скоростта, при която работи най-оптимално според параметрите на шлайфа и обработвания материал.

ТАБЛИЦА 2 Маркировъчна система на абразиви [10]

МАРКИРОВАЧНА СИСТЕМА СПЕЦИФИКАЦИЯ 49C 80 K 9 V		
Материал	Едрина на зърното	Твърдост
96A; 10A - Кафяв електрокорунд	8 - 24 - грубо	E, F, G - много мек
99BA; 99A; 89A - Бял електрокорунд	30 - 60 - средно	H, I, J, K - мек
98A; 88A - Розов електрокорунд	80 - 180 - фино	L, M, N, O - средна
48C; 1C - Черен силициев карбид	220 - 400 много фино	Q, R, S - твърд
49C; C - Зелен силициев карбид		T, U, V, W, X, Z - много твърд
98RA - Тъннорозов електрокорунд		
99SA - Микрокристален корунд		
SRNA - Смес от корунд 98A/96A		
SRTNA - Смес от корунд 98RA/96A		
58BA - Смес от корунд 98BA/96A		
3SBA - Смес от корунд 99SA/998A		
Структура	Тип връзка	Скорост
3, 4 - много затворна	V - керамична	40 м/сек - нормална
5, 6 - затворена	R - гумова	53 м/сек - завишена
7, 8 - полузатворена	B - смола	63 м/сек - висока
9, 10 - отворена	BF - смолиста армирана	
11 - 13 - пореста	Mq - магнезиева	

За шлайфането на работните валове за студено валцуване са избрани формата (Фиг.7) и спецификациите на използваните шлифовъчни камъни (фиг.8.):

- Размер
DxTxH: 500x80x203
- Спецификация
25AP60 K7V50 1950
14AF60 K9V50 1950



Фиг.7. Форма на шлифовъчен камък



Фиг.8. Шлифовъчни камъни

Избраният абразив е смес от изкуствен материал, предназначен за средна точност на грапавост с отворена и полузатворена структура, с керамична връзка и ниска твърдост, поради голямата твърдост на обработваният детайл 95÷100 HS [11] и с завишена скорост на въртене 50m/min. Диаметъра на камъка е с диаметър 500 mm. Оптималният диаметър, при който може да се използва е до 300 mm. В зависимост от интензитета на работа един шлифовъчен камък може да издържи от 6÷8 месеца.

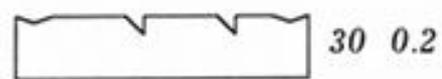
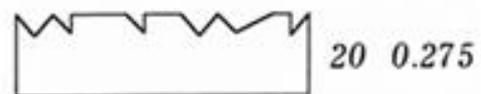
Абразивните инструменти имат свойството да се самозаточват в процеса на работа, но въпреки това те постепенно се изхабяват и е необходимо периодично допълнително да се заточват. За това заточване се използват специални диамантени моливи, стоманени ролки и др.

IV. ГРАПАВОСТ

При свръхзаглаждането абразивните камъни с бързо колебателно движение са притискани с определено налягане към повърхността, която се обработва. Това движение е съчетано със сравнително бавно въртене и възвратно-постъпателно движение на брусовете или детайла (фиг. 9).

При започване на обработката контактната площ между бруса и обработваната повърхнина е малка, което води до бързото снимане на материал от грапавините чрез микрорязане.

При увеличаване на контактната площ се отнема все по-малко материал, а брусьт и детайлът започват да работят като триеща двойка в режим на полутечно триене.



Фиг.9. Грапавост при различни скорости

V. ОПИТНИ РЕЗУЛТАТИ

Измерванията на грапавост са извършени с преносим грапавомер DIAVITE compact, 0 ÷ 19.99 μm и точност 0,01 μm, а диаметъра с електрон шублер INSIZE с обхват 0 ÷ 300 mm и точност 0,03 mm [12, 13].

При измерването на получените размери, грешките на формата и грапавостта е необходимо да се спазят следните изисквания:

1) Грапавостта често се оценява чрез сравняване на обработената повърхнина с еталон. При автоматизирането на шлифовъчните операции обаче измерването на грапавостта трябва да се извършва непрекъснато, едновременно с измерването на размерите.

2) Препоръчва се измерването да се извършва при t° около 20° C. Изменението на 1° с 5-10°С дава за стомана на 100 mm дължина разлика в измерването 0.005 - 0.001 mm. Независимо от интензивното охлаждане на зоната на шлифоване измерването се извършва достатъчно далеч от тази зона.

3) Измерването трябва да става без силно притискане на челостите на измервателния инструмент, без приплъзване по обработената повърхнина и задължително неколккратно.

След шлайфане на вала грапавостта е нормална - 0,4 μm, а след работата му на валцуване достига свръхзаглаждане - 0,042 μm, (табл. 3). След обработката на работният вал – шлайфане, диаметърът, който се отнема е в порядъка на 0,2 mm.

ТАБЛИЦА 3 ГРАПАВОСТ НА РАБОТЕН ВАЛ

	Грапавост, [µm]
Шлайфан вал	0,4
Работил вал- преработени 50 t. метал	0,15
Работил вал- преработени 250 t. метал	0,042

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При продължителна работа на работните валци за едноклетков реверсивен стан 700 се налага механична обработка, поради заглаждането им - 0,042 µm. При нормална работа на студено валцуване се прави планова перевалка на работни валове след около 300 t. преработен нисковъглероден горещо валцуван, байцван метал, като валовите се демонтират и се шлайфат на универсален кръгъл шлайф с абразивен камък 25AP60 K7V50 1950/ 14AF60 K9V50 1950 до постигане на Ra-0,4 µm. Работната повърхност на работните валове е 700 mm. Спецификациите на шлифовъчния камък са определени според твърдостта на работният вал - 95÷100 HS, който е с висока твърдост, а материала на камъка е с ниска твърдост. Шлифовъчният камък може да работи до достигане на 300 mm.

Операцията струговане на работните валци се налага, когато по различни причини са се получили големи дефекти, а именно навари, отслоявания, спукване или орубвания. Използва се универсален струг С13МВ с ръчно управление по степен на автоматизация, механичен по вида на управление с въртеливо движение на заготовката. Този струг е едноцелеви с патронниково закрепване на заготовката. Струговането на работните валове е надлъжно ротационно струговане- надлъжно струговане на ротационни повърхнини, чиято ос съвпада с оста на въртене на заготовката и с преходен стругарски нож. Поради голямата дължина на работните валове за стан 700 - 1927 mm, се използва приспособление с въртящ център, което се закрепва на задното седло на струга. След струговането до планшетност и достигането до равна повърхност се преминава към шлайфане по описаната технология.

Работните валци са с диаметър 210 mm и след механична обработка, работният вал може да се използва до достигане на диаметър 180 mm.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изследването в настоящата статия е осъществено с подкрепа по линия на средства за задочни докторанти – 2021 г., както и на Министерство на Образованието и Науката при изпълнение на национална научна програма "Млади учени и Постдокторанти" DCM #577 / 17.08.2018"

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://metalin.com/bg/pages/Kakvo-predstavlyava-protzesat-na-strugovane>
- [2] доц. Д. Неделчев, катедра ТМММ, ТУ-Варна: Тема 3. Стругови операции. Характеристики и възможности на процеса. Елементи на технологичната система, 2014. ,
- [3] Д. Георгиев, Д. Неделчев, Ст. Славов. „Технология на машиностроенето I част“.
- [4] Ан. Диков, „Технология на машиностроенето“, Година на издаване 2007; Брой на страници: 410; ISBN: 9789543340538; Издател: Софтрейд.
- [5] БДС EN ISO 4287:2006
- [6] ДИПЛОМНА РАБОТА на тема: „Устройство за повърхностна обработка на фино - механични детайли с неправилна форма“ 2008 г.
- [7] Михайлов, Вл., „Шлифоване на външни и вътрешни цилиндрични повърхнини“, 1965 г.
- [8] БДС EN 22768-2
- [9] Атанасов, Ж., „Абразивна обработка на металите“ 1979/80 г.
- [10] <https://intranlink.bg/podavaschi-abrazivi-za-bezcentrovi-shlajfove.html>
- [11] M. Paneva, N. Stoimenov, Hardness Of Working Rolls For Cold Rolling Mill, 8th International Conference, ICAT'19 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, August 26-30, E-ISBN: 978-605-68537-4-6, 2019 pp. 203-206
- [12] https://www.hahn-kolb.net/-/DIAVITE-Compact-II/5521CL04_040801020102.cgid/5521.cgid/bg/BG/EUR/
- [13] <https://www.polymeta.bg/shop/instrumenti-i-okomplektovka-za-metalorezheshhti-mashini/insize-2/shubleri/elektronen-shubler?v=461b1990fe86>

MECHANICAL TREATMENT AND ROUGHNESS OF WORKING ROLLS FOR REVERSE MILL FOR COLD ROLLING

Miglena Paneva
ICT, BAS
Sofia, Bulgaria
m.paneva7@gmail.com

Peter Panev
ICT, BAS
Sofia, Bulgaria
panevv@gmail.com

Abstract: This article describes the stages through which the machining of work rolls for single-cell reversing mill 700 for cold rolling of low carbon steel passes. The types of machining - lathing and grinding, when they are applied and the principle of operation are considered. It describes how to choose abrasive stone according to the detail we want to process. The roughness of the working rolls before and after their use was measured. The data are given in tabular form.

МЕТАЛОГРАФСКО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАВАРЕНИ ВЪЗЛИ НА ПАРОГЕНЕРАТОРИ В АТОМНИ ЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ

Петко Кънчев
Технически университет
София, България
E-mail: pmk@abv.bg

Галя Димова
Технически университет
София, България
E-mail: gtdimova@abv.bg

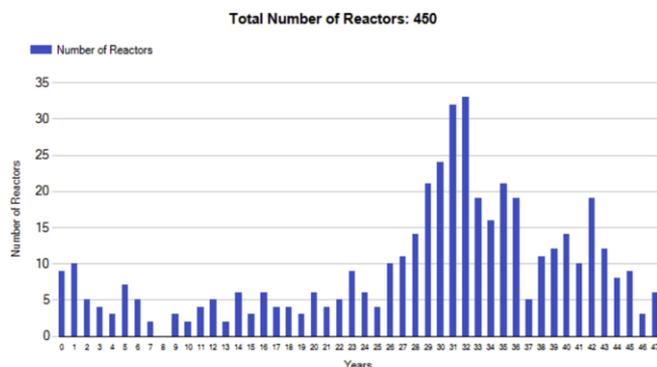
Резюме: Този доклад представя резултати от металографско изследване на заварените възли на колектори към парогенератори в няколко атомни централи. Разгледани са работните условия на обектите и механизмите на деградация на механични свойства на метала. Резултатите описват наблюденията по възникването и развитието на дефектите в метала на заварените съединения. Периодът на изследването е 30 години.

Ключови думи: атомни централи, парогенератори, металография, дефекти

I. УВОД

През първите десетилетия на XXI-ви век човечеството експлоатира много високоотговорни съоръжения, компоненти и системи, които са в края на своя проектен срок, или са в условията на продължен експлоатационен срок на атомните централи.

Продължаването на експлоатацията на съоръженията става след положителни резултати от проведени международни контролни, изпитвания, изследвания и анализи за тяхната работоспособност. Този въпрос е особено актуален за енергоблоковете в повечето атомни централи, поради високите норми и изискванията на институциите, както и очакванията на обществото за нивото на тяхната безопасна експлоатация. Към 2017 г. от всичките експлоатирани атомни централи в света, 79 са експлоатирани повече от 40 години, а други 182 са експлоатирани повече от 30 години [1], Фиг. 1.



Фиг.1. Брой на реактори / години на експлоатация

Известни са механизмите на деградация на механични свойства на изследваните метали, използвани за атомните установки [2]. Но все още не е изучен синергичния ефект от взаимодействието на многовъншни въздействащи фактори. Оказва се, че под влияние на работните условия и след 35-40 години

експлоатация в повечето използвани метали на съоръженията са налице зони с повишен потенциал за деградация и разрушаване на използваните метали.

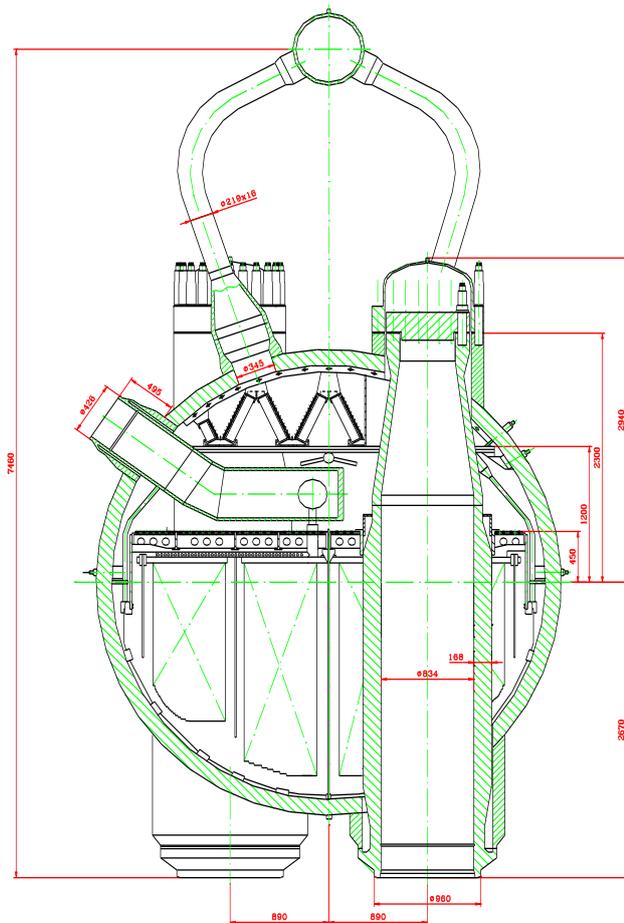
При експлоатацията на атомни централи от типа ВВЕР 1000 са констатирани структурни дефекти в някои от на заварените възли на колекторите към корпуси на парогенератори, тип ПГВ 1000М [3,4]. За такива структурни дефекти се докладва от няколко атомни централи. Необходимо е да се провеждат металографски изследвания на металите от заварените възли на паровите колектори към корпусите на парогенераторите. Изследването на металите в заварените зони се извършва периодично и в експлоатационен порядък чрез различните методи на безразрушителен контрол на метала – визуален, капиларен и ултразвуков. Фрактографски изследвания на метала се провеждат, като се извършват точни разрези на заварените възли и се изследват получените темплетни.

Изследванията на металите от заварените зони са значими, защото се получават статистически металографски данни, необходими за допускане на безопасната експлоатация на ядрения блок. При продължаване срока на експлоатация на реакторната установка е необходимо да се провеждат яостни разчети, за които се използват данни от механичните характеристики за състоянието на използваните метали.

II. ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

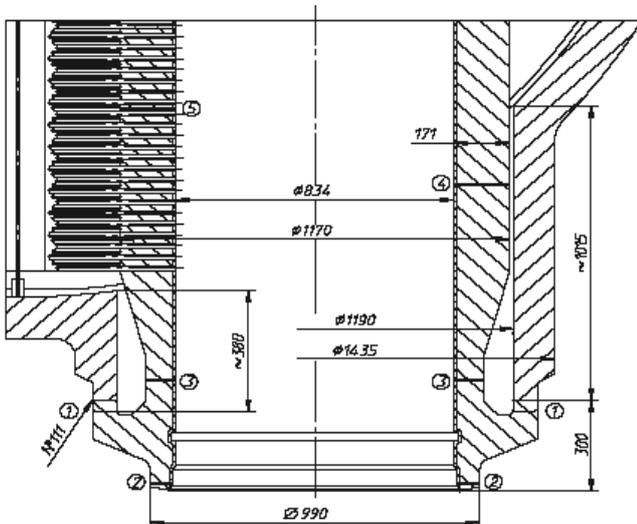
A. Конструктивна част

Парогенераторът от типа ПГВ-1000М е част от реакторна установка ВВЕР 1000 и представлява хоризонтален изпарител с потопяем U-образен тръбен сноп от топлообменни тръбички, Фиг. 2. Корпусът на парогенератора е цилиндричен съд с вътрешен диаметър 400 см, с две елиптични дъна. Цилиндричната част на корпуса на парогенератора се състои от централен пръстен и два странични пръстени. В долната част на централния пръстен са заварени два щуцера с диаметър Ду 1200 (диаметър условен) за присъединяване на колекторите на топлоносителя по първи контур („горещ“ и „студен“ щуцер/колектор). В горната част на централния пръстен са заварени два люка Ду 800 за обслужване на колекторите, също така тук са разположени 10 щуцери за отвеждане на парата, които посредством тръбопровод са съединени с паров колектор. На централния пръстен е разположен и щуцер за захранваща вода.



Фиг.2. Напречен разрез на корпус на парогенератор тип ПГВ 1000М

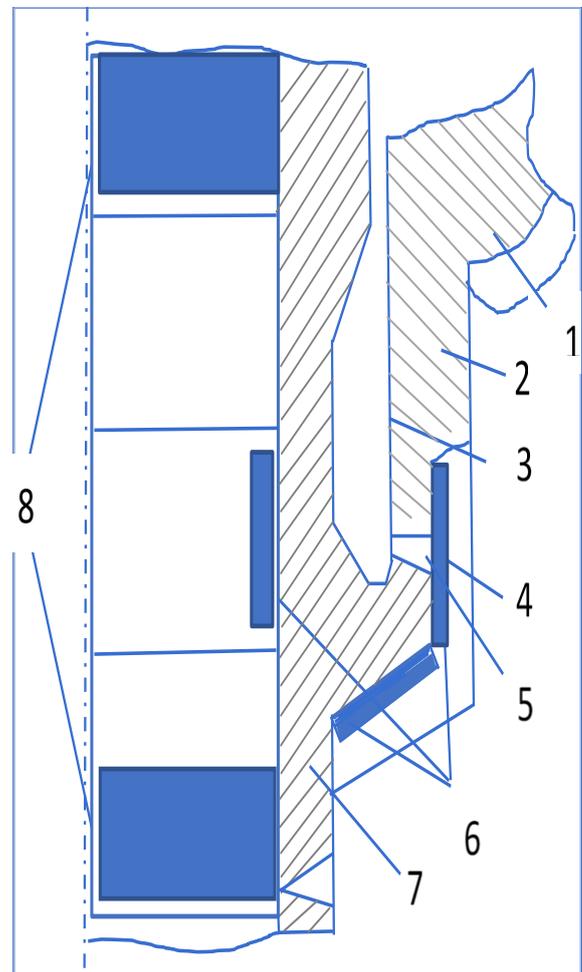
Колекторите на топлоносителя по първи контур имат еднакви устройства и представляват вертикални съдове. В долната си част тези колектори се съединяват с щуцери Ду 1200, които свързват корпуса на парогенератора и главния циркуляционен тръбопровод Ду 850, чрез който се осъществява подвеждане и отвеждане на топлоносителя, Фиг. 3.



Фиг.3. Щуцер Ду 1200 на колектор на парогенератора; 1-1 – сечение, в което са фиксирани дефекти в метала, 2-2 сечение главни циркуляционни тръбопроводи, 3-3 – сечение на колектора

Завареното съединение между колектора на парогенератора и щуцера Ду 1200 има сложна геометрия и наподобява „джоб“, Фиг. 4.

Обекта на изследването е метала на челни заварени съединения на щуцери Ду 1200 към колектори по първи контур на парогенератори ПГВ 1000М.



Фиг.4. Схема на възела на заваряване между колектора на ПГ и щуцера Ду 1200: 1 – корпуса на парогенератора с изолация, 2 - щуцер; 3 - „джоб“; 4 – топлоизолация; 5 – заваръчен шев; 6 – нагревателни елементи; 7 – колектор; 8 – топлоизолационни тапи.

В. Материали и техните технически характеристики

Колекторите на парогенераторите са вертикални съдове, присъединени чрез заваряване в долната си част към главни циркуляционни метални тръбопроводи, като чрез нисковъглеродна наплавка са заварени към щуцери Ду 1200 на корпуса. От вътрешната страна на колекторите има антикорозионна наплавка.

Детайлите са изработени от висококачествена, сложенлегирана ферито-перлитна стомана 10ГН2МФА. Заваръчният шев е изпълнен със заваръчна тел Св. 08ГСМТ, а останалата част на заварените съединения е изпълнена с електроди УНИ 13/55 за ръчно електродъгово заваряване и с тел Св-08Г2С за аргонно дъгово заваряване [4,5]. Химичният състав на материалите на заварените съединения е показан в Таблица 1.

ТАБЛИЦА 1 ХИМИЧЕН СЪСТАВ НА МАТЕРИАЛИТЕ НА ЗАВАРЕНИТЕ СЪЕДИНЕНИЯ

Елемент	Химичен състав								
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	
Щуцер Ду 1200	0,10	0,86	0,26	0,01 3	0,01 0	0,16	2,27	0,16	
Колектор	0,09	0,95	0,23	0,02	0,00 9	0,25	2,21	0,18	
Тел Св-08ГСМТ	0,05	1,31	0,66	0,00 9	0,01 1	0,03	0,20	0,03	

Механичните свойства на материалите на обекта са дадени в Таблица 2.

ТАБЛИЦА 2 МЕХАНИЧНИ СВОЙСТВА НА МАТЕРИАЛА НА ЗАВАРЕНИТЕ СЪЕДИНЕНИЯ

Елемент	Механични свойства		
	Якост на опън, R_m , [Kgf/mm ²]	Относително удължение [A, %]	Ударна жилавост, [Kg.m/cm ²]
Щуцер Ду 1200, 10ГН2МФА	600,2/593,3	25,0/25,6	2724,4 Кс V 2459,8 Кс V 2410,8 Кс V
Колектор, 10ГН2МФА	612,9/611,0	21,6/20,6	1187,0 Кс V 931,8 Кс V 1510,8 Кс V
Тел Св-08ГСМТ, Метал на шева	446,2/440,3	-	241,2 U 179,5 U 250,1 U

III. НАТОВАРВАЩИ ФАКТОРИ

A. Работни условия

Работните условия на парогенератора се определят от работата на реакторната установка в различни експлоатационни режими и състояния и са дадени в Таблица 3.

ТАБЛИЦА 3 РАБОТНИ УСЛОВИЯ НА ПАРОГЕНЕРАТОРИТЕ

Наименование на параметъра	Стойности на величините	
	Първи контур	Втори контур
Налягане от страна на топлоносителя по първи контур	15,6 МПа	-
Налягане на генерираната пара	-	6,18 МПа
Работно разчетно налягане	17,6 МПа	7,85 МПа
Налягане при хидравлични изпитания на якост	24,5 МПа	10,8 МПа
Налягане при хидравлични изпитания на плътност	17,6÷19,6 МПа	7,85÷8,6 МПа
Температура на генерираната пара	-	278,5 °C
Температура на топлоносителя на входа на парогенератора	320 °C	-
Температура на топлоносителя на изхода на парогенератора	289 °C	
Разчетна температура	350 °C	300 °C
Температура при хидравлични изпитания	70-119 °C	70 °C

Данните за термичните и структурните напрежения се вземат от якостния анализ на колектора на парогенератора [4]. Напреженията са определени чрез поляризационно-оптичен метод, Таблица 4.

ТАБЛИЦА 4 НАПРЕЖЕНИЯ НА ВЪЗЛИТЕ НА ПАРОГЕНЕРАТОРА

Вид напрежения	Стойности на величините
Местни кръгови (огъващи)	132,8 МПа
Местни меридионални	91,1 МПа
Общи меридионални	136,8 МПа
Общи огъващи	117,3 МПа

Работната среда на заварените възли е въздух, а на колекторите е флуида по първи контур на ядрения блок.

B. Механизми на деградация на механични свойства на метала

Типичните механизми на деградация на механични характеристики на метала на парогенератора са [2]:

- Корозия на материалите - корозионна умора, корозионно напукване от напрежение, локална корозия, корозионно-ерозийно износване.
- Умора на материалите.
- Термично стареене на материалите – не е характерен, но е потенциален механизъм.

IV. РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

При безразрушителният контрол на заварените съединения на щуцери Ду 1200 към колектори първи контур на парогенератори ПГВ 1000М са регистрирани фиксируеми индикации, които са предимно в корена на заваръчния шев. Това е докладвано от няколко атомни централи за техните парогенератори. В една от тези централи е проведен металографски фрактографски анализ на метала в зоната на заваряване на щуцерите към паровия колектор на парогенератор. На Фиг. 5 е показан разрез на темплет на такова заварено съединение с дефекти.



Фиг.5. Разрез на темплет на вътрешна повърхност на заварено съединение с дефекти

На темплета се виждат пореста структура в зоната на заваряване на метала и няколко дефекта с дължина над 3 mm. При фрактографическите изследвания на темплета се проявяват допълнителни концентратори на напрежение във вид на подрези, корозионни каверни, гребени от груба механична обработка [6]. Изследването е проведено за парогенератор в Нововоронежката АЕЦ - Русия, а в настоящия доклад изводите са цитирани като нагледно доказателство и обяснение за дефектността в изследваните обекти.

A. Местоположение и вид на дефектите:

В рамките на настоящето изследване са обработени получените експериментални данни от металографски изследвания на парогенератори [6]. Получените експериментални данните са от проведени многобройни визуални, капиларни и ултразвукови методи на безразрушителен контрол на изследваните заварени метали.

Наблюдаваните структурни дефекти се определят като пукнатини, нарастващи от вътрешната повърхност на щуцера в метала на шева. Получените данните показват, че зараждането на дефекти е по вътрешната повърхност на завареното съединение и основния метал в областта на радиусния преход, показан на Фиг. 5.

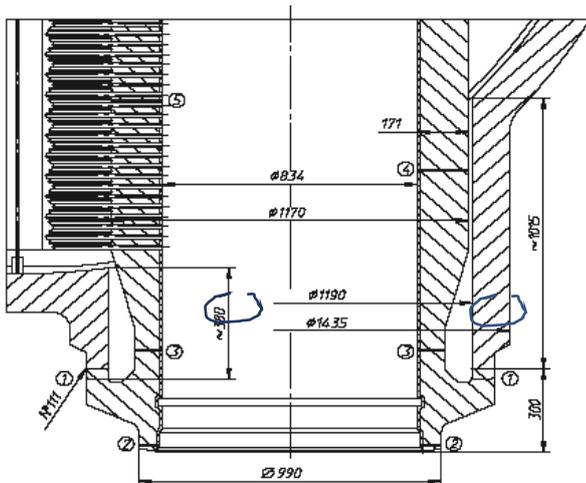


Fig.6. Щуцер Ду 1200 на колектор на парогенератора – зона на зараждане и развитие на дефектите

B. Механизми на деградация на механични свойства на метала

Първият стадий на зараждане и развитие на дефектите в корена на шева и в околошевната зона е вследствие на корозия под напрежение [6]. Понататъшното развитие на дефекта на дълбочина до 2÷3 mm е по линия на радиусния преход – условно наричаме втори стадий на развитие на дефектите. Механизмите на разрушаване на метала при втория стадий са корозионно напукване под напрежение и корозионна умора на метала.

C. Зараждане на дефекти (инкубационен период)

Инкубационният период се определя като периода от време на експлоатация на съоръжението, за което дефекта ще се развие от микро ниво до минимални

детектируеми размери - около 1 mm; тази величина зависи от чувствителността на апаратурата за изпитване и наблюдение.

В рамките на настоящето изследване са обработени експериментални данни от провеждания ултразвуков контрол на заварените съединения между колектори на парогенератори и щуцери Ду 1200 на главни циркуляционни тръбопроводи. Периодът на наблюдение и изследване е от около 30 години.

Констатира се, че инкубационният период заема около 14 години и то в най-неблагоприятния случай, Фиг. 6. Всяка вертикална синя чертичка на Фиг. 6 обозначава един дефект, детектиран и оразмерен, като дължината му е дадена на ординатната ос.

Детектируеми дефекти



Fig.7. Периоди на зараждане на дефекти в заварените съединения между колектори на парогенератори и щуцери Ду 1200 на главни циркуляционни тръбопроводи.

D. Периоди на развитие на дефекти:

Етапите на зараждане и развитие на структурните дефекти в заварените съединения между колектори на парогенератори и щуцери Ду 1200 на главни циркуляционни тръбопроводи са представени на Фиг. 7, съответно за два различни парогенератори от реакторни установки, тип ВВЕР 1000.

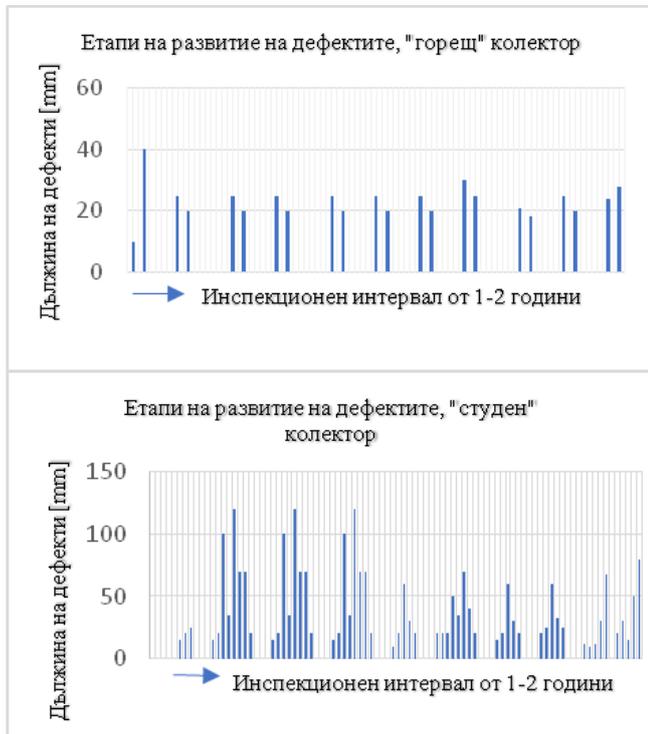
Най-строг е периодичният международен контрол за окачествяване на заварените отговорни, детайли и изделия в атомните централи, който се извършва в съответствие с разработени международни технически изисквания и условия в стандарти и отраслови нормали от висококвалифицирани специалисти.

В тази високоотговорна контролна дейност влизат: външен оглед и измерване на заваръчния шев в изделието, изпитване на плътност, металографско изследване на макроструктурата и микроструктурата в зоната на заваряване, изследване на химическия състав, механични изпитвания, изпитване на корозионна устойчивост и други характеристики.

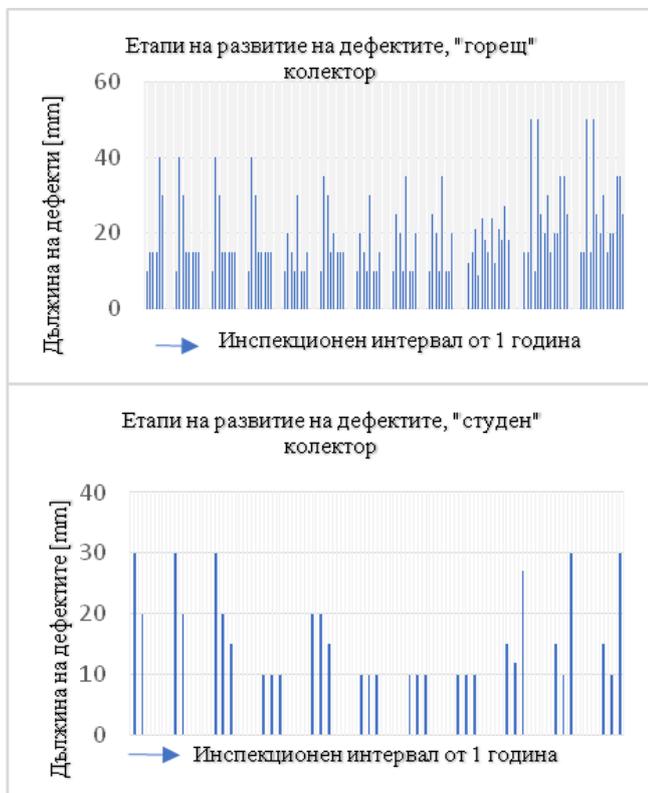
A) Парогенератор А – „горещ“ и „студен“ колектори

- Най-лош случай е да има струпване и увеличаване на броя на дефектите и нарастване на тяхната дължина, Фиг. 7 В, горе. Материалът става порест и евентуално

катастрофално разрушаване ще настъпи по причина на корозионно напукване под напрежение. Нагледен пример за това е изгледа на темплата, Фиг. 5.



в) Парогенератор В – „горещ“ и „студен“ колектори



Фиг.8. Етапи на развитие на дефекти в заварените съединения между колектори на два парогенератори (А и В) и щуцери Ду 1200

- Случаи на запазване броя на дефектите, но увеличаване на техния размер, Фиг. 7 В, долу. Налице е опасност от крехко разрушаване на материала. При процеса по продължаване срока на експлоатация на парогенератора е необходимо да се направи оценка на състоянието на метала по два критерия - съпротивление на материала на крехко разрушаване и съпротивление на метала за развитието на структурни дефекти, т.е. неговата пукнатиноустойчивост.

Важно е да се отбележи, че тези случаи се наблюдават при едни и същи условия на експлоатация на парогенераторите, съответно въздействащите натоварващи фактори са равностойни.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Докладвано е в известни научни публикации, че заварените съединения между колектори на парогенератори и щуцери Ду 1200 на главни циркуляционни тръбопроводи представляват зони с повишен потенциал на деградация на механичните характеристики и разрушаване на металите. Причините за това са изяснени и те се дължат на специфичната конструкция на заваръчния шев на метала, действащите термохидравлични напрежения и корозионно агресивната работна среда [6].

В доклада са разгледани работните условия на обектите и са оценени механизмите на деградация на механични свойства. Водещ механизъм на деградация е корозионно напукване под напрежение и корозионна умора. Настоящото изследване показва зараждането и развитието на дефектите и възможните сценарии на разрушаване на заварените метални съединения.

Тази информацията е важна от гледна точка на безопасната експлоатация на съоръженията на атомните централи, както и за анализите, необходими да бъдат проведени при продължаване на сроковете на експлоатация на парогенераторите в атомните централи.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.iaea.org/pris>
- [2] G. Dimova, Ageing Management Effectiveness for Nuclear Power Plant, Amazon.de, 2019
- [3] Консорциум Росатом - Русия, Electricite de France - Франция, Риск Инженеринг ООД - България, ОТЧ АТЕ.116/02-0836-2012 Отчет за резултатите от комплексното обследване на фактическото състояние и оценка на остатъчния ресурс на оборудването и тръбопроводите на реакторната установка на блок 5 на АЕЦ „Козлодуй“ в проектните граници на ОКБ „ХИДРОПРЕС“ АД.
- [4] ОКБ „ХИДРОПРЕС“ АД , 320.05.01.00 000 РР 06.1 Парогенератор ПГВ-1000М. Расчет прочности. Коллектор первого контура и теплообменные трубы.
- [5] ОКБ „ХИДРОПРЕС“ АД , 320.05.01.00 000 РР 06.2 Парогенератор ПГВ-1000М. Коллектор первого контура и теплообменные трубы.
- [6] С.Х.Харченко, Н.Б. Трунов, В.В.Денисов, Н.Ф.Коротаев, ФГУП ОКБ Гидропресс Анализ причин повреждения металла в зоне сварного шва, № 111 парогенераторов ПГВ-1000М,



-
- [7] [7]ЦДК.ККБР.УЗК.106-01-10/02 Квалифициране на
безразрушителния контрол в “АЕЦ КОЗЛОДУЙ” ЕАД.
Ултразвуков контрол на заварени съединения 111/Z на
парогенератори ПГВ 1000М на реактори ВВЕР-1000.

METALLOGRAPHICALLY RESEARCH RESULTS OF THE WELDS OF THE STEAM GENERATOR’S COLLECTORS IN NUCLEAR POWER PLANTS

Petko Kunchev
Technical University
Sofia, Bulgaria
E-mail: pmk@abv.bg

Galya Dimova
Technical University
Sofia, Bulgaria
E-mail: gtdimova@abv.bg

Abstract: The current report presents metallographically research results of the welds of steam generator’s collectors in Nuclear Power Plant. There was point the work conditions as well the mechanisms of the degradation of the mechanical properties of the metals. The results describe investigations on the formation as well growth of the defects. The period of research observation takes 30 years.

STUDY OF NEW TYPE LOW-FALL WATER BLADELESS TURBINES

Plamen Raykov
 Head of departemant "RaMIS"
 Institute of Robotics – BAS
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: Plamen.Raykov@abv.bg

Abstract: The article presents the main results of the studies of bladeless devices applicable for extraction of energy from low-fall waters. The main advantages of the proposed new approach to building such type conversion devices are given. On this basis, a device is designed and fluid simulations are made.. Based on these simulations the theoretical value of the expected energy efficiency of the device is presented.

Keywords: modelling, bladeless turbines, fluid research

I. INTRODUCTION

Recently, low-power bladeless turbines have attracted increasing interest with their ability to be placed in hard-to-reach places, and where the construction of conventional power plants is financially and energy-wise unjustified.

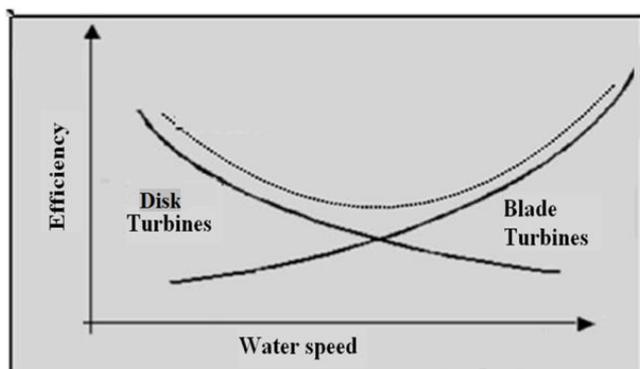


Fig. 1. Efficiency of disc and blade turbines.

Despite the many directions for creating blade-free turbines according to Epstein 2004), Carlos 2002) and other authors, their good efficiency, long working cycle, construction costs and reliability at work are paramount. Their application is in places where traditionally used turbines have low efficiency due to the insufficient speed of the water used to drive them.

Bladeless turbines provide a unique efficiency opportunity for small-scale, energy-extracting water devices for several reasons. First, the simplicity of these turbines allows them to produce cheap energy from renewable water streams on a small scale.

Another possibility is the installation in places where the water falls are from a relatively small height, such as overflows of small dams and upper reaches of rivers. Their constructive development allows them to work in highly abrasive water environments, such as the upper reaches of most rivers.

Unlike other devices, bladeless turbines rely on the viscous forces to transfer energy from the motion on a single rotor and provide a constructive opportunity to build them in small sizes. Therefore, a number of authors have devoted their research in the technology for developing such turbines for power plants ranging from 1 W to 20 kW.

Bladeless turbines would find widespread use in small dams and dams with a low water-fall. The paragraphs below examine a new type of bladeless turbine, with increased efficiency, working by using a

II. OVERVIEW OF RESEARCH IN THE FIELD OF DISC TURBINES

The first bladeless turbine was patented in 1913 by Nikola Tesla. In his patent, he claims to have created a highly efficient device allowing changes in rotor speed and direction of operation when required, i.e. these devices can operate as turbines or pumps. He has created a device for which the fluid follows its natural path with minimal interference, resulting in energy extraction at improved efficiency, at minimal cost and complexity of the device, as shown in Fig. 2.

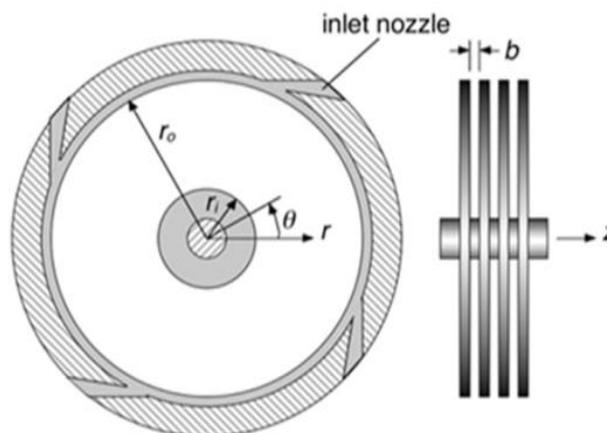


Fig. 2. Schematic representation of Tesla turbine.

According to Tesla, the working fluid enters into a chamber through the input in a direction tangentially to the package of discs and passes over the surface of the discs in the distance between them. The flow path is spiral to the centre, where there are slots axially located of the disks.

There are two main types of developments that resemble a typical Tesla turbine: the first with a set of disks located on a common shaft and the second type, elements directing fluids to the inner disks.

Flow analysis and optimal turbine design are a key element in the use of this type of turbines in the field of energy extraction.

A number of researchers have subsequently studied these turbines in an effort to improve their efficiency at work.

In 1960 Rice conducted extensive analysis and tested Tesla turbines. Rice, (1965) [1], indirectly compared the obtained experimental data, but did not describe an analytical explanation of the influence of fluid friction in its passage between disks. Breiter et al., (1962), did preliminary analysis only of pumps, and of used equations for numerically solve energy and pulse.

Smiley and Guha, (2010), and Hoya and Guha, (2009) [2], tested subsonic and supersonic nozzles in conjunction with Tesla turbines. However their analysis focused on experimental results rather than an analytical solution to increasing efficiency in designing a bladeless turbine. Vedavalli et al., (2011), tested several mW turbines, and reached up to 36 % efficiency at 2 m/sec flow with 1 cm rotor diameter.

In an one-meter model of an unenviable fluid turbine Champion E., (1996) [3] and Deam et al., (2008), analysed the flow using the energy retention equation and concluded that the maximum turbine efficiency was 40 %, despite the loss of output and thermal dissipation

Carey, (2010), offers an analytical solution in a closed form of the flow in the rotor using several idealizations, ignoring viscous transport in radial and tangential directions.

Romanin, (2012), applied Carey's solution for flow through the rotor and tested the resulting data on a 73 mm diameter turbine working with compressed air. In this study, he offered several performances with improved strategies. They were based on a combination of test data and Carey's analytical solution for flow in the rotor, including reducing the inter-disk distance, increasing the turbine's rotational speed and increasing the number of discs or reducing the mass of the flow rate per disk).

Previous analyses have suggested that the improvement of the sliding of the fluid in the rotor in this type of turbine usually improves energy and efficiency. Information obtained in latest studies shows that in the case of laminar flow, the flow of the fluid on the surface of the discs is highly dependent on the roughness and microstructure of the surface of the discs. This is also shown in the works of Kandlikar et al., (2005), Croce et al., (2008) [4]. These studies show that for the most common channels, surface roughness does not affect the movement of laminar flow in the channel. However, on the microscale channels near the surface, the physical properties begin to have significant impact acting on the input stream.

In 2005, Kandlikar et al. modified traditional Moody's surface maps with a relative roughness higher than 0.05. Croce et al. (2007) [5], uses a computational approach for roughness on a conical model and its effect on flow in micro channels.

Gamratet al., (2008), provides a detailed summary of previous studies taking into account the Hagen-Poiseuille equation for the pressure of moving fluid in micro channels.

Съхранявайте текстовата и графичната част в отделни файлове, преди да форматирате текста според шаблона. Не номерирайте, страниците на доклада, ние ще го направи вместо вас.

III. DESIGN AND FLUID SIMULATIONS OF THE TURBINE

In low-fall waters, to increase efficiency, one idea is to create a water turbine, including a set of uniform discs, on which spring elements are inserted between each of the two adjacent discs, serving to adjust the distance between the discs. Such regulation is imposed by the variable seasonal current in dams and rivers. It is shown in Fig. 4 an idea for such a turbine.

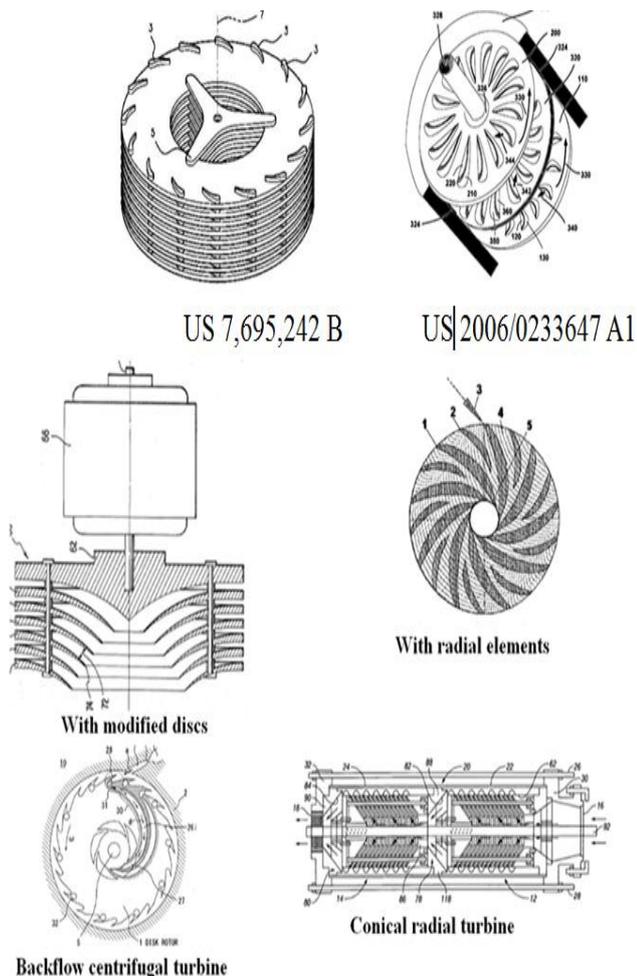


Fig. 3. Different types of disk turbines.

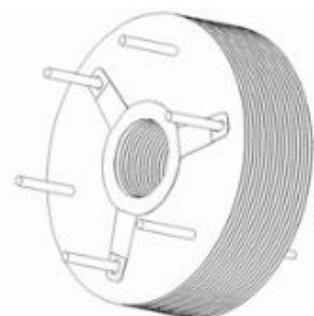


Fig. 4. Turbine with a variable gap between the disks.

Another idea is to place removable rotary-powered separating elements between discs. Thus, in this variant of a disk turbine, energy is extracted on the basis of the stickiness of the water during the passage and between two or more, sufficiently close disks, as well as the pressure of the water jet on the movable elements built between the disks. A turbine designed in this way covers the area from the Tesla idea to a centrifugal turbine.

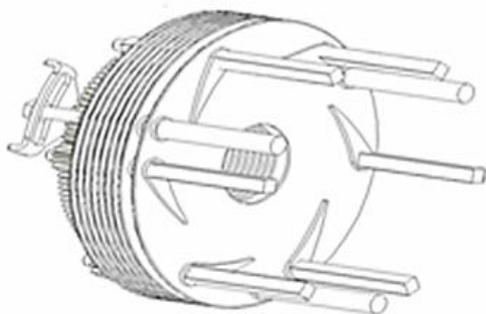


Fig. 5. Example of a turbine with rotating movable elements.

This family of turbines is designed to adjust the angle of the separation plates to the amount and speed of water flow Gersten K. (2017) [6]. These plates divide the disk into two layers: in the peripheral section of each of the disks the water is pumped and works as a centrifugal turbine, and in the inner part of the disk the stickiness of the water is used. In addition, in both types, it is possible to position a separating tube with straight or inclined slits. These slots divide the water flow into parts, using energy from hydraulic shocks on the disk package.

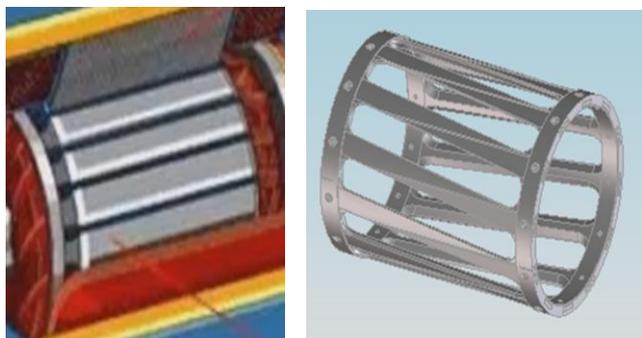


Fig. 6. Exemplary embodiments of placing a separate tube around the discs.

The turbine designed in this way can find application in the production of energy in low-fall waters, such as the waters from the spillways of most small dams and/or as a pump, for abrasive liquids.

Another idea is such a turbine to be "equipped" with an output pipe turbine, extracting the energy of the rotating motion of the output of the bladeless turbine.

Thus, the proposed ideas are united as shown in Fig. 7 (left side). An advantage of the structure thus developed is that through the inclined slits, the additional impact force on the disc set is carried out, which together with the Coanda effect leads to more efficient utilization of the energy of the water flow.

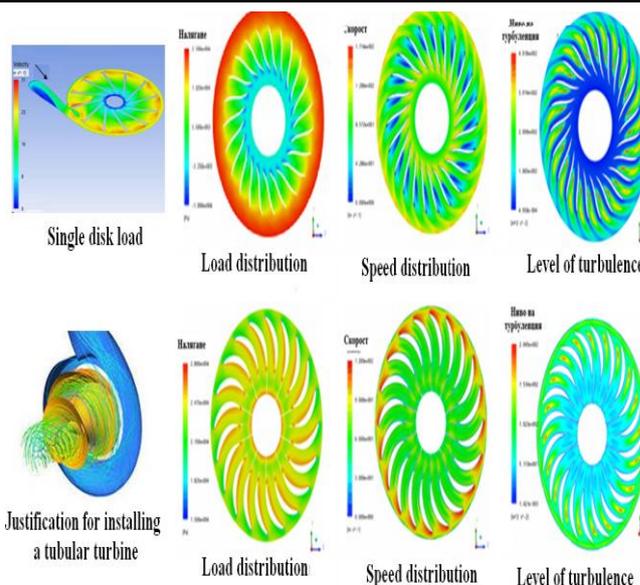


Fig. 7. Visualization of pressure, velocity and turbulence at two different plate angles between discs

In order for this technology to be successful in rural areas, turbines must be easy to service and use.

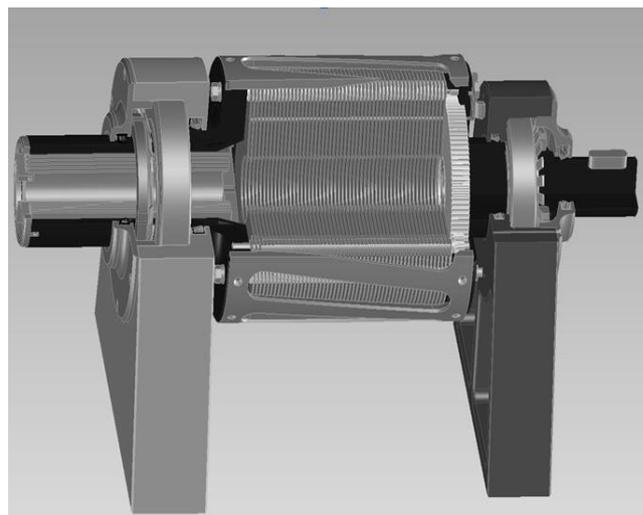


Fig. 8. Exemplary implementation of the proposed turbine.

A full-scale prototype of the devices is designed and built based on CAD design.

Initial functional tests, financed by the company ROBOS AD, as a result of this study can be seen at https://youtu.be/UWUzDfJ_umY. Some ideas for robotization of energy production process presented by Raykov P. and, E. Petrov, (2016) in "Controller with advanced capabilities for research of technical sites"

IV. CONCLUSION

Small hydropower plants are a particularly attractive alternative as a substitute for highly polluting and expensive diesel engines and can provide electricity to very remote communities around the world. Many remote communities are located close to moving water and these turbines are a promising source of clean energy.

However, there are some drawbacks that need to be taken into account before building a small hydropower system.

Bladeless converters may replace earlier systems with a diesel engine. Turbines could potentially provide several services such as water pumping for storage, livestock production, human consumption, small industry, irrigation.

In order for this technology to be successful in rural areas, bladeless turbines must be easy to service and use.

The idea is protected by two patents BG 67058 B1 / 19.08.2016 and BG 67272 B1 / 03.07.2018

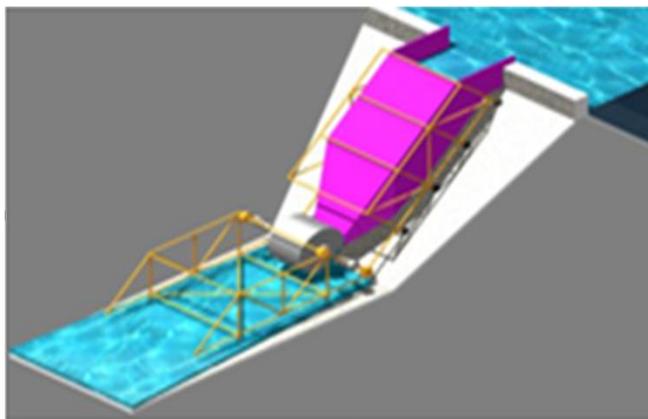


Fig. 9. Idea for a modular device, according to arch. V. Manolov.

After proper construction, the power expectations of bladeless turbines depend on the size of the turbine, which is a function of the amount of feed water and varies up to about 10 kW.

A full-scale prototype of the devices is designed and built based on CAD design.

REFERENCES

- [1]. Rice W., (1965). An Analytical and Experimental Investigation of Multiple Disk Turbines". In: Journal of Engineering for Power, pp. 29-36.
- [2]. Guha A., B. Smiley, (2010). Experiment and analysis for an improved design of the inlet and nozzle in Tesla disc turbines". In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy 224.2, pp. 261-277.
- [3]. Champion E., (1996). Les moulins à eau dans les polyptiques carolingiens d'entre Loire et Rhin L'Hydraulique monastique, Crèpays, pp.321-335.
- [4]. Kandilar and Croce G. (1992). Water resources and reservoir engineering, J. Ecological Application, Volume 11, Issue4, pp. 945-1257.
- [5]. ., P. D'agaro, C. Nonino, (2007). Three-dimensional roughness effect on microchannel heat transfer and pressure drop". International Journal of Heat and Mass Transfer, pp. 5249-5259,
- [6]. Gersten K. (2017). Boundary Layer Theory. Springer. ISBN 978-3-662-52919-5.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА НОВ ТИП ДИСКОВИ ТУРБИНИ ЗА ВОДИ С НИСЪК ПАД

Пламен Райков,
Ръководител секция "РиМИС",
Институт по Роботика – БАН,
София 1113, България
E-mail: Plamen.Raykov@abv.bg

Резюме: В статията са представени основните резултати от изследванията на безлопаткови преобразуватели, приложими за извличане на енергия от води с нисък пад. Дадени основните предимства на предложението принципно на нов подход за изграждане на този тип устройства. На тази основа е проектирано устройство, на което са направени флуидни симулации за оптимизиране. Въз основа тези симулации са изведени стойностите на очакваната енергийна ефективност на устройството.

DEVELOPMENT OF AN ADVISORY INFORMATION SYSTEM FOR FUEL ORDERING

Stanislav Dimitrov

Institute of Information and Communication Technologies
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: stanislav.dimitrov@iict.bas.bg

Ava Chikurteva

Institute of Information and Communication Technologies
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: hawa_@abv.bg

Abstract: Due to the fact that fuel costs occupy a large part of the expenditures for the farmer during the harvest. The article presents the development of a mathematical model that is part of an information system to advise the farmer to make decisions. In this case, an advisory module for fuel ordering is presented depending on the price, storage costs and the quantity ordered.

Keywords: Price-Break model, optimal price, optimal quality, Inventory, Excel

I. INTRODUCTION

Due to globalization and the creation of competition, companies have been introduced to seek solutions to improve their profitability. One way to give them an ongoing production process is to maintain inventory levels. Keep lists of goods and materials stored in the warehouse to be included in the location of the business. In this way, delays in execution or deliveries are managed and concealed, as well as shortcomings from problems in the production process are removed and achieved after customer service. Another global problem is human malnutrition and the search for solutions that produce and supply the necessary food, which creates new opportunities and opportunities for farmers. This means that farmers must become good businessmen who control the costs and income of the farm, exclude transactions and monitor deliveries. The main goal of the business is to determine and maintain optimal levels for investment in inventories. For these reasons, many companies apply different approaches to planning and managing their inventories. Inventory management can be defined as the use of scientific methods to determine the number of maintained stocks that are needed for the production process, the provision of relevant resources at a given time in the optimal amount at the best prices. By applying an inventory management application, it maintains the optimal number of inventories for the creation and smooth production and sales and production, minimizes financial resources invested in inventories of materials and increases the profitability of the company. Thus, by preparing orders at the right time from time to time to a particular supplier and receiving resources in that quantity with appropriate quality at a good price. This article presents an information system for a farmer's advice to decide on the supply of fuel during the development of a model for a discount on the price of custom fuel for a certain number.

II. DEFINE OF THE PROBLEM

Livestock when viewed as a production process can also be improved by applying one of the stock management methods. In many cases, it is part of larger agricultural production. It can be presented as a complex system with multiple financial and material input flows and multiple output flows [1]. In fig. 1 presents the main input-output flows in an agricultural farm.

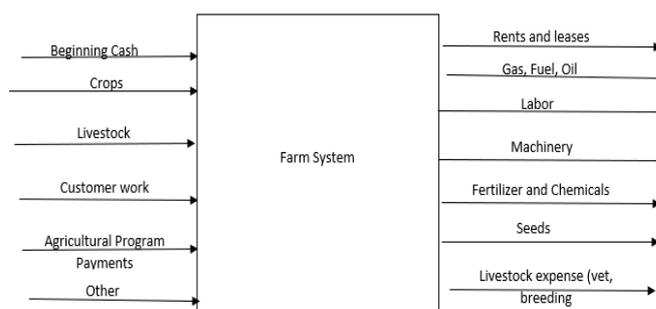


Fig. 1. Financial flows of the farm presented as a system with inputs and outputs

Livestock farming is often seen as part of a multi-feedback system that includes crop subsystem, farmer household subsystem and livestock subsystem. Figure 2 shows a technological scheme of a cow farm. Since the production of feed is an input raw material for livestock subsystem, and on the other hand fuel is a resource for which large financial costs are generated, so the article presents a specific solution to the problem is to order fuel during harvest because fuel costs are mainly cost during the production process. Therefore, the article presents the development a model for ordering fuel during harvest. In the model, which is applied for a discount in the price of fuel when ordering over a certain quantity.

III. MATHEMATICAL MODEL

The model is used to evaluate an offer to purchase fuel at a discount if the size of the order is above a certain quantity. Where q minimum amount of fuel at with price per liter, where c_1 - regular price, c_2 discounted price, y order size [2].

$$C = \begin{cases} c_1 & \text{ako } y \leq q \\ c_2 & \text{ako } y > q \end{cases} c_1 > c_2$$

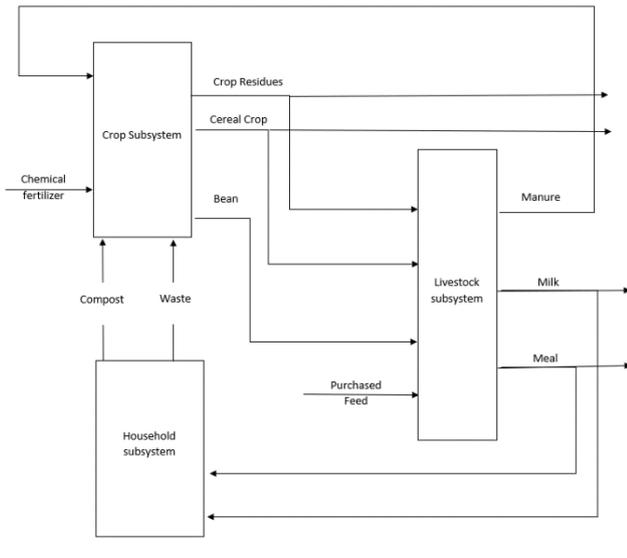


Fig. 2. Simplified scheme of the production process in a cow farm

The total cost of purchasing fuel for one period at different fuel prices is

$$TCU_1(y) = DC_1 + \frac{K}{y} + h \left(\frac{y}{2}\right), y \leq q \quad (1)$$

$$TCU_2(y) = DC_2 + \frac{K}{y} + h \left(\frac{y}{2}\right), y > q \quad (2)$$

Where D fuel used for the period, h fuel storage costs, C₁ regular price, C₂ discounted price, K delivery costs (transport and labor).

The two functions TCU₁(y) and TCU₂(y) differ only in the price per liter, therefore their minima are at point y_m.

$$y_m = \sqrt{\frac{KD}{h}} \quad (3)$$

This is the point of the function in solution space where the total cost of the order is minimal.

Determining the optimal order quantity y* depends on the minimum quantity located in the solution space at which fuel can be purchased at a discount q.

Three zones are defined in the space Zone I - [0, y_m]; Zone II [y_m, Q] and Zone III - [Q, inf]

If the value of q is in the first zone, this means that the optimal order quantity is y_m. Otherwise, an equation is solved by which there is a quantity of fuel for which it is not profitable to order fuel at a discount.

Q is found by solving an equation

$$Q^2 + \left(\frac{2(C_2D - TCU_1(y_m))}{h}\right)Q + \frac{2KD}{h} = 0 \quad (4)$$

When q falls in zones I and III the optimal quantity of the order y* is equal to y_m, and when it is in zone II the optimal quantity of the order y* is equal to q.

Keep your text and graphic files separate until after the text has been formatted and styled. Do not number text heads-the template will do that for you.

IV. SOLUTION TO A PRACTICAL PROBLEM

The real problem to be solved is the following input data of h = 0.1 BGN storage costs per liter of fuel per week, C₁ = 2.1 BGN regular fuel price 2.1, C₂ = 1.8 BGN price per liter for orders of minimum 1000 liters, S cost and for and transport and labor for transporting fuel to the warehouse BGN 70. The required fuel per day 250 D = liters, Delivery time Lead Time- 2 days, q minimum quantity at which a discount can be obtained in the price. Safety stock buffer amount of fuel in the warehouse 250 liters.

V. SOLVE THE PROBLEM WITH EXCEL

	A	B
1	Input Data	
2	h	0.01
3	Price c1	2.10
4	Price c2	1.80
5	Cost to place order S	70.00
6	Demand D	250.00
7	Lead time	2.00
8	q break quality	1000.00
9	Safety Stock	250
10		
11	Solve	
12	TC1(0-999)	547.36
13	TC2 (1000-more)	472.36
14	y _m	1565.25
15	a	1.00
16	b	-13630.50
17	c	2450000.00
18	Qopt	182.18
19	f	0.00
20		
21	Results	
22	Reorder point	750.00
23	Ordered quality	1565.25
24	Minimum Price	472.36

Fig. 3. Worksheet n Excel

The input data of the problem is entered in cells from B2 to B9. In cell B12 the value for equation 1 is calculated, ie TCU1(y) by the function = $B3*B6+(B5*B6)/B8+B2*B8/2$, in cell B13 the value for equation 2 is calculated, ie TCU2(y) by the function = $B4*B6+(B5*B6)/B8+B2*B8/2$. In cell B14, calculate the value for equation 3, ie ym. Through the obtained results in the cells the problem is solved for these input data. And it can be concluded that the minimum cost for the purchase of the required 1565.25 liters of diesel fuel for the study period is BGN 472.36. $Y_m > q$ (1565.25 > 1000) therefore the quantity to be ordered is 1565.25 liters when the amount of fuel in the warehouse reaches a level of 750 liters.

It is not necessary to calculate the Qopt value for specific input parameters. Qopt is the amount for which it is not necessary to order fuel at a discount, because it is not profitable for the farmer.

The components of Equation 4 are recorded in cells from B15 to B17. In Cell B19, the Functions of Equation 4 are calculated. The values of Q can be found by solving the quadratic equation using the Excel Solver tool.

The advisory application for which the model is built summarizes the results in the cells from B22 to B24.

In cell B22 is calculated the quantity at which a new order should be made in the warehouse Reorder Point = Demand * Lead Time + Safety Stock.

In cell B23 is calculated how much to order by checking the location of the values of ym, q and Q in solution space. The check function written in excel is

=IF(AND(B14>B8),B14,IF(AND(B8>B14),B8<B18),B8,IF(AND(B18>B14,B18<B8),B14,IF(AND(B14>B18,B14<B8),B8,IF(B14>B8,B14))))).

In cell B b24 it is checked at which point the order cost is the lowest.

VI. PRESENTATION OF RESULTS

A. Presentation of the results in tabular form

TABLE I. TOTAL COST FOR ORDER

Quality	TCU_price 2.1	TCU_price 1.8	Price_with price break	ym	q	Qopt
100	700.71	625.71	700.71			
182.2	622.36	547.36	622.36			622.36
500.0	563.57	488.57	563.57			
900.0	550.87	475.87	550.87			
1000.0	549.64	474.64	474.64		474.64	
1300.0	547.75	472.75	472.75			
1565.2	547.36	472.36	472.36	472.36		
1700.0	547.44	472.44	472.44			
2100.0	548.33	473.33	473.33			
2500.0	549.86	474.86	474.86			

The table shows that the smallest for the cost of the order when ordering a quantity of 1565.2 liters.

B. Graphical presentation of the results

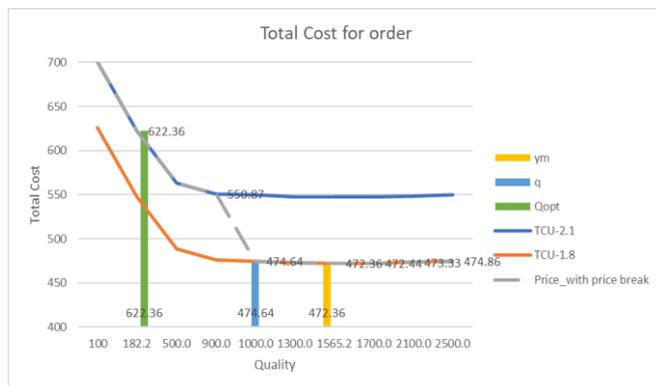


Fig. 4. Total Cost for order

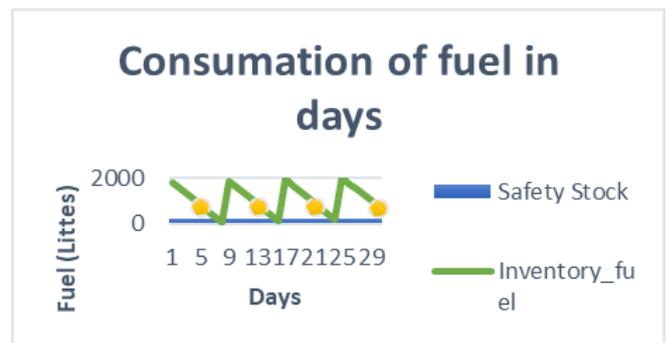


Fig. 5. Fuel consumption in the study period

The condition of the fuel stocks during the days when the campaign for harvesting the animal feed is carried out is presented in Fig. 5 The green line shows the change of the available fuel in the warehouse, the yellow dots represent the days when the new orders, blue is presented buffer fuel content during the period.

VII. CONCLUSIONS

The paper presents the construction of a mathematical model for evaluating a fuel offer made to a farmer. An algorithm for determining: the optimal quality of fuel that is ordered during the harvest campaign, fuel costs are determined depending on the discount in the price of fuel, the days in the period in which to make new orders for new quantities of fuel are specified and the change in the available fuel in the studied period is presented. All these results allow to farmer via using the module of information system to make an informed and reasoned decision about the costs associated with the purchase and storage of fuel needed to conduct the harvest.

ACKNOWLEDGMENT

The research leading to these results has received funding from the Ministry of education and science under the National science program INTELLIGENT ANIMAL HUSBANDRY, grant agreement N Д01-62/18.03.2021

REFERENCES

- [1] C. T. Villanueva, R.D. Cana, Farm records and accounting (slideshare.net), A report in Agriculture Extension 211: Advanced Advanced Agribusiness, visited in 27.4.2021
- [2] H. Taha, Operations Research An Introduction, Ch.13 Inventory Modeling, pp513-515, ISBN 13: 978-1-292-16554-7, Pearson Education Limited 2017

DEVELOPMENT OF AN ADVISORY INFORMATION SYSTEM FOR FUEL ORDERING

Stanislav Dimitrov

Institute of Information and Communication Technologies
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: stanislav.dimitrov@iict.bas.bg

Ava Chikurteva

Institute of Information and Communication Technologies
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: hawa_@abv.bg

Abstract: Due to the fact that fuel costs occupy a large part of the expenditures for the farmer during the harvest. The article presents the development of a mathematical model that is part of an information system to advise the farmer to make decisions. In this case, an advisory module for fuel ordering is presented depending on the price, storage costs and the quantity ordered.

ОСОБЕНОСТИ ПРИ КОМБИНИРАНОТО ОБРАБОТВАНЕ ЧРЕЗ РЯЗАНЕ И ПОВЪРХНОСТНО ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМИРАНЕ

Михаил Кършаков

Русенски университет
„Ангел Кънчев“
Русе, България

Васил Костадинов
Русенски университет
„Ангел Кънчев“
Русе, България

E-mail: vkostadinov@uni-ruse.bg

Павел Петров
Русенски университет
„Ангел Кънчев“
Русе, България

E-mail: ppetrov@uni-ruse.bg

Резюме: Комбинираното обработване на дълги и гладки цилиндрични повърхнини чрез рязане и повърхностно пластично деформиране, намира своето най-широко разпространение при реализиране на схема с определена свобода за движение на изпълнителните елементи на инструмента в направление, перпендикулярно на оста на въртене на заготовката. Тази схема, известна като „схема с плаващ блок“, задава определени връзки между режещите и/или деформиращите елементи, които от своя страна определят степента на тяхната автономност.

Ключови думи: комбиниран инструмент, режещ модул, деформиращ модул, режещо-деформиращ модул, дълбочина на рязане

I. ВЪВЕДЕНИЕ

За осигуряване на високите изисквания за точност и грапавост на повърхнините в технологичната практиката широко се използват абразивните методи. Те обаче се характеризират с някои недостатъци като: висока енергопоглъщаемост; получаване по обработената повърхнина на неблагоприятни опъновни напрежения; повреждане на повърхностния слой метал от прегряване, от попаднали абразивни частици и други дефекти [2, 3, 4, 11].

Алтернативен метод на довършващото обработване чрез рязане е повърхностното пластично деформиране (ППД) на повърхностния слой метал. Като метод за довършващо обработване (ДО), ППД се основава на способността на металите пластично да се деформират в студено състояние и има следните предимства: значително по-висока производителност, съхранява се целостта на влакната на повърхностния слой метал, липсват вбити абразивни частици по обработените повърхнини, релефът на получаваната грапавост и нейните параметри имат по-благоприятно влияние върху експлоатационните свойства на детайлите, нагряването на повърхнините е незначително, с което се изключва получаването на нежелани местни прегрявания, деформации и други дефекти причинявани от топлинния фактор, остатъчните напрежения в повърхностният слой са напреженията на натиск, използваните инструменти имат висока трайност и позволяват прилагането на ППД за обработване на всички елементарни повърхнини, от които са съставени детайлите и във всички видове машиностроителни производства [1, 10, 12, 13].

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

Особено съществено предимство е, че обработването чрез повърхностно пластично деформиране (ППД) се осъществява по кинематична схема, по която се осъществява и струговането (обстъргване или разстъргване) на повърхнините на детайлите [1, 13]. Една и съща е и физиката на двата процеса. При струговането напрегнатото състояние се локализира в тясна зона около режещия клин. Това предизвиква откъсване на обем метал във формата на стружка. За разлика при ППД напрегнатото състояние се разпростира в границите на петното на контакта (на значително по-голям обем метал) на деформиращия елемент с обработваната повърхнина [6, 11]. В следствие на това част от метала се деформира пластично в повърхностния слой. Тези особености обуславят възможността за съвместяване на двата процеса, чрез което се постига висока производителност на обработването [5, 6, 7, 10].

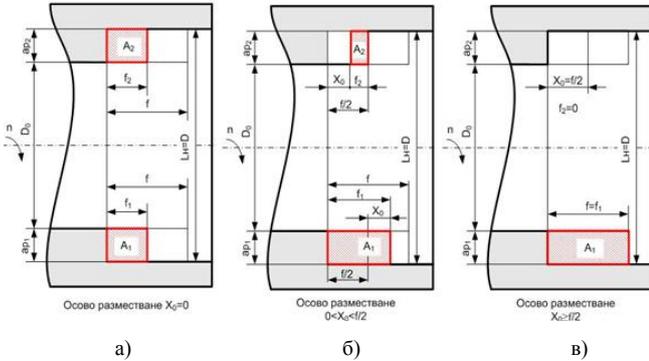
В исторически план комбинираното обработване (струговане и ППД) на вътрешни повърхнини е намерило приложение чрез използването на подвижен двуножов блок (ПДБ).

ПДБ могат да бъдат неподвижни или подвижни с режещи части разположени на 180° [6, 11]. При неподвижен ПДБ несиметричността на режещите части води до различие в дълбочините на рязане. Възникналата резултантна радиална сила, предизвиква еластични деформации. Те влияят на размера на динамичното настройване (РДН) [8, 9].

При подвижен ПДБ размерът на динамичното настройване се получава от стремежа към динамично равновесие между радиалните компоненти на двете сили на рязане. Колебанието на прибавката не се отразява на РДН, като срещуположните им точки трябва да лежат в равнина, перпендикулярна на оста на въртене. На практика това не се получава и единия от главните режещи ръбове се включва в рязането по-рано, като изпреварва другия с големината на осовото им разместване. Така се получава увеличение на размера на диаметра спрямо размера, на статичното настройване на ПДБ. Това е особено актуално при комбинирано обработване (разстъргване и ППД). За това трябва да се изследва влиянието на осовото разместване на режещите пластини върху диаметъра, формата и размерите на срязваните слоеве.

Неподвижният режещ блок работи като обикновен двузъб инструмент, при което технологичният размер f

на сечението на срязвания слой при подаване f се разделя между двете режещи части (фиг.1.а), от които долната е приета условно за първа. Двете режещи части се преместват с подаване f , а разделят помежду си сечението на срязвания слой, което би отнемал само единият от тях.



Фиг.1. Влияние на разместването X_0 върху сеченията на срязваните слоеве при неподвижен режещ блок и $\kappa_r = 90^\circ$

При осово разместване $X_0 = 0$ (фиг.1.а) $f_1 = f_2 = f/2$, при което площите на сеченията на срязваните слоеве са еднакви, т.е. $A_1 = A_2$, а радиалните компоненти (F_{P1} и F_{P2}) на силите на рязане се уравниават.

При разместване $0 < X_0 < f/2$ (фиг.1.б) подаването, падащо се на втория нож намалява с големината на разместването X_0 , а подаването на първия нож нараства с толкова, т.е.:

$$f_1 = \frac{f}{2} + X_0; f_2 = \frac{f}{2} - X_0; A_1 > A_2 \quad (1)$$

При разместване $X_0 = \frac{f}{2}$ (фиг.1.в) горната режеща част прекратява рязането, при което: $f_1 = f$; $f_2 = 0$; $A_2 = 0$.

Очевидно е, че тази стойност на разместването е гранична, т.е. случаят е характерен при $X_0 \geq f/2$.

И в трите случая диаметърът на обработената повърхнина (D) остава равен на размера на статичното настройване на блока (L_H), като дебелините на срязваните слоеве съвпадат с големините на подаванията, а за дълбочините на рязане може да се запише:

$$a_{P1} = a_{P2} = \frac{L_H - D}{2}, \quad (2)$$

където D_0 е диаметъра на отвора на заготовката.

При случаите на фиг.1.б и фиг.1.в ($F_{P1} > F_{P2}$), възниква резултантна сила, стремяща се да премести блока в радиално направление.

Подвижният двуножов блок не понася наличието на резултантна радиална сила. По време на рязане, независимо от колебанието на прибавката, той се стреми към равновесно, по отношение на радиалните сили, положение за сметка на промяна на параметрите на срязваните от двете режещи части слоеве.

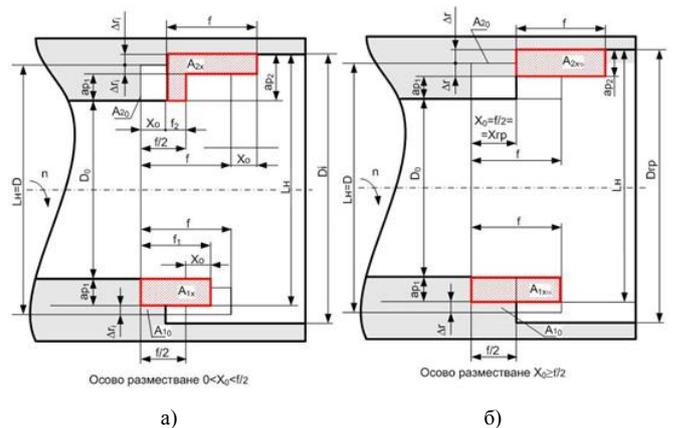
При осово разместване $X_0 = 0$ формата и размерите на сеченията на срязвания слой, както и получаваият диаметър, съответстват на тези, показани на фиг.1.а.

При разместване $0 < X_0 < f/2$ възникват различия в технологичните размери f_1 и f_2 и площите A_1 и A_2 на сеченията на срязваните слоеве, в сравнение с тези при неподвижен блок (фиг.1.б). В този случай, под действие на силата $\Delta F_P = F_{P1} - F_{P2}$, подвижният блок се премества радиално към втората режеща част до момента в който $\Delta F_P = 0$. Настъпилите в резултат от това промени във формата и размерите на срязваните слоеве са показани на фиг.2.а., където:

A_{10} и A_{20} – са площите на сеченията на срязваните слоеве съответно от първа и втора режещи части при $X_0 = 0$ (съгласно фиг. 1.а), при което се получава диаметър на отвора $D = L_H$;

A_{1X} и A_{2X} – са площите на горните срязвани слоеве при осово изоставане на втората режеща част с X_0 , при което се получава диаметър на отвора $D_i > L_H$;

Δr_i – радиално преместване на блока в посока към втората режеща част в резултат от разместването X_0 .



Фиг.2. Влияние на разместването X_0 върху сеченията на срязваните слоеве и диаметъра на обработената повърхнина при подвижен блок и $\kappa_r = 90^\circ$

За получаване големината на диаметъра D_i е необходимо определянето на радиалното преместване Δr_i , тъй като

$$D_i = L_H + 2\Delta r_i, \quad (3)$$

Като следствие от разместването X_0 сечението на срязвания слой от първата режеща част увеличава дебелината си с големината на X_0 и намалява широчината си с Δr_i .

В същото време сечението на срязвания слой от втората режеща част намалява дебелината си с X_0 и компенсира загубата на площ чрез слой с широчина $2\Delta r_i$. В резултат от настъпилите промени площите на сеченията на срязваните слоеве A_{10} и A_{20} се превръщат в сечения A_{1X} и A_{2X} , при което получават форма и размери съгласно фигурата.

Видно е, че първото сечение променя само размерите си, достигайки дебелина f_1 и широчина a_{P1} , а второто –

размерите и формата си, при което се формират участъци с различни дебелини и широчини. Съгласно предпоставките промените на двете сечения се преустановяват при уравнивяване на радиалните сили, което съответства на равенство на площите им.

Площите на срязвания слой от първата и втората режещи части са:

$$A_{1X} = f_1 \cdot a_{P1} = \left(\frac{f}{2} + X_0\right) a_{P1}, \quad (4)$$

$$A_{2X} = f_2 \cdot a_{P2} + 2\Delta r_i = \left(\frac{f}{2} + X_0\right) a_{P1} = \left(\frac{f}{2} - X_0\right) a_{P2} + \Delta r_i \cdot f + 2X_0 \cdot \Delta r_i, \quad (5)$$

След приравняване на (4) и (5) и заместване на

$$a_{P1,2} = \frac{L_H - D_0}{2} \mp \Delta r_i, \quad (6)$$

решението на полученото равенство добива вида:

$$\Delta r_i = \frac{X_0(L_H - D_0)}{2(X_0 + f)}, \quad (7)$$

След заместване на (7) в (3) и (6) за диаметъра на обработената повърхнина и дълбочините на рязане се получава:

$$D_i = L_H + \frac{X_0(L_H - D_0)}{2(X_0 + f)}, \quad (8)$$

$$a_{P1,2} = \frac{L_H - D_0}{2} \left(1 \mp \frac{X_0}{X_0 + f}\right). \quad (9)$$

При разместване $X_0 \geq \frac{f}{2} = X_{гр}$ (фиг.2.б) сеченията на срязваните слоеве от двете режещи части не се застъпват и не си влияят взаимно в направление на подавателното движение. Изравняването на площите им се извършва за сметка на промяна на размерите им само в радиално направление чрез преместване на блока на разстояние Δr , при което сеченията получават еднакви форма и размери. Следователно това е максималното радиално преместване на блока, за пресмятането на което във формула (7) X_0 трябва да се замести с $f/2$, при което

$$\Delta r = \frac{L_H - D_0}{6}. \quad (10)$$

Ако същото заместване се направи във формули (8) и (9) и се отчете, че $a_{P1} = a_{P2} = 2\Delta r$, за диаметъра на обработената повърхнина и дълбочините на рязане се получава:

$$D_{гр} = L_H + \frac{L_H - D_0}{3}, \quad (11)$$

$$a_{P1} = a_{P2} = \frac{L_H - D_0}{3}. \quad (12)$$

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В хода на теоретичното изследване се установи, че при разстъргване с ПДБ, ако главните режещи ръбове на срещуположно разположените пластини са разместени в осово направление, диаметърът на обработения отвор добива стойност, по-голяма от размера на статичното настройване, а дълбочините на рязане се повлияват благоприятно. Създават се условия за снемане на по-голяма прибавка, тъй като нарастването на диаметъра на отвора след разстъргване е равно на удвоената големина на радиалното преместване на блока, което прави възможно постигането на по-голямо разширение на отвора след разстъргване при по-малко осово разместване.

Подаването f има обратно въздействие – с нарастването му се увеличават граничната стойност на осовото разместване X_0 и намалява радиалното преместване Δr_i .

Това има съществено значение при проектирането на комбинирани инструменти за ППД, когато изискванията за качеството на повърхнините са високи. Регламентираното нарастване на диаметралните размери спрямо размера на статичното настройване на ПДБ е от съществено значение при изваждането на инструмента и стружките.

Могат да се търсят технически решения за усъвършенстване на ПДБ въз основа на получените зависимости. При тези технически решения може да се повиши производителността, без да се влошава качеството на обработените повърхнини.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Григоров, В.И., С.В. Костадинов. Особенности на схемните варианти за комбинирано обработване на гладки валове, обусловени от разположението на изпълнителните елементи в деформиращ или режещо-деформиращ плаващ блок. Научни трудове на РУ „А. Кънчев”, т.41, сер.2, Русе, 2004, стр.147-150, ISSN 1311-3321.
- [2] Григоров, В.И., С.В. Костадинов, Б.Б. Сакакушев. Влияние на еластичните деформации в плаващ блок с два срещуположни режещи елемента при обработване на валове. Научни трудове на РУ „А. Кънчев”, Русе, 2005, стр.447-451, ISSN 1311-3321.
- [3] Киров, К. Сравнителен анализ на развитие на отделните научни направления. Възможности за класификация., сп. Машиностроене и машинознание, vol.1, Варна, 2016, с.57-62, ISSN 1312-8612.
- [4] Киров, К. Стадии на развитие на науката. Основни обекти и ниво на технологиите., сп. Машиностроене и машинознание, vol.1, Варна, 2016, с.52-57, ISSN 1312-8612.
- [5] Костадинов, В.С. Изследване влиянието на осовото разместване на ножовете при комбинирано обработване чрез плаващ режещ блок. Научни трудове на ВТУ „А. Кънчев”, Русе, т. XXXII, 1989, стр.206-210.
- [6] Костадинов, С.В., Анализ на модулната структура при схемните варианти за комбинирано обработване на гладки валове чрез плаващ режещ блок. МНТК „АДП-2010”, Созопол, 2009, ISSN 1310-3946.
- [7] Кършаков, М.К. Изследване поведението на подвижен двуножов блок с осово разместени прави режещи ръбове, XVIII ННТК с международно участие „АДП-2009”, Созопол, 2009, ISSN 1310-3946.
- [8] Кършаков, М.К. Относно поведението на подвижен двуножов блок с осово разместени кръгли режещи ръбове, XVIII ННТК с международно участие „АДП-2009”, ISSN 1310-3946.

- [9] Кършаков, М.К., В. С. Костадинов, Експериментално изследване на влиянието на осовото раз местване на режещите пластини при подвижен двуножов блок върху диаметралния размер на отвора. International Conference Engineering, Technologies and Systems TechSys 2009, Journal of the Technical University Sofia, branch Plovdiv, Vol.14, 2009, ISSN 1310-8271.
- [10] Петров, П.П., М.К. Кършаков, Възможности за повишаване на производителността при комбинирано обработване на отвори чрез рязане и повърхностно пластично деформиране. Научни трудове на РУ „А. Кънчев”, Русе, 2014, стр.100-104, ISSN 1311-3321.
- [11] Grigorov, V.I., S.V. Kostadinov, B.B. Sakakushev. Influence of the elastic deformations in a mobile with two opposite cutting elements when machining shafts. MHTK-AMTECH-2005, p. 443-446, ISSN 1311-3321.
- [12] K. Kirov, Preliminary production cost assessment on the basis of loss function application, MEET/MARID 2002, 7-11 October 2002, Proceedings Volume V, p 361-364, Varna, Bulgaria, ISBN 954-20-0215-7.
- [13] K. Kirov, Options for interchangeability theory application in metal cutting process design, MEET/MARID 2002, 7-11 October 2002, Proceedings Volume V, p 291-301, Varna, Bulgaria, ISBN 954-20-0215-7.

FEATURES OF THE COMBINED PROCESSING BY CUTTING AND SURFACE PLASTIC DEFORMATION

Михаил Кършаков

Faculty of Mechanical and
Manufacturing Engineering
University of Ruse
Ruse, Bulgaria

Vasil Kostadinov
Faculty of Mechanical and
Manufacturing Engineering
University of Ruse
Ruse, Bulgaria

E-mail: vkostadinov@uni-ruse.bg

Pavel Petrov
Faculty of Mechanical and
Manufacturing Engineering
University of Ruse
Ruse, Bulgaria

E-mail: ppetrov@uni-ruse.bg

Abstract: The combined processing of long and smooth external cylindrical surfaces by cutting and roller burnishing, finds its most widespread in the implementation of the scheme with some freedom of movement for implementing elements of the instrument in a direction perpendicular to the axis of rotation of the work piece. This scheme, known as, floating cutting block”, set certain links between cutting and/or deformable elements, which in turn determine the extent of their independence.

ИНТЕГРИРАНЕ НА СОЛАРНИ ВЪЗБНОВЯЕМИ ЕНЕРГИЙНИ СИСТЕМИ В СГРАДИ. ПРИЛОЖЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ.

Милена Бисерова Харалампиева
Институт по информационни и
комуникационни технологии - БАН
София, България
E-mail: milena_biserova@abv.bg

Росен Петров
Институт по информационни и
комуникационни технологии - БАН
София, България
E-mail: rosen_p@yahoo.com

Венета Йосифова
Институт по информационни и
комуникационни технологии - БАН
София, България
E-mail: veneta.christova@gmail.com

Резюме: Статията описва един от начините за икономия на енергия в сгради, а именно чрез използване на соларната радиация като допълнителен източник на енергия. Разгледани са варианти за вграждане на соларни панели в конструктивните елементи на сградата, като количеството спестена енергия е тясно свързано с избраната соларна технология и местоположението на обекта.

Ключови думи: възобновяеми енергийни системи, фотоволтаични системи, соларни термални системи

I. УВОД

Енергийните нужди на сградите представляват 40% от общите потребности от първична енергия в ЕС [1]. Следователно, разработването на ефективни енергийни алтернативи за сгради, използвани предимно за електричество, отопление, охлаждане и осигуряване на топла вода, е наложително. Един от начините за намаляване на зависимостта от изкопаеми горива е използването на възобновяеми енергийни системи (ВЕИ), които обикновено са екологични. В някои страни се използват широко ВЕИ и по-специално слънчевото отопление на водата. Ползите от такива системи са добре известни, но един от проблемите е тяхната интеграция. Повечето слънчеви компоненти са монтирани на покриви на сгради и те често се разглеждат като чужд елемент върху строителната конструкция. Само поради този факт и независимо от потенциалните ползи, някои архитекти възразяват срещу това използване на ВЕИ. Следователно е необходимо да се намерят начини за по-добро интегриране на слънчевите системи в конструкцията на сградата, което трябва да се направи по начин, който се съчетава с естетическия вид и формата на архитектурата на сградата по най-рентабилния начин.

Директивата за енергийните характеристики на сградите изисква системите за възобновяема енергия да се налагат активно, за да се компенсира конвенционалното използване на изкопаеми горива в сградите. Тази цел може да бъде постигната чрез интегрирането на фотоволтаични и слънчеви термални системи, което се очаква да нарасне драстично през следващите няколко години. Покриването на електрическите и топлинни натоварвания в сградите ще се постигне предимно чрез широко използване на възобновяеми източници, следвайки стандартни мерки за спестяване на енергия в сградите. Очаква се както

фотоволтаичните, така и соларните термални системи да поемат водеща роля в осигуряването на електрическа и топлинна енергия, тъй като те могат да допринесат директно за нуждите на сградата от електричество, отопление, охлаждане и битова гореща вода. Има много дискусии за предимствата и недостатъците на приемането на ВЕИ за постигане на сгради с нулево или почти нулево енергийно потребление.

Предимствата са:

- Осигурява се производство на топлинна и електрическа енергия на място, така че загубите при пренос да бъдат сведени до минимум.
- Обикновено генерирането се извършва от ВЕИ, които са благоприятни за околната среда.
- Позволява се инсталирането на високотехнологична система, което позволява възползване от различните субсидии, които съществуват.
- Разходите за потребление на енергия за сградата са сведени до минимум или не съществуват (за 100% покритие).
- Сградата може да бъде от по-висок клас по отношение на сертификата за енергийни характеристики.
- Възможност за увеличаване на доходите чрез продажба на произведената електроенергия (за мрежови системи).

Недостатъците са:

- Висока първоначална инвестиция.
- Проблеми с инсталирането на ВЕИ системи върху строителната конструкция.
- Проблеми по отношение на пространство за инсталиране на необходимите ВЕИ системи.
- Повечето системи за ВЕИ ще изискват периодична поддръжка, което е свързано с допълнителни разходи.
- Интегрирането на ВЕИ системи в сгради може да изисква специализирано обучение, което също води до увеличаване на разходите [1].

II. ИНТЕГРИРАНЕ НА СОЛАРНИ СИСТЕМИ В СГРАДИ

Системите, които обикновено се използват в сградите, са фотоволтаични и слънчеви термални системи. Фотоволтаиците могат да доставят електричеството, необходимо за сградата, или генерираното електричество може да бъде подадено / продадено в мрежата. Последното обикновено се предпочита, тъй като системата не изисква батерии за съхранение на енергия и се възползва от по-високите цени на електроенергията, които могат да бъдат получени чрез продажба на произведената електроенергия в мрежата. Слънчевата термална система може да доставя енергия за отопление, охлаждане и осигуряване на топла вода за нуждите на къща / сграда.

Предимствата на интеграцията на ВЕИ в сгради са, че в сградата има повече пространство за инсталиране на необходимата площ на системите от възобновяеми енергийни източници и че конвенционалната система за отопление е заменена от соларна термална система, което увеличава икономическата жизнеспособност на отоплителната инсталация в сградата.

В случай, че се използва тази концепция, заедно с естетическите и архитектурните предизвикателства на интеграцията на соларните системи в сградите, трябва да бъдат решени много практически въпроси, като събиране на дъждовна вода и защита от прегряване. Допълнителната топлинна енергия може да се използва и за отопление на сградата през зимата.

Слънчевата енергийна система се счита за интегрирана в сградата, ако това не променя цялостта на компонента, в който е вградена и на функционалността на сградата. При демонтирането на фотоволтаична или соларна термална инсталация, засегнатият компонент трябва да бъде заменен частично или изцяло от конвенционален / подходящ компонент за сградата. Това се отнася най-вече за случаите на структурно свързани модули, както и когато се подменят соларни компоненти вградени в сградата или вградени в двойна фасада. Следователно, за интеграцията на соларни системи в дадени обекти трябва да се осигурят следните комбинации:

- Механична твърдост и структурна цялост;
- Защита от атмосферни влияния (дъжд, сняг, вятър и градушка);
- Икономия на енергия, като полезна топлинна енергия, но също така засенчване и топлоизолация
- Противопожарна защита
- Защита от шум

A. Интегриране на фотоволтаични системи в сгради

Интегрираните фотоволтаици в сгради има двойно предназначение: те служат едновременно като външен слой на конструкцията и генерират електричество за използване на място или пренос в мрежата. Тези системи могат да осигурят икономия на разходи за материали и електроенергия, да намалят замърсяването и да придадат

атрактивен вид на архитектурата на сградата. Въпреки че те могат да бъдат добавени към конструкцията като модернизация, най-големият им принос е чрез включването им в първоначалния проект на сградата.

- Интегриране на фотоволтаични системи в покрив

Системи могат да се интегрира чрез подмяна на част от съществуващия покрив с фотоволтаични клетки, сглобени директно върху керемидите или модулите, които имат еднакви размери и форма на съществуващите строителни елементи (Фигура 1 а).

Соларните клетки обикновено са подредени в модули с външния вид и свойствата на стандартните керемиди, като ги заместват напълно или определен брой от тях. Типът на клетката и формата на модулите варират: някои от тях могат да приличат на извити керемиди, но няма да бъдат толкова ефективни поради извитата площ, но могат да бъдат по-естетически издържани [2].

Вторият начин за интегриране на фотоволтаични системи в покрив е използването на прозрачни или полупрозрачни фотоволтаични панели, за да се създаде напълно прозрачен или сенчест покрив. Формите могат да бъдат променливи - от плоски, наклонени до кръгли (фиг.1 б).

Съществува и трети начин, който е полагане на фолиращи продукти с вградени фотоволтаични елементи, които са леки и гъвкави, ненатоварващи покривната конструкция и позволяващи лесен монтаж. Фотоволтаичните елементи често се изработват от тънкослойни клетки, за да се запази гъвкавостта във фолиото и ефективността по отношение на високите температури при невентилирани покривни решения. Продуктите от фотоволтаично фолио имат нисък коефициент на запълване, както поради ниската ефективност, така и поради голямото съпротивление на слънчевите клетки на тънкослойните модули. Възможно е обаче наклон на продукта да варира до голяма степен, като се осигурят гъвкави решения.

- Интегриране на фотоволтаични системи във фасади на сгради

Интегрирането на фотоволтаици във външни стени може да се осъществи по няколко начина, като един от тях е чрез външно покритие / филм, напълно интегриран в стената. В този случай фотоволтаичната повърхност трябва да бъде механично и термично устойчива (фиг.2 а).

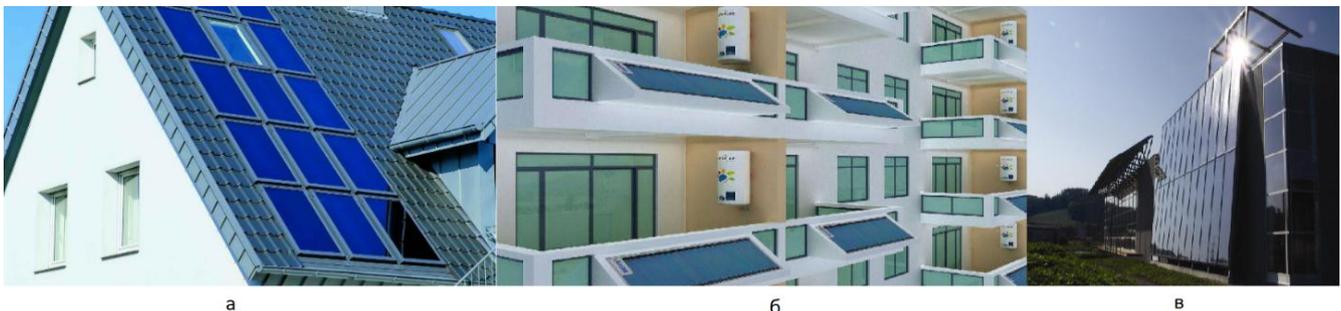
Друг начин за инсталиране на такива модули е във вентилирани фасади (фиг. 2 б). Фотоволтаичните вентилирани фасади са двойни фасадни конструкции, които имат предимството да охлаждат фотоволтаичните модули, използвайки околния въздух. Вентилиращите сградни интегрирани фотоволтаични фасади са полезни както от електрическа, така и от термична гледна точка. Циркулацията на въздуха зад фотоволтаичния панел понижава температурите на модула и по този начин подобрява електрическите характеристики.



Фиг.1. а –подмяна на покривното покритие със соларни модули; б – интегриране на фотоволтаични системи чрез използване на прозрачни или полупрозрачни фотоволтаични модули; в - интегриране на фотоволтаични системи чрез полагане на фолиращи продукти.



Фиг.2. а – вграждане на фотоволтаични модули чрез външно покритие; б – вграждане на фотоволтаични модули във вентилирани фасади; в - вграждане на фотоволтаични модули в завесни стени.



Фиг.3. а – вграждане на соларни термални системи в покривни конструкции; б – вграждане на соларни термални системи в балкони; в - вграждане на соларни термални системи във фасади.

Вентилираните фотоволтаични фасади също предполагат по-ниски температури на стените или остъкляването зад модула и съответно по-ниски охлаждащи натоварвания през лятото. Освен това контролираният въздушен поток зад фасадата на фотоволтаиците води до потенциални приложения на топлия въздух за предварително подгряване през зимата.

Завесните стени са още една добра предпоставка за вграждане на фотоволтаични модули (фиг.2 в). Това е утвърдена технология, използвана в много проекти като офиси и бизнес сгради в централната част на градовете. Най-често срещаната е системата състояща се от вертикални и хоризонтални елементи, които образуват структурна мрежа. Видимите зони обикновено са с двоен стъклопакет, а невидимите са или непрозрачно стъкло, или изолирани метални панели. Фотоволтаичните модули могат лесно да бъдат вградени като фабрично

сглобени двойни стъкла. Външният панел може да е от ламинирано стъкло-фотоволтаик-смола-стъкло, а вътрешното стъкло е стъкло, със запечатана въздушна междина между тях; общата дебелина на модула обикновено е под 30 мм. Предлагат се множество варианти за дизайн. Например, една фасада може да се състои от комбинация от остъквени видими зони и непрозрачни фотоволтаични панели или може да има фотоволтаични модули с непрозрачни области и прозрачни такива [3].

В. Интегриране на соларни термални системи в сгради

Слънчевата топлина се използва главно за захранване с битова гореща вода, отопление и охлаждане. При интеграцията на соларната система за топла вода и жилищните сгради не само трябва да се разгледа

оформлението на слънчевата система за топла вода, но трябва да се подобри допълнително формата на самата система. Традиционната слънчева система за топла вода с вакуумтръбни колектори не може да отговори на нуждите на непрекъснато променящото се оформлението и стил на жилищните сгради, освен това има и други недостатъци, тъй като е трудна за инсталация и не е адаптивна към конструкцията на сградата. Сега системата с плоски слънчеви колектори постепенно замества слънчевата система за топла вода с вакуумтръбни колектори, тъй като има по-висока адаптивност и инсталирането ѝ може по-добре да постигне перфектната комбинация със конструкцията. Соларната термална система работи основно на разделен двоен цикъл под налягане, като резервоарът за гореща вода може да се намира както в най-ниската, така и в най-високата точка на сградата, стълбище, балкон и други скрити части и да не заема вътрешното пространство, като се избягва натоварването на покриви и външни стени.

Интегрирането на соларните термални системи може да бъде в покривни конструкции, балкони и фасади. Най-често срещаният вариант за вграждане на такива системи е в покривна конструкция (фиг.3 а). Тук отделните модули с площ до 16 м² са закрепени към дървената обшивка на покрива чрез укрепващи летви. Колекторите могат да се доставят в широк диапазон от размери и форми и да се приспособят към точната форма на покрива. Това е относително прост процес на разумна цена.

Друг начин за вграждане на соларни термални системи е в балкони (фиг.3 б), като резервоарът за съхранение на гореща вода може да се постави на същия балкон, евентуално екраниран посредством специално интегрирани елементи или прегради.

При интегрирането на соларни термални системи във фасадите на сградите, се улавя слънчева светлина, достатъчна за производство на термална енергия, за да отговори на 40% от нуждите на сградата (фиг.3 в). Вграждането на соларни термални панели в двойни фасади осигурява както неприкосновеност и засенчване, така и звукоизолация на сградата [4].

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сградите имат значителен дял от енергийното потребление в световен и регионален мащаб. Поспециално по време на жизнения цикъл на сградата се изразходва много енергия за осигуряване на комфортни условия в нея. Високият дял на сградите, консумиращи енергия, също увеличава използването на ресурси, базирани на изкопаеми горива. По този начин проблемите с околната среда, произтичащи от използването на енергия, също нарастват. От друга страна сградите, подходящи за използването на възобновяеми енергийни източници, могат да бъдат построени чрез пасивни или активни методи. Ясно е, че използването на възобновяеми енергийни източници в сградите ще осигури екологични и икономически ползи. Намалването на това количество енергия възможно най-много и получаването му от възобновяеми източници е един от ефективните методи, които осигуряват на сградите енергийна ефективност и екологични характеристики.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторите благодарят на Българското Министерство на Образованието и Науката при изпълнение на национална научна програма "Млади учени и Постдокторанти" DCM #577 / 17.08.2018

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] European Commission. Doing more with less. Green Paper on Energy Efficiency 2005 COM, 2005
- [2] <http://www.jetsongreen.com/2009/11/srs-energy-us-tile-clay-solar-roof-tile.html>
- [3] W. Jin, "Application of Building Integrated Photovoltaic (BIPV) in Green Buildings," Journal of Architecture Technology, Vol. 42, No. 10, 2011, pp. 907-908.
- [4] C. H. Xu and M. L. Qin, "The Application of Solar Energy and Building Integrated Multi-technology," Journal of Construction Science and Technology, No. 5, 2012, pp.69-71.

SOLAR RENEWABLE ENERGY SYSTEMS INTEGRATED IN BUILDINGS. APPLICATION AND TECHNOLOGY.

Milena Biserova Haralampieva
Institute of Information and
Communication Technologies
Sofia, Bulgaria
E-mail: milena_biserova@abv.bg

Rosen Petrov
Institute of Information and
Communication Technologies
Sofia, Bulgaria
E-mail: rosen_p@yahoo.com

Veneta Yosifova
Institute of Information and
Communication Technologies
Sofia, Bulgaria
E-mail: veneta.christova@gmail.com

Abstract: The article describes one way to save energy in buildings, exactly by using solar radiation as an additional source of energy. Options for integration of solar panels in the structural elements of the building are considered, as the amount of energy saved is closely related to the selected solar technology and the location of the site.

МОДЕЛИРАНЕ ЧРЕЗ ГРАФ НА НАДЕЖДНОСТНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА СИСТЕМАТА ЗА ИМПУЛСНО ДОЗАТОРНО МАЗАНЕ НА СЛОЖЕН ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТ

Владимир Бояджиев
ВТУ „Тодор Каблешков“
София, България
E-mail: v.boyardjiev@abv.bg

Резюме: В доклада са изследвани особеностите на моделиране на надеждността на поведение на сложен технически обект чрез граф. По-конкретно е разгледана комплектуващата система за импулсно дозаторно мазане на типичен сложен технически обект – металорежеща машина с цифрово-програмно управление. Определени са предпоставките за изграждане на графа – неговите върхове и ребра. Построяването на графа е извършено въз основа на възникващите при реална експлоатация откази, като са определени и тегловните им коефициенти.

Ключови думи: моделиране, експлоатационна надеждност, теория на графите, импулсно дозаторно мазане, сложен технически обект

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Разнообразието на физичните процеси, въз основа на които възникват отказите в сложните технически обекти в условията на реална експлоатация, е значително. Това разнообразие затруднява изграждането на единен модел за изследване на експлоатационната надеждност и работната ефективност на тези обекти. Поради това при синтезирането на модел на надеждността поведение на сложните технически обекти се реализират компромиси. Тези компромиси могат да бъдат в различни направления, но общото между тях е, че обективно трудната задача за построяване на цялостен надеждностен модел се заменя с практически решимата задача за изграждане на частичен модел. Тук водещият фактор е конкретната цел, която се преследва при моделирането – въз основа на нея се формира определен тесен кръг от изследвани надеждностни характеристики на обекта. Например една от насоките на компромис е изграждането на надеждностен модел на обособена част от системата. Обикновено важен фактор в този случай е наличието в определена степен на еднородност на физиката на възникващите откази. Друга насока на компромис е моделирането на сравнително тесен кръг от надеждностни характеристики на изследваните обекти, например моделиране чрез граф конкретно на едно свойство (безопасност) на един обект (железопътни композиции) [1] или моделиране на конкретен обект – сложен цифров интерфейс „човек-компютър“ на индустриална система при това само относно когнитивната (познавателната) надеждност [2]. Също така сравнително тесен кръг от надеждностни показатели могат да бъдат моделирани и чрез използването на данни от ускорени изпитвания – основно три вида: експлоатационни изпитвания на

обекта с по-интензивна употреба, лабораторни (чрез специално оборудване), лабораторно чрез симулиращ софтуер [3]. При опита да бъдат обхванати всички откази при моделирането с тяхното значително разнообразие компромис може да бъде направен и по отношение на степента на прецизност на модела – моделирането се извършва само в качествен аспект, при това за конкретен обект – парна турбина в електроцентраля [4].

В настоящия доклад се изследват възможностите за изграждане на модел на експлоатационната надеждност и работната ефективност на конкретна комплектуваща система (система за импулсно дозаторно мазане) на сложен технически обект (металорежеща машина с цифрово-програмно управление) чрез построяването на граф. Моделирането на надеждността поведение на тази конкретна комплектуваща система е предпоставка за изграждането на цялостен надеждностен модел на целия сложен технически обект въз основа на теорията на графите.

II. МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО – ОСНОВНИ МОМЕНТИ

Обект на изследването са системите за импулсно дозаторно мазане на три стругови металорежещи машини с цифрово-програмно управление малък типоразмер, родно производство.

Изследвани са възникващите в експлоатация откази в продължение на около 1500 работни часа общо за трите машини.

За целите на моделирането ще опишем графа $G(V, E)$, където:

- V – крайно множество върхове на графа,
- E – крайно множество ребра на графа.

Целесъобразно е множеството V да съдържа като елементи комплектуващите системи на металорежещата машина. В конкретния случай това са:

- 1) цифрово-програмно управление (ЦПУ),
- 2) припасваща част (ПЧ),
- 3) главно задвижване (ГЗ),
- 4) подавателно задвижване по ос X (ПЗ X),
- 5) подавателно задвижване по ос Z (ПЗ Z),
- 6) главен превод (ГП),
- 7) подавателен превод по ос X (ПП X),
- 8) подавателен превод по ос Z (ПП Z),
- 9) хидропневматична система (ХПС),

- 10) система за импулсно дозаторно мазане (ИДМ),
- 11) система за автоматична смяна на инструмента (АСИ),
- 12) електрически вериги (ЕВ),
- 13) система за смазочно-охладителна течност (СОТ),
- 14) система за затягане на детайла (ЗД).

Формулираме множеството на ребрата като съдържащо в качеството на елементи факторите и процесите, влияещи на експлоатационната надеждност на разглежданата машина:

- U-изменение на параметрите на ел.ток,
- toC-въздействие на температурата,
- D-въздействие на прах,
- V-въздействие на вибрации,
- S-въздействие на механични натоварвания,
- CH-химични въздействия,
- EM-електромагнитни въздействия,
- C-корозионни процеси,
- W-процеси на износване,
- A-процеси на стареене,
- M-въздействие на влага,
- Ma-въздействие на човека,
- p-повишаване или пад на налягането,
- BE-влияние на нискокачествена елементна база.

Така формулираните две множества V и E представляват първа итерация в процеса на изграждане на окончателния модел.

Следващата итерация е конкретизиране на този граф за системата за импулсно дозаторно мазане въз основа на натрупана статистическа информация за възниквалите откази в условията на реална експлоатация. Тази информация е събрана по метода на наблюдаваната експлоатация – данните за всеки експлоатационен отказ се попълват в предварително подготвени форми от упълномощен и инструктиран персонал.

С оглед на систематизиране на факторите и процесите, лимитиращи надеждностните процеси в системата за импулсно дозаторно мазане, тези фактори и процеси са обособени в три групи:

1) *въздействащи процеси върху надеждността на комплектуващата система, обусловени от външни фактори, включително човека:*

- M-въздействие на влага,
- V-въздействие на вибрации,
- D-въздействие на прах,
- W-процеси на износване,
- A-процеси на стареене,
- Ma-въздействие на човека,

2) *въздействащи на надеждността на разглежданата комплектуваща система фактори и процеси, обусловени от взаимното влияние на комплектуващите системи (КС):*

ТАБЛИЦА 1

от КС → към КС	ХПС→ИДМ	ПЧ→ИДМ	ЦПУ→ИДМ
фактор	p	U	U
ЕВ→ИДМ	ИДМ→ПЗ X	ИДМ→ПЗ Z	
U	U	U	

3) *въздействащи на надеждността на системата за ИДМ процеси, обусловени от вътрешни за подсистемата фактори:*

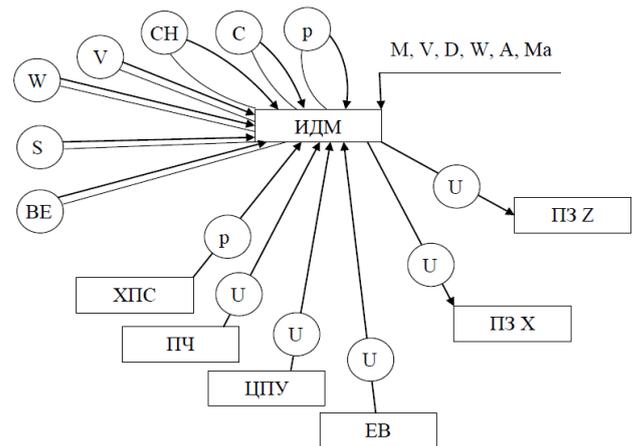
- BE-влияние на нискокачествена елементна база,
- S-въздействие на механични натоварвания,
- W-процеси на износване,
- V-въздействие на вибрации,
- CH-химични въздействия,
- C-корозионни процеси,
- p-повишаване или пад на налягането.

III. СИНТЕЗИРАНЕ НА МОДЕЛА

Следващата итерационна стъпка по пътя на изграждането на гореформулирания модел е да издигнем хипотеза – въз основа на описаните предпоставки как ще изглежда ориентираният граф $G_{ИДМ}(V_{ИДМ}, E_{ИДМ})$ – фигура 1, където:

$V_{ИДМ}$ – множеството върхове на графа – комплектуващите системи на металорежещата машина, взаимодействащи си със системата за ИДМ в надеждностно отношение;

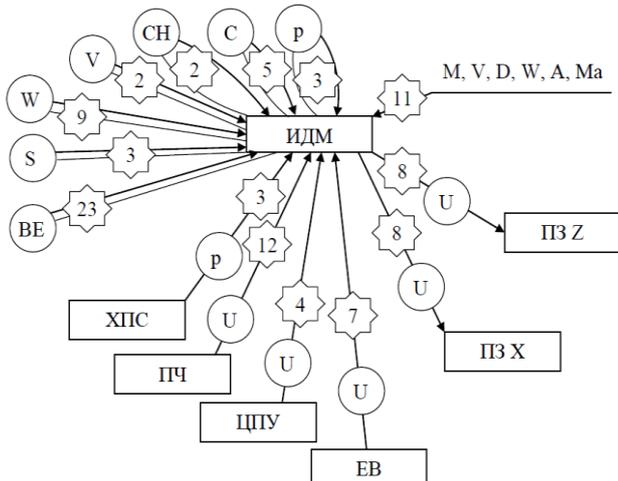
$E_{ИДМ}$ – множеството ребра на графа, които са съответните фактори и процеси, влияещи от/на системата за ИДМ в надеждностно отношение.



иг.1. Ориентираният граф $G_{ИДМ}(V_{ИДМ}, E_{ИДМ})$ с отразени фактори и процеси, влияещи на експлоатационната надеждност на системата за импулсно дозаторно мазане

Посочените фактори и процеси имат различна степен на влияние върху експлоатационната надеждност на разглежданата комплектуваща хидропневматична система и свързаните в надеждностно отношение други комплектуващи системи в рамките на разглеждания сложен технически обект – струговата металорежеща машина с цифрово-програмно управление. Въз основа на

натрупаната в реална експлоатация информация за възникващите откази можем да определим тегловният коефициент на всяко ребро на графа. В зависимост от поставените цели тези тегловни коефициенти могат да бъдат формулирани в различна дименсия: брой, парична стойност, време, проценти и др. За настоящето изследване тегловните коефициенти са определени в проценти като относителния дял (закръглени до единица) на брой откази спрямо общия брой откази. Тези тегловни коефициенти са отразени на фигура 2.



Фиг.2. Ориентираният граф ГИДМ(ВИДМ, ЕИДМ) с отразени тегловни коефициенти в проценти за всеки разглеждан фактор и процес

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1) Предложеният модел за изследване на експлоатационната надеждност и работната ефективност на разглежданата комплектуваща система – системата за импулсно дозаторно мазане дава възможност за изследване поотделно на всеки фактор и процес, влияещ на надеждността ѝ.
- 2) Моделът дава възможност за определяне на относителното влияние на тези фактори и процеси и отделянето на критичните за надеждността измежду тях.
- 3) Възможността за определяне на тегловните коефициенти на тези фактори и процеси в различни дименсии дава възможност моделът да бъде

- прилаган в широка палитра от проблеми, отнасящи се до надеждността на изследваните обекти.
- 4) Моделът с отразени връзки между елементите от надеждностната блок-схема на сложния технически обект дава възможност за изследване на взаимовръзките между отказите, независимо от тяхната разнородна физична природа.
 - 5) Този надеждностен модел на разглежданата система за импулсно дозаторно мазане дава възможност за изграждането на аналогичен моде, но на следващото по-високо йерархично ниво – металорежещата машина с цифрово-програмно управление.
 - 6) В зависимост от поставените цели моделът може да бъде изграден в цялост или само в определен потесен кръг от изследвани надеждностни характеристики на обектите.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Jintao Liu, Felix Schmid, Keping Li, Wei Zheng; A knowledge graph-based approach for exploring railway operational accidents, Reliability Engineering & System Safety, Volume 207, March 2021, ISSN: 0951-8320, Elsevier Ltd.;
- [2] J Jianjun Jiang, Yiqun Wang, Li Zhang, Daqing Wu, Min Li, Tian Xie, Pengcheng Li, Licao Dai, Peiyao Li, Xianyun Shi, Shiwei Wang, Anna Zhang; A cognitive reliability model research for complex digital human-computer interface of industrial system, Safety Science, Volume 108, October 2018, Pages 196-202, ISSN: 0925-7535, Elsevier Inc.;
- [3] Lev M. Klyatis, USEFUL ACCELERATED RELIABILITY TESTING PERFORMANCE, Accelerated Quality and Reliability Solutions, 2006, Pages 93-283, ISBN 978-0-08-044924-1, Elsevier Ltd.;
- [4] Zdravko N., Milovanović, Ljubiša R. Papić, Snježana Z. Milovanović, Valentina Z. Jančić, Milovanović, Svetlana R. Dumonjić-Milovanović, Dejan Lj. Branković; Qualitative analysis in the reliability assessment of the steam turbine plant, The Handbook of Reliability, Maintenance and System Safety through Mathematical Modeling, 2021, Pages 179-313, ISBN 978-0-12-819582-6, Elsevier Inc.

GRAPH MODELING OF THE RELIABLE BEHAVIOR OF THE SYSTEM FOR PULSE DOSING LUBRICATION OF A COMPLEX TECHNICAL OBJECT

Vladimir Boyadzhiev
 Todor Kableshkov University of
 Transport Sofia, Bulgaria
 E-mail: v.boyadjiev@abv.bg

Abstract: The report examines the features of modeling the reliability behavior of a complex technical object through a graph. In particular, the component system for pulse dosing lubrication of a typical complex technical object - a metal-cutting machine with digital-program control is considered. The prerequisites for the construction of the graph are determined - its vertices and edges. The construction of the graph is performed on the basis of the failures arising during the actual operation, and their weighting coefficients are determined.

СРАВНИТЕЛЕН НАДЕЖДНОСТЕН АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ МОДЕРНИЗАЦИЯТА НА МЕХАНИЧНА И ХИДРОПНЕВМАТИЧНА ЧАСТИ НА СЛОЖЕН ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТ

Владимир Бояджиев
ВТУ „Тодор Каблешков”
София, България
E-mail: v.boyardjiev@abv.bg

Резюме: В настоящото изследване са разгледани особеностите при модернизация на обособени части от сложен технически обект по отношение на експлоатационната надеждност и работната ефективност на изследваните обекти.

При това е извършен сравнителен анализ между два варианта на модернизация с оглед установяване на предимствата им по отношение на предварително избран критерий.

По-конкретно, изследвани са резултатите от модернизация на механичната и хидропневматичната части на стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление – типичен сложен технически обект.

Ключови думи: *сравнителен анализ, надеждност, механична част, хидропневматична част, сложен технически обект*

I. ВЪВЕДЕНИЕ

В технологичния парк у нас освен нови машини се използват и такива, които са в процес на морално и материално остаряване. Замяната на амортизираните машини с нови не винаги е финансово най-оптималния вариант. В редица случаи чрез извършването на модернизация се постига подобряване на експлоатационните параметри, което иначе бихме имали при закупуването на нова машина.

Особено подходящ е случая, когато само част от машината е амортизирана до степен на излизане на експлоатационни параметри от допустимите граници, а в останалата част от машината има още ресурс, който може да бъде използван.

Обикновено всяка модернизация може да бъде реализирана в различни варианти. При избора на вариант за модернизация е важно да бъде налична информация, която да дава, макар и приблизително, представа, какво бихме могли да очакваме при определен вариант на модернизация и какво – при друг вариант. По този начин може да бъде взето по-рационално управленско решение.

Сравнителните надеждносни изследвания са разпространен метод за изследване на надеждността на техническите обекти. Но те се прилагат за сравнително ограничен спектър от проблеми, който не може да обхване цялото разнообразие от възможни случаи на

приложение на тези сравнителни изследвания. Сравнително лесно се поддава на анализ сравняването на два файла, управляващи технически обекти – чрез предварително моделиране на поведението на техническия обект, в случая – космическа сонда [1]. В други случаи се сравняват варианти за борба с конкретен фактор (вибрации), влияещ на надеждността на обекта (конзолна плоча) [2]. Разпространен е и методът за сравнение на изчислителни процедури (напр. за прогнозиране) [3]. На сравнителен анализ се подлагат и конкретни детайли, обработени по различен начин (пластини с нелегирани и легирани с алуминиево-цинкови оксиди тънки покрития) [4]. Сравнително разпространен метод е сравняването на производствени процеси (умора на материала при различни технологии за направа на заваръчни шевове) [5].

В настоящото изследване са сравнени два варианта за модернизация на обособени части от сложен технически обект – стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление. По-конкретно, разгледани са особеностите при модернизация на механичната и хидропневматичните части на машината. Оценката на резултатите от двата варианта е извършена въз основа на критерия „Състояние на експлоатационната надеждност и работната ефективност” на сложния технически обект.

Поставената цел в рамките на настоящото изследване е на базата на сравнителен анализ между два варианта на модернизация – на механичната и на хидропневматичната части на металорежеща машина с цифрово-програмно управление да бъде препоръчан единият от тях по критерия „Състояние на експлоатационната надеждност и работната ефективност” с оглед на избор на вариант при бъдещи модернизации на металорежещи машини от същия или подобен тип.

II. МЕТОДИЧНИ ОСОБЕНОСТИ

Ние ще направим сравнителен надеждностен анализ с точно определена цел – спрямо две модернизиращи съставни части на един тип обект с оглед избор на единия от двата случая на модернизация.

Изследвани са две стругови металорежещи машини с цифрово-програмно управление от един модел, малък типоразмер, родно производство. По-конкретно, при едната машина е извършена модернизация на

механичната част, а при другата машина – на хидропневматичната част. Въз основа на натрупана статистическа информация за възникващите в условията на реална експлоатация откази се определят конкретните стойности на набор от показатели за експлоатационна надеждност и работна ефективност. Базата данни за отказите се отнася както за времето преди извършване на модернизацията, така и за времето след нея. Наборът от надеждностни показатели е определен в началния етап на изследването и въз основа на него е събрана информацията за експлоатационните откази. Тази статистическа информация може да бъде събрана по различни методи. В случая е приложен методът на наблюдаваната експлоатация – регистрират се данните за отказите в условията на реална експлоатация от упълномощен и инструктиран персонал. Данните се нанасят в предварително подготвени форми – в тях са ортазени необходимите за регистрация характеристики на всеки отказ. Какво да съдържа наборът от тези характеристики зависи от конкретната цел, която е поставена пред изследването. Впоследствие тези „сурови“ данни се обработват и се привеждат във формат, удобен за анализ.

Конкретното изследване обхваща за всяка от двете машини по два периода – преди и след модернизацията. Всеки от тези периоди е с обхват в диапазона 1300 – 1500 работни часа.

За целите на конкретния сравнителен анализ е определен набор от показатели за експлоатационна надеждност и работна ефективност, който съдържа:

- средна отработка между отказите - \bar{T} , часа;
- средно време за възстановяване на работоспособността - \bar{T}_B , часа;
- средно време за престои поради откази - $\bar{T}_{\text{пр.о}}$, часа;
- коефициент на използване по предназначение

$$K_{\text{и.пр}} = \text{СВР}/\text{ФРВ}$$

,където:

- СВР е сумарното време за работа, часа;
- ФРВ – плановият фонд работно време, часа;

- коефициент на организационно-техническа готовност

$$K_{\text{отг}} = \bar{T} / (\bar{T} + \bar{T}_{\text{пр.о}})$$

,където

$\bar{T}_{\text{пр.о}}$, часа - средно време за престои поради откази.

За всеки от показателите от този набор се определя подобрението в проценти по формулата

$$\frac{|X_{\text{преди}} - X_{\text{след}}|}{X_{\text{преди}}} \cdot 100\%$$

,където

$X_{\text{преди}}$ – стойността на съответния показател преди модернизацията,

$X_{\text{след}}$ – стойността на същия показател след модернизацията.

По подразбиране се предполага, че това подобрение е в благоприятна за надеждността посока – тогава то е със знак „+“. Възможно е обаче на практика да се получи влошаване на стойностите на определен показател. Тогава „подобрието“, пресметнато по горната формула се взема със знак „-“.

Конкретният сравнителен анализ съдържа следната особеност. Само сравняването на числените стойности на този набор показатели не е достатъчно. От значение и стойността на всяка от реализираните две модернизации, т.е. важна е и „цената“, на която са постигнати съответните резултати.

III. РЕЗУЛТАТИ И СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ

След обработка на статистическата информация за възникналите откази са получени числените стойности на посочения по-горе набор от надеждностни показатели. Машината с модернизирана механична част е обозначена като „машина А“, а тази с модернизирана хидропневматична част – като „машина Б“.

Стойностите на показателите за машина А са посочени в таблица 1.

ТАБЛИЦА 1. СТОЙНОСТИ НА НАДЕЖДНОСТНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗА МАШИНА А ПРЕДИ И СЛЕД МОДЕРНИЗАЦИЯТА

	\bar{T} , часа	\bar{T}_B , часа	$\bar{T}_{\text{пр.о}}$, часа	$K_{\text{и.пр}}$	$K_{\text{отг}}$
Преди модернизацията	55,4	5,3	15,1	0,81	0,83
След модернизацията	93,6	4,8	11,9	0,85	0,89
Подобрение, %	69	9	21	5	7

Стойностите на показателите за машина Б са посочени в таблица 2.

ТАБЛИЦА 2. СТОЙНОСТИ НА НАДЕЖДНОСТНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗА МАШИНА Б ПРЕДИ И СЛЕД МОДЕРНИЗАЦИЯТА

	\bar{T} , часа	\bar{T}_B , часа	$\bar{T}_{\text{пр.о}}$, часа	$K_{\text{и.пр}}$	$K_{\text{отг}}$
Преди модернизацията	67,1	4,9	12,4	0,85	0,84
След модернизацията	104,7	4,5	8,9	0,89	0,92
Подобрение, %	56	8	28	5	10

Директното сравняване на резултатите за двете машини на този етап не е коректно, тъй като за модернизацията на двете машини са изразходвани различни средства. Поради това е необходимо при сравняването на стойностите на показателите от двете таблици да бъде взета предвид именно разликата във вложените средства. За тази цел се предлага използването на преводен коефициент – обикновена дроб с числител стойността на модернизацията на машина А и знаменател – стойността на модернизацията на машина Б. С числената стойност на тази дроб се умножават стойностите от таблица 2 (за машина Б) и така получените резултати за машина Б се сравняват с тези от таблица 1 (за машина А). В конкретния разгледан случай стойността на този преводен коефициент е 1,75/1, т.е. за модернизацията на машина А са изразходвани повече средства.

Резултатът от това преобразуване е показан в таблица 3.

ТАБЛИЦА 3. СТОЙНОСТИ НА ПОДОБРЕНИЕТО ПРИ ДВЕТЕ МАШИНИ И КОРИГИРАНИТЕ СТОЙНОСТИ НА МАШИНА Б

	\bar{T}	\bar{T}_B	$\bar{T}_{\text{пр.о}}$	$K_{\text{и.пр}}$	$K_{\text{отг}}$
Подобрение на машина А, %	69	9	21	5	7
Подобрение на машина Б, %	56	8	28	5	10
Коригирано подобрение на машина Б, %	98	14	49	8,8	17,5

Тук вече е коректно сравняването на подобрението за машина А и коригираното подобрение за машина Б. При това сравнение (втори и четвърти ред от таблица 3) могат да бъдат формулирани следните резултати за всеки един от показателите:

- 1) При сравняване на стойностите на показателя „средна отработка между отказите“ се вижда, подобрението при машина Б е значително по-голямо. Като абсолютни стойности подобрението при машина А е по-голямо, но след отчитане на стойностите на двете модернизации се оказва, че значително по-малкото средства за модернизация на машина Б (с модернизирана хидропневматична система) водят до по-голям положителен ефект при машина Б. Т.е. въз основа на показателя „средна отработка между отказите“ препоръчителен е вариантът за модернизация на машина Б, при това със значителна преднина (от порядъка на 50 %) пред машина А.
- 2) Анализът на подобренията на следващите два показателя, характеризиращи ремонтните и в общ план – възстановителните процеси, а именно „средното време за възстановяване“ и „средното време за престои поради откази“ показва, че при

машина Б отново имаме по-голямо подобрение, отколкото при машина А. Т.е. и при тези показатели може да се направи изводът, че вариантът за модернизация на хидропневматичната част (машина Б) е по-удачния измежду двата.

- 3) По отношение на двата комплексни показателя „коэффициент на използване по предназначение“ и „коэффициент на организационно-техническа готовност“ след вземане предвид на преводния коефициент може да се направи изводът, вариантът за модернизация на машина Б също е по-удачен. Този извод е особено важен, тъй като тези два комплексни показателя пряко се отнасят до работната ефективност на модернизираниите машини.
- 4) Като краен извод можем да направим заключението, че вариантът за модернизация при машина Б е препоръчителен пред варианта за модернизация на машина А. Отчитането на този извод обаче при последващи модернизации при други аналогични или подобни машини следва да се направи със следната уговорка. Необходимо е да се вземе предвид конкретния обем и обхват на извършените и разгледаните две конкретни модернизации. Т.е. при извършване на модернизации на механичната и/или хидропневматичната част на аналогични или подобни машини, но в мащаб, значително различен от този при разгледаните две конкретни машини, направените изводи няма да са адекватни. Направените изводи ще са адекватни при аналогични или от подобен вид машини и модернизации в мащаб, близък до мащаба на модернизациите на разгледаните машини.

IV. ИЗВОДИ

- 1) Реализиран е метод за сравнителен надеждностен анализ на резултатите от модернизация на механичната и хидропневматичната части на стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление.
- 2) Въз основа на предложения метод може да бъде разписана процедура за сравнителен надеждностен анализ и на други сложни технически обекти.
- 3) Определен е набор от показатели за експлоатационна надеждност и работна ефективност, въз основа на който да бъде извършен този анализ.
- 4) На базата на данни за експлоатационните откази са определени числените стойности на тези показатели.
- 5) Тези числени стойности могат да бъдат база за реализиране на последваща по-конкретна икономическа оценка на резултатите от двата варианта за модернизация.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Onur Çelik, Joan Pau Sánchez, Özgür Karatekin, Birgit Ritter; A comparative reliability analysis of ballistic deployments on binary asteroids; Acta Astronautica, Volume 156, March 2019, Pages 308-316, ISSN: 0094-5765, International Academy of Astronautics;
- [2] D.A.Oshmarin, N. A. Iurlova, N. V. Sevodina, M. A. Iurlov; A comparative analysis of two approaches to damping of vibrations; Procedia Structural Integrity, Volume 28, 2020, Pages 1438-1448, ISSN: 2452-3216, Elsevier B.V.;
- [3] Hamzeh Soltanali, Abbas Rohani, Mohammad Hossein Abbaspour-Fard, José Torres Farinha; A comparative study of statistical and soft computing techniques for reliability prediction of automotive manufacturing; Applied Soft Computing, Volume 98, January 2021, ISSN: 1568-4946, Elsevier B.V.;
- [4] Mehmet Çopuroğlu, Shane O'Brien, Gabriel M. Crean; Sol-gel synthesis, comparative characterisation, and reliability analyses of undoped and Al-doped zinc oxide thin films; Thin Solid Films, Volume 517, Issue 23, 1 October 2009, Pages 6323-6326, ISSN: 0040-6090, Elsevier B.V.;
- [5] R Marco Dourado, Delfim Soares, Joaquim Barbosa, António Marques Pinho, José Meireles, Paula Branco, Carlos Ribeiro, Carlos Rei; A comparative study of fatigue behaviour of MAG and laser welded components using reliability analysis; Materials Science and Engineering: A, Volume 606, 12 June 2014, Pages 31-39; ISSN: 0921-5093, Elsevier B.V.;

COMPARATIVE RELIABILITY ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE MODERNIZATION OF MECHANICAL AND HYDROPNEUMATIC PARTS OF A COMPLEX TECHNICAL OBJECT

Vladimir Boyadzhiev
Todor Kableshkov University of
Transport
Sofia, Bulgaria
E-mail: v.boyadjiev@abv.bg

Abstract: In the present study the peculiarities of modernization of separate parts of a complex technical object in terms of operational reliability and operational efficiency of the studied sites are considered.

A comparative analysis was performed between two variants of modernization in order to establish their advantages in terms of pre-selected criteria.

In particular, the results of modernization of the mechanical and hydropneumatic parts of a lathe metal-cutting machine with digital-program control - a typical complex technical object are studied.

ОТНОСНО ПРОЕКТИРАНЕТО НА АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА БУТИЛИРАНЕ НА ТЕЧНОСТИ

Татяна Вакарелска
КЕЕ при ТУ –София
София, България
E-mail: vakarelska@tu-sifia.bg

Резюме: В настоящата статия са разгледани особеностите и необходимостта от реализиране на възможностите за автоматизирано бутилиране на течности. Разработени са компоновъчни варианти в процеса на проектиране на автоматизиран комплекс за производство на различни видове хранителни течности. Използвайки методика на катедра „АДП“ за определяне на технологичността на конструкцията на изделието (бутилка, контейнер и др.), е направен анализ и оценка на разработени варианти с метода на безразмерните коефициенти и е избран рационалният вариант.

Ключови думи: *автоматизиран комплекс (АК), бутилиране на течности, анализ, методика, оптимален вариант, безразмерни коефициенти.*

I. УВОД

Жизненият стандарт на всяка държава зависи от развитието на индустрията и степента на нейната автоматизация. Това се постига при внедряването на автоматизираща техника и по конкретно на автоматизираните комплекси (АК).

Автоматизацията на процесите в дискретните производства е сложен и многообразен процес. Те са с прекъсваем характер. Това са всички процеси в: машиностроенето, електронната и електротехническата промишленост, фармацевтиката, хранително-вкусовата промишленост, дървообработващата промишленост, производството на строително-керамични изделия и др. Тези процеси по-трудно се автоматизират, тъй като съществуват множество обекти, но независимо от това могат да се използват едни и същи методи и средства за автоматизирането им. По света консумацията на минерална вода и напитки расте всяка година, а у нас се забелязва известен растеж през последните години.

Оборудване за пълнене на течности се използва широко в хранително-вкусовата промишленост, бутилирането на напитки, фармацевтичната и козметичната индустрия, както и в други промишлени приложения, като пълнене на химически, нефтохимически продукти и горива. Производителите поставят все по-сериозен фокус върху подобряване на ефективността на автоматизиращата техника за бутилиране на хранителни течности и внедряване на редица технологични иновации.

II. СЪВРЕМЕННИ МЕТОДИ И ТЕХНИЧЕСКИ СРЕДСТВА ЗА БУТИЛИРАНЕ

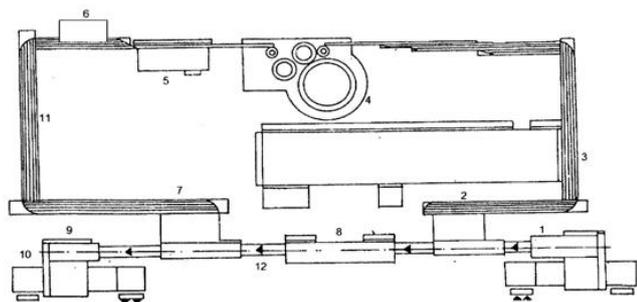
Гъвкавите АК съчетават най-новите световни разработки и иновации – модулен принцип на

изграждане, последно поколение сервозадвижвания, бързопредастроваеми патентовани спътникови транспортни система, вградена СІР система за бързо измиване и запаметяване на над 20 работни параметри за всеки флакон, тъчскрийн, дисплей с интуитивен графичен интерфейс, работа и със силно пенливи продукти, пълен статистически и производствен анализ, производителност 2 400 – 6 000 бр/час. Автоматичните линии са предназначени за широк диапазон продукти – вода и други течности, шампоани, балсами, миелци препарати, кремове, битова и индустриална химия. [2;3]

Хранително-вкусовата промишленост е особено перспективен отрасъл за внедряване на АК, ефективни технологични процеси и технически средства имащи масов характер. За бутилиране на течности обикновено се предпочитат пластмасовите РЕТ бутилки. При автоматизацията на този вид производство рискът от морално остаряване на продукцията е малък, а срокът на експлоатация на технологичните съоръжения е дълъг. На база на натрупания опит бе разработена класификация на методите и техническите средства за дозиране и пълнене на продукти. В нея са отразени вида и вискозитета на продукта, метод, технология, принцип на пълнене и устройства позволяващи автоматичното опаковане [6]. Тя е съобразена с автоматичната техника за осъществяване на отделните операции при опаковане във функция на производителността; видовете опаковки и материала от който са изработени; метода на пълнене – тегловен, обемен, по ниво; принципа на пълнене – по налягане или самотек в зависимост от вискозитета на продукта (фиг.1).

Структурата на АК за бутилиране на течности зависи главно от производството или нуждите които трябва да задоволява и обикновено се компонова от: автоматична машина за пълнене и затваряне; автоматична машина за миене; автомат за етиктиране; промишлени роботи за палетизиране и депалетизиране, за разтоварване–крейтер и за натоварване–декрейтер. [1,4] Транспортърите са жизнено важни артерии в цикъла на производство. Те свързват отделните машини в една цялостна система за пълнене и опаковане.

Съвременните тенденции налагат използването на нови материали за опаковане и нова визия от гледна точка на външен вид, форма, етикети и др. влияещи фактори, като и разход на енергия, екологичност и т.н. Използваните опаковки за течности могат да са от РЕТ, стъкло, пластмаса. Към тях са поставени нормативни изисквания определени от „Наредба №6“ на Министерство на здравеопазването. [3]



Фиг.5 Компоновка на оптималният вариант на АК за бутилиране

1-ПР за доставка на пластмасови каси; 2-ПР за разтоварване; 3- АММ на бутилки; 4- ТС; 5- АМПЗ; 6- контролен автомат; 7- АЕ; 8- АММ за каси; 9- ПР за натоварване на бутилки; 10- ПР за палетизиране на каси; 11- магазин за палети; 12- ТС за палети;

Технологичният процес протича в два потока. С помощта на елеватор, носещ палети от каси и празен амбалаж, от транспортъора за палети започва автоматичния цикъл на първия поток. Промисленият робот (ПР) поставя касите върху транспортъора, а празните палети се събират в магазина за палети. Транспортъора отвежда касите с празни бутилки към ПР за разтоварване. На тази позиция се разтоварват бутилките, а празните каси по транспортъор се преместват до АММ за каси. Измитите каси, чрез транспортъора за каси, се подават към ПР за натоварване на пълни каси. След това ПР за палетизиране поставя пълните каси с пълни бутилки върху празна палета по предварително зададена програма, определяща броя на слоевете, броя на редовете и броя на касите в един ред. Така подготвената палета се взема от електрокар и се транспортира в склада за готова продукция.

Вторият поток започва от поставяне на празни бутилки върху транспортната система (ТС) от ПР за разтоварване на празни бутилки от пластмасови каси. ТС подава празните бутилки на автоматичната машина за миене на бутилки. След измиване бутилките преминават през контрол за проверка на чистотата и се транспортират в автоматична машина за пълнене и затваряне, следва контрол за качеството на запълването и затварянето на бутилките, автомат за етиктиране (АЕ). Качествената продукция преминава през пастъоризатор след което се подава и подрежда посредством ТС на ПР за натоварване. Тук двата потока отново се събират.

Компоновката на първи вариант включва пастъоризатор след АМПЗ. При втория, той е изключен с което се намаляват разходите, но и трайността на хранителните течности. При третата компоновка са добавени контролни автомати за повишаване контрола на качеството на готовата продукция. [1, 8]

IV. АНАЛИЗ И МЕТОДИКА ЗА ИЗБОР НА ОПТИМАЛЕН ВАРИАНТ

Методиката за избор на оптимален вариант включва следните показатели: такт на АК, определящ производителността; цена на варианта; икономически показатели, като себестойност на продукцията, общи капиталовложения и др.; единична и обща инсталирана мощност; заета площ; брой компоновъчни единици;

степен на достъпност за ремонт и обслужване; гъвкавост.

При избора на ефективно решение на автоматизираната система са използвани безразмерни коефициенти, като се изчислява обобщения коефициент K_{oi} за всеки от разглежданите варианти i ($i = 1 \div m$; m – брой на вариантите) [9]:

$$K_{oi} = \prod_{j=1}^n (K_{ij}) , i = 1 \div m, \quad (1)$$

За решаване на задачата е съставен модел и алгоритъм за намиране на оптимално решение чрез безразмерни коефициенти. Разработена е и приложна програма, която е апробирана и е работоспособна. Като безразмерни коефициенти (критерии) са използвани следните основни показатели:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_1 = \beta \\ K_2 = K_G \\ K_3 = K_A \\ K_4 = (1 - K_G) \\ K_5 = 1/n \end{array} \right. \quad (2)$$

където: β е ръст на производителността; K_G – коефициент на гъвкавост, определящ степента на гъвкавост $G = (1 - K_G) \cdot 100\% > 80\%$; K_G – коефициент на готовност; K_A – коефициент на автоматизация;

Оптимален е вариантът, който има максимален обобщен коефициент K_{oi} , т.е.

$$\max \{ K_{oi} , i = 1 \div m \} \quad (3)$$

В таблица 1 са представени количествени стойности на безразмерните коефициенти и обобщения коефициент за отделните варианти, като на тяхна база е избран оптималния вариант

ТАБЛИЦА 1 КОЛИЧЕСТВЕНИ СТОЙНОСТИ НА БЕЗРАЗМЕРНИТЕ КОЕФИЦИЕНТИ

V_i	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_{oi}
V_1	2	0,92	0,93	0,08	5,49	9,42
V_2	2	0,92	0,973	0,08	2,88	6,85
V_3	3	0,92	0,938	0,08	6,99	11,92

От получения резултат от оценката на отделните варианти се вижда, че оптимален е третия вариант на АК за бутилиране на течности т.е. има максимален обобщен коефициент $K_{oi} = 11,92$

$$\max \{ K_{oi} \} = \max \{ 9,42, 6,85, 11,92 \} = 11,92 \quad (4)$$

Технико-исономически параметри на избрания вариант са:

$$K_G = \frac{T_p}{T_p + T_B} = 0,92 \quad (5)$$

$$K_A = \frac{t_a}{t_a + t_p} = \frac{230}{230 + 15} = 0,38 \quad (6)$$

$$\Delta K = 80000 \text{ лв.} \quad (7)$$

$$\Delta C = 1,3 \text{ лв.} \quad (8)$$

$$Q_T = 430200 \text{ бр./г} \quad (9)$$

$$I_T = 230200 \cdot 1,3 = 559260 \text{ лв.} \quad (10)$$

$$N = 10 \text{ год.}$$

$$A_M = \frac{80000}{10} = 8000 \text{ г.} = 0,462 \text{ h} \quad (11)$$

$$n = \frac{80000}{559260 + 0,462} = 0,143 \quad (12)$$

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{0,143} = 6,99 \quad (13)$$

Където: K_a е коефициент на автоматизация, определящ критерий степен на автоматизация; K_T – коефициент на гъвкавост; T_P – средно време за безотказна работа; T_B – средно време за възстановяване на даден отказ; t_P – време за пренастройване; t_a – време за автоматична работа; ΔK – размер на инвестициите; ΔC – собствена себестойност за 1 година; Q_T – проеводствена програма; I_T – годишен икономически ефект; N – дълговечност; A_M – годишни амортизационни отчисления; n – срок на откупуване на допълнителни капитални вложения.

V. Изводи

- Направен е анализ на методите за дозиране и пълнене на течни продукти, като е съставена класификация.
- Разработени са компоновъчни варианти на АК за бутилиране на течности
- Използването на голям брой агрегатни единици определя увеличаването на производителността и намаляване на заетата площ
- По методика на безразмерните коефициенти е извършен анализ и оценка на вариантите за компоноване на автоматизирани системи и е определен оптималният от тях.

- Приложението на агрегатно-модулния принцип съкращава значително времето за проектиране, изграждане и внедряване на АК.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Чакърски, Д, Т. Вакарелска. Автоматизиращи устройства, ИК на ТУ - София, 2008)
- [2] Енерджи ревью, списание – бр. 7,С., 2020.
- [3] Енерджи ревью, списание – бр. 2,С., 2018
- [4] <http://www.patentstorm.us>.
- [5] <http://inaclassic.com>
- [6] <https://www.europages.eu>
- [7] <http://www.krones.com/en/products/fillingtechnology/air-conveyor-for-pet-bottles.php>
- [8] Климентов А., Дипломна работа, “Изследване производителността на пневмотранспортър за празни бутилки от PET”, УХТ Пловдив, 2018.
- [9] Чакърски, Д, Т. Вакарелска. Инженерни изследвания и симулационно проектиране, ИК на ТУ - София, 2008.
- [10] Димитрова Р., С. Димитров, С. Николов, ИЗСЛЕДВАНЕ ПРОЦЕСА НА АВТОМАТИЧНО ПОСТАВЯНЕ НА КАПАЧКИ ВЪРХУ ЗАТВАРЯНИТЕ С ТЯХ СЪДОВЕ, XXVI МНТК „АДП – 2017”, Созопол, 22 – 25.06.2017 г. (126-130).
- [11] Николов Ст., С. Димитров, Р. Димитрова, Изследване процеса на автоматично затваряне на съдове с винтови капачки, XXV МНТК „ММТ-2017” Сливен, Списание по Машиностроене и машинознание, година XIII, книга 1, 2018 г., ISSN-1312-8612, 2018 (13-16).
- [12] Dimitrov S., L. Dimitrov, R. Dimitrova, S.Nikolov, EXAMINATION OF THE PROCESS OF AUTOMATED CLOSURE OF CONTAINERS WITH SCREW CAPS, International Conference on Information Technologies ICIT-2019: Information and Communication Technologies for Industry and Research, 7-8.02.2019, Saratov, Russia, Springer International Publishing, DOI 10.1007/978-3-030-12072-6_41, ISBN 9783030120726 (online), 9783030120719 (print), pp. (502-514).
- [13] Dimitrova R., S. Nikolov, S. Dimitrov, MEASUREMENT OF THE CLOSING FORCE AT AUTOMATIC CLOSING BOTTLES WITH SCREW CAPS, XXX International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance 2020, 7-11, September, Sozopol, Bulgaria pp. (38-42).

ON THE DESIGN OF AN AUTOMATED LIQUID BOTTLING SYSTEM

Tatyana Vakarelska

CEE of TU - Sofia

Sofia, Bulgaria

E-mail: vakarelska@tu-sifia.bg

Abstract: This article discusses the features and the need to realize the possibilities for automated bottling of liquids. Layout variants have been developed in the process of designing an automated complex for the production of various types of food liquids. Using the methodology of the Department of ADP to determine the manufacturability of the product (bottle, container, etc.), an analysis and evaluation of developed options with the method of dimensionless coefficients and the rational option is chosen.

АВТОМАТИЗИРАНЕ НА ЗАВАРЯВАНЕТО НА ДЕТАЙЛ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ТРЪБНА МЕБЕЛ

Петър Панев
ИИКТ,
Българска академия на науките
София, България
E-mail: panevv@gmail.com

Миглена Панева
ИИКТ,
Българска академия на науките
София, България
E-mail: m.paneva7@gmail.com

Любен Клочков
ТУ – София
София, България
E-mail: lklochkov@tu-sofia.bg

Резюме: В настоящата статия са разгледани различни типове на електрическо заваряване чрез термичен процес – ръчно дъгово заваряване (РЕД) с електроди – Трансформаторни и инверторни, заваряване в газова среда МИГ/МАГ, заваряване с волфрамов инертен газ и лазерно заваряване. Посочени са техните принципи на работа, предимства и недостатъци. Обърнато е по-голямо внимание на лазерната заваръчна машина, поради по-голямата ѝ степен на автоматизация и опростеният процес на заваряване.

Ключови думи: заваряване, електроди, лазерен лъч

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Електрическото заваряване е широко използвано и е необходимо във всички сфери на живота и индустриалната промишленост. Електрическото заваряване е технология, която е лесна за научаване. За заваряване се използват всички познати видове енергия. Енергийното въздействие може да се осъществи чрез нагряване (термична активация), чрез еластично-пластична деформация (механична активация), електронно облъчване, както и други видове енергийни въздействия. Именно видът, интензивността на въведената енергия и характерът на нейното преобразуване са главните фактори, определящи заваръчния процес. Според вида на използваната енергия заваръчните процеси се делят на процеси, използващи топлинна енергия; процеси, използващи механична енергия, и процеси, използващи термо-механична енергия [1]. Към момента могат да се изброят над 30 вида заваръчни метода, но обикновено се използват основно четири типа заваряване чрез термично заваръчни процеси – ръчно дъгово заваряване (РЕД) с електроди: трансформаторни и инверторни, заваряване в газова среда МИГ/МАГ, заваряване с волфрамов инертен газ и лазерно заваряване. Всеки един от тях е разгледан по-подробно – особеностите, предимствата и недостатъците им.

Целта на настоящата работа е чрез анализирането на различни видове заварки да се избере тази, която има най-голяма производителност, прецизна работа и минимална нужда от консумативи.

II. РЪЧНО ДЪГОВО ЗАВАРЯВАНЕ С ТРАНСФОРМАТОРНИ И ИНВЕРТОРНИ ЕЛЕКТРОДИ

Ръчното дъгово заваряване (РЕД) (Фиг. 1) е най-древният метод, който се използва много широко и в наши дни в почти всички промишлени индустрии [2]. То се основава на създаването на електрическа дъга между електрода и детайлите, които трябва да бъдат заварени. Електрическата дъга, която се създава между обмазаните електроди и металните части, които трябва да бъдат съединени ги нагрява до желаната температура на топене, което от своя страна води до взаимната им дифузия [3].

A. Предимства на РЕД заваряването:

- опростен метод на обучение;
- сравнително лесен и бърз начин за овладяването на тънкостите на този вид заваряване;
- компактност на апарата, което позволява да бъде работено с него дори и в тесни помещения;
- универсалност;

B. Недостатъци на РЕД заваряването:

- невъзможността да бъдат заварявани тънки материали (по-малки от 2 мм.);
- по-ниската производителност в сравнение с останалите видове заварки;
- вредните вещества, които се отделят по време на заваряване;

Извършването на критични носещи заварки, изисква висок професионализъм от страна на заварчика, тъй като силата на цялата конструкция зависи от качеството на създадената заварка.



Фиг.1. Ръчно дъгово заваряване с електроди

III. ЗАВАРЯВАНЕ В ГАЗОВА СРЕДА

Заваряването в газова среда биват два вида: с инертен газ (МИГ) и заваряването с активен газ (МАГ) (Фиг. 2). Те са газови метални дъгови заварки, които използват топлина, създадена от електрическа дъга с постоянен ток, между консумативен телен електрод и детайла, който трябва да бъде заваряван.

Типичните инертни газове, които се използват при МИГ заваряването са аргон или хелий и с тях обикновено се заваряват алуминий или цветни метали.

При МАГ заваряването се използват активни газови смеси като смеси от аргон, въглероден диоксид и кислород като CO_2 , $Ar + 2$ до $5\% O_2$, $Ar + 5$ до $25\% CO_2$ и $Ar + 10\% CO_2 + 5\% O_2$.

Заваряването с апарати МИГ/МАГ има редица съществени предимства пред заварката с електроди и поради това в много случаи е за предпочитане. Металният електрод е навит на ролка тел с диаметър от 0,6 до 3,2 mm. Големите диаметри, от 1,6 mm нагоре се използват предимно за наваряване на износени детайли. Чрез телоподаващо устройство телът преминава през шланг с максимална дължина 4,5 m и така достига до заварявания детайл [4, 5].

A. Предимствата на газовото заваряване:

- лесното усвояване на процеса на заваряване.
- възможността с този вид заваряване да се заваряват пространствени конструкции (вертикални и таванни заварки), тънки листови елементи, конструкции от черни и цветни метали и други.
- чист, без примеси заваръчен шев.
- високо производителен процес.
- постигане на минимални термични деформации при обработка на материалите.
- сравнително ниската цена на заваръчните апарати и консумативите за тях.

B. Недостатъците на МИГ/МАГ заваряването:

- по-малката мобилност на заваръчните апарати.
- по-високата работна температура, която се развива.
- невъзможността да се изпълняват заварки на открито.



Фиг.2. Заваръчен апарат МИГ/МАГ [6]

Заваряването в газова среда МИГ/МАГ намира голямо приложение както в домашната работилница, така и в промишлеността и по-специално в отрасли като автомобилостроенето, химическата промишленост, машиностроенето, изграждането на далекопроводи и тръбопроводи и т. н.

IV. ЗАВАРЯВАНЕ С ВОЛФРАМОВ ИНЕРТЕН ГАЗ

Заваряване с волфрамов инертен газ (ВИГ) е не само най-прецизен, но и за да се правят такива заварки от заварчиците се изисква да имат богат професионален опит (Фиг. 3).

A. Технологичен процес

В работната зона се подават нетопим волфрамов електрод и инертен газ (обикновено инертните газове, които се използват при ВИГ заваряването са хелий или аргон). Налягането, създадено от газа измества въздуха, което гарантира, че няма да се появят окислителни процеси или азотиране в работната зона. Добавъчният материал може да се подаде ръчно или със специално устройство, но трябва да има приблизително сходен състав с химическия състав на материала, който трябва да бъде заварен.

B. Предимства на ВИГ заваряването:

- може да бъде използвано при почти всички видове дебелини на металите.
- С ВИГ заваряването могат да бъдат заварявани както много тънки материали (0,6 mm.), така и дебели материали, което много разширява спектъра на приложение на ВИГ заваръчния процес.
- могат да бъдат извършвани заварки на различни метали като алуминий, легирани стомани, неръждаема стомана, желязо, никел, титан, чугун, магнезиеви и медни сплави, мед и т. н..
- използва се за фини, висококачествени заварки, които не изискват голямо след заваръчно почистване на шевове.

C. Недостатъци на ВИГ заваряването:

- Оператор - заварчикът трябва да притежава богат професионален опит
- високата цена на заваръчния апарат, с който се извършват този вид заварки и по-малката му мобилност.

ВИГ заваряването е предпочитан тип поради чистата, фина и елегантна заварка.



Фиг.3. Заваръчен апарат ВИГ [7]

V. ЛАЗЕРНО ЗАВАРЯВАНЕ

Лазерното заваряване използва високоенергийни лазерни импулси за локално нагриване на материала в малка площ. Енергията от лазерното лъчение дифундира в материала чрез топлопроводимост, като топенето на материала се формира от специфичен разтопен басейн [8].

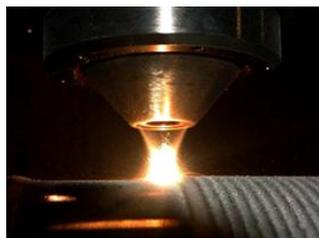
Източникът (Фиг. 4) на топлина при лазерното заваряване е мощен концентриран светлинен лъч, който се получава в специално устройство – квантов генератор и усилвател (лазер). Лазерният лъч (фиг.5) е източникът с най-висока концентрация на енергия, използван за заваряване на металите чрез стопяване [9]. Основни характеристики на този лъч са: насоченост, монохроматичност и кохерентност. Това означава, че лазерът генерира тънък кохерентен сноп с постоянна дължина на вълната (еднакъв цвят), постоянна фаза и голяма яркост.

Некохерентните източници излъчват в почти целия електромагнитен спектър и във всички посоки. Благодарение на насочеността енергията на лазерния лъч се концентрира на сравнително малък участък. Поради факта, че се явява монохроматичен - има определена честота и дължина на вълната, лазерният лъч отлично се фокусира чрез оптични лещи.

Кохерентният му характер определя редица изключително важни свойства на лазерното лъчение като успоредността на лъчите един на друг в един лазерен сноп светлина, възможността за пренос на огромно количество енергия за кратко време и други. Благодарение на тези си свойства лазерният лъч може да бъде фокусиран върху много малка повърхност от метала и да създаде в тази точка енергия с плътност до около 108 W/cm^2 , което е достатъчно за разтопяването му, а оттам и за неговото заваряване.



Фиг.4. Лазерен източник



Фиг.5. Лазерен лъч

A. Приложение на лазерното заваряване

Лазерното заваряване се използва при производството на заваръчни шевове. Прилага се основно за заваряване на тънки материали и прецизни детайли. Той може да извършва точково заваряване, челно заваряване, заваряване със застъпване и заваряване. Той има високо съотношение, малка широчина на заваръчния шев и малка зона, засегната от топлина. Деформацията е малка, скоростта на заваряване е бърза, заваръчният шев е гладък и красив и след заваряването не е необходимо обработване. Заваръчният шев е с високо качество без порьозност и може да бъде точно контролиран. Лазерният източник лесно може да се внедри в процеса на автоматизация.

Степента на автоматизация на лазерната заваръчна машина е висока и процесът на заваряване е лесен. Методите за безконтактна работа могат да постигнат чисти, екологични изисквания. Използването на лазерна заваръчна машина за обработка на детайла може да подобри ефективността на работа по време на процеса на производство на заваръчни шевове. Лазерна заваръчна машина се използва широко в обработката на зъбни протези, заваряване на клавиатурата, заваряване на ламарина от силициева стомана, заваряване на сензори, заваряване на капачки за запечатване на акумулатори и т.н.

B. Предимствата на лазерното заваряване:

- Необходимото количество топлинна мощност може да се сведе до минимум. Малката зона, засегната от топлината, ще помогне да се намали деформацията, дължаща се на топлинната проводимост.
- Не се използват електроди, което води до екологична среда. Износването на машината и деформацията могат да бъдат сведени до минимум, поради липсата на контактното заваряване.
- Лазерният лъч е лесен за фокусиране, подравняване и насочване от оптичния инструмент. Той може да бъде поставен на подходящо разстояние от обработвания детайл и да бъде направляван между инструментите или препятствията около детайла. Други методи за заваряване не могат да се използват поради ограничения на пространството.
- Диапазонът от заваряеми материали е голям и могат да бъдат свързвани разнородни материали.
- Не се влияе от магнитното поле (дъгова заварка и заваряване с електронен лъч лесно се повлиява от магнитното поле).
- При перфорирано заваряване съотношението дълбочина към ширината на заваръчния шев може да достигне 10 : 1.
- При заваряване на тънки материали или такива с малък диаметър, няма да бъдат засегнати от проблеми при пренаточване като дъговата заварка.

C. Видове лазери

В зависимост от начина на обработка на материала лазерите биват твърдотелни, газови, течни и полупроводникови. От тях в промишлеността за лазерно заваряване се използват предимно твърдотелните и газовите лазери. От твърдотелните лазери, които биват импулсни и непрекъснати, за момента най-широко използвани са твърдотелните лазери, при които лазерният лъч се генерира в кристална пръчка от нитрието - алуминиев гранат, активиран с ниодим [10]. Дължината на вълната на лъча обикновено е от 1 до 3 микрона. Лъчът се характеризира с много къс импулс и повторение на специфична честота. Твърдотелните лазери се считат за подходящи за заваряване на детайли

със сравнително малки размери и дебелина. Често намират приложение в микроелектрониката. Възможно е извършването и на точково заваряване на изделия от фолио с диаметър на точките от около 0,5-0,9 mm.

Сред най-широко използваните газови лазери са CO₂ лазерите, при които лазерният лъч се генерира във вакуум, съдържащ CO₂ газ. Дължината на вълната на лъча е около 10 микрона. Основно предимство на газа като активна среда се явява високата оптическа еднородност. Ето защо за научни и технически приложения, за които се изисква много добра насоченост и монохроматичност на излъчването, газът е предпочитан.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

След подробното анализиране на предимствата и недостатъците на основните видове заварки- ръчно дъгово заваряване с електроди, заваряване в газова среда МИГ/МАГ, заваряване с волфрамов инертен газ и лазерно заваряване се установи, че лазерното заваряване е типа заварка, която се избира за производството на детайли за тръбна мебел. Този тип заварка е предпочитаната, защото е с най-висока концентрация на енергия и заваряването се реализира чрез стопяване на метала, използват се високоенергийни лазерни импулси за локално нагриване на материала в малка площ и е предназначено за прецизни детайли с малка дебелина. Най-големият плюс на лазерната заваръчна машина е високата степен на автоматизация и лесното използване,

докато при другите видове е необходим квалифициран персонал и липсва възможност за автоматизиране. Амортизацията на машините е ниска, липсват консумативи като електроди и изразходваната мощност е ниска, което води до високи приходи и повишена продукция.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изследването в настоящата статия е осъществено с подкрепа по линия на средства за задочни докторанти – 2021 г.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] „Заваряване“, ТУ София, 2009 г., доц. д-р М. Тонгов
- [2] EN ISO 4063:2009
- [3] https://metalin.com/bg/pages/Kolko-vida-zavaryavane-ima?fbclid=IwAR2PKU2gpkMEhw8nfvM3rV4u6Ofu6l41GI6st4Hd4N9oAVOxNqZh_Gawzb8, последно посетен 28.04.2021 г.
- [4] <https://www.engineering-review.bg/bg/lazerno-zavaryavane/2/2335/>, последно посетен 28.04.2021 г
- [5] „Технология на заваряването“, ТУ София, 1987 г., проф. д.т.н. К. Велков
- [6] <https://www.redco.bg/>, последно посетен 28.04.2021 г
- [7] <https://www.harkobg.com/>, последно посетен 28.04.2021 г
- [8] <http://en.maxphotonics.com/>, последно посетен 28.04.2021 г
- [9] <http://m.bg.precisionfabricacion.com/news/introduction-on-laser-welding-machine-in-weldi-15538162.html>, последно посетен 28.04.2021 г
- [10] „Оборудование для сварки“, Машиностроение, 1999, Б. Е. Патон

AUTOMATION OF WELDING OF A DETAIL FOR THE PRODUCTION OF TUBULAR FURNITURE

Peter Panev
Institute of Information and
Communication Technologies at the
Bulgarian Academy of Sciences,
Sofia, Bulgaria
E-mail: panevv@gmail.com

Miglena Paneva
Institute of Information and
Communication Technologies at the
Bulgarian Academy of Sciences,
Sofia, Bulgaria
E-mail: m.paneva7@gmail.com

Luben Klochkov
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
E-mail: lklochkov@tu-sofia.bg

Abstract: This article discusses different types of electric welding by thermal process- manual arc welding with electrodes - Transformer and inverter, gas welding MIG / MAG, tungsten inert gas welding and laser welding. Their principle of operation, advantages and disadvantages are indicated. More attention has been paid to the laser welding machine due to its greater degree of automation and the simplified welding process.

КОНЦЕПЦИЯ ЗА СЕРВИЗЕН РОБОТ-ДРОН ЗА СКЛАДИРАНЕ И/ИЛИ ДОСТАВКА НА ГОТОВА ПРОДУКЦИЯ

Найден Шиваров

Институт по Информационни и
Комуникационни Технологии към
Българската Академия на Науките
София, България
E-mail: nchivarov@gmail.com

Денис Чикуртев

Институт по Информационни и
Комуникационни Технологии към
Българската Академия на Науките
София, България
E-mail: dchikurtev@gmail.com

Стефан Шиваров

Институт по Информационни и
Комуникационни Технологии към
Българската Академия на Науките
София, България
E-mail: schivarov@gmail.com

Резюме: в статията е представена концептуална разработка на мобилен робот-дрон с предназначение в процесите на пренос на стоки. Описани са подробно съставните компоненти на мобилния робот, типа на мобилната платформа, използваните сензори, алгоритми за управление и софтуерната система. В изследването е представена система за автономна навигация на робота. Описан е принципа на работа на навигацията и са представени резултати от проведените експерименти върху точността на позициониране и ориентация.

Ключови думи: мобилен робот, диференциално задвижване, автономна навигация, операционна система за роботи

I. УВОД

В днешно време съществуват различни типове колела и мобилни роботизирани платформи според тяхното устройство, възможности и начин на функциониране. При мобилните роботи най-често използваните мобилни платформи са от диференциален тип [1], използвани са предимно в учебната роботика, роботите помощници и във военните роботи. Друга много разпространена платформа е квадратичната с четири колела [2]. Този тип платформи се използват предимно в робокари и роботи предназначени за работа в тежки терени. Комбинирани със специални колела като омни колелата [3] или меканим колела [4], този тип платформи могат да предложат много добра устойчивост и маневреност [5]. На голям изследователски интерес са подложени и крачещите мобилни роботи, които имитират ходене на 4 крака или на 2 крака [6]. При избора и проектирането на мобилна платформа трябва да се съобрази нейното предназначение, терена върху който ще се придвижва, вида на задвижването, както и изисквания за специфични функции (например маневреност, специфични движения), ако има такива. Други важни проблеми при мобилните платформи са свързани с решаване на математически описания [7], изчисляване на одометрията при движение, както и товароносимост.

От гледна точка на електронните компоненти за един мобилен робот, то са необходими редица специализирани устройства като мини компютър, микроконтролер, комуникационни модули, задвижващи силови елементи, различни сензорни устройства и други. Популярни мини компютри използвани в мобилните роботи са Raspberry Pi, Intel NUC, NVidia Jetson и други [8]. Важна особеност за мини компютрите е те да имат достатъчно изчислителна мощ за да могат да обработват

и изчисляват нужната информация. Сред най-популярните и използвани микроконтролери в мобилните роботи са Arduino, esp32, pic32, teensy и други [9]. Важно при избора на правилния микроконтролер е той да разполага с необходимия брой входно/изходни изводи, да има достатъчно изчислителна мощ и обем от памет. Друг важен елемент е електрозадвижването. Трябва да се изчислят правилно параметрите на електромоторите и техните задвижващи силови елементи.

Сензорните системи са критично важна част от всеки проект за мобилен робот. Те спомагат за осъществяване на всички функции на взаимодействие с околната среда – следене на пространственото положение и ориентация на робота, поддържане на траектория, откриване на препятствия, безопасност на робота и хората, работещи с него. В зависимост от основната си функция сензорите, които са използвани в мобилните роботи, могат да се разделят на няколко категории.:

- Тактилни сензори - тези сензори реагират при физическо съприкосновение с твърдо препятствие. Монтират се отстраня на робота, обикновено при буферите за предпазване при сблъсък [10]. Обикновено се реализират с механични микропревключватели, реагиращи на натиск.
- Сензори за близост - реагират при приближаване до обект или препятствие. Могат да бъдат реализирани на базата на инфрачервени приемно-предаватели, ултразвукови ехолокатори или лазерни далекомири [11]. И в трите случая по параметрите на отразения сигнал може да се съди за близостта на обекта.
- Сензори за ускорение и ориентация – служат както за следене на промените в скоростта на мобилния робот, така и за откриване на посоката на земното ускорение (при неподвижен робот), т.е. следене на пространствената ориентация на робота [12]. Използването на такъв тип сензори ще допринесе за плавното движение на мобилната платформа, също и за тяхната прецизна работа по отношение на позициониране на робота.
- Допълнителни сензори – за измерване на сила, откриване на определени газове, температура, атмосферно налягане и др. – модулни приставки,

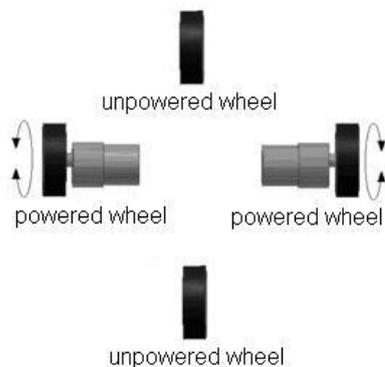
които служат за адаптиране към различни типове задачи и функции на мобилния робот.

II. МЕХАНИКА И ЕЛЕКТРОНИКА

Изследвани са изпълнителните електромеханични системи на Сервизен Робот-Дрон за Складиране и/или Доставка на Готова Продукция

Изпълнителните механизми са онези системи, които непосредствено осигуряват мобилността и широката функционалност на модулния робот. Функциите по задвижване както на целият робот, така и на отделни негови части/стави, ориентация на различни сензори за оптимизация на тяхната работа, преместване и задържане на определени обекти, осигуряване на въртливо или постъпателно движение на различни приставки, необходими за изпълнението на специфични функции, се осъществяват от крайни изпълнителни системи като електродвигатели, различни електромагнитни приставки, пиезоелектрични системи и др.

Мобилната робо-платформа фиг.1 е от типа с диференциално управление [13]. Този тип платформи имат два мотора, разположени от лявата и дясната страна, които задвижват независимо един от друг двете странични колела. За да се постигне стабилност на платформата използваме две пасивни колела отпред и отзад. Това разположение на колелата позволява въртене на място, но при неравни повърхности може да се изгуби контакт между някое колело и земята.



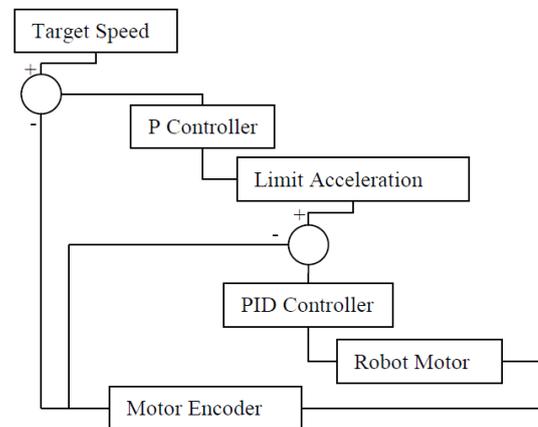
Фиг.1. Движение на мобилната робо-платформа

- Движение на двете задвижвани колела напред - постига движение на робота напред.
- Движение на двете задвижвани колела назад - постига движение на робота назад.
- Движение е на едното колело напред, а другото назад - постига завъртане на робота в малък кръг, чийто център се намира между двете задвижвани колела.
- Движение на едно колело по-бавно от другото - постига завъртания на робота в посоката на по-бавното колело. Колко бързо се завърта зависи от това колко голяма е разликата между двете скорости

Управлението на диференциална мобилна платформа е сложно, понеже се изисква координация и взаимодействие между две отделно задвижвани колела [14].

За да се намалят грешките при управлението на мобилната платформа, когато робота е в режим на автономна навигация са изчислени и компенсирани одометричните грешки на два етапа. Първия етап включва коригиране на систематичните и несистематичните грешки с помощта на комбиниран сензор. Във втория етап са добавени измерванията на сензора RP lidar за коригиране на отклоненията

За управлението на мощностите на моторите е използван ПИД регулатор. Този тип регулатор е интегриран в управляващата програма на контролера на робота. За обратна връзка използваме сигналите от енкодерите, разположени на всяко от задвижваните колела. Принципа на работа на управлението е показан на фигура 2.



Фиг.2. Управление на мощността на двигателите на мобилната платформа

Енкодерите измерват изминатото разстояние. След диференциране може да се определи скоростта на въртене на колелото. След това се изчислява разликата между желаната скорост и моментната скорост. Тази разлика се компенсира чрез П регулатор, който преобразува желаната скорост в ускорение. Полученото ускорение се ограничава и управлява от ПИД регулатор. На изхода на ПИД регулатора получаваме необходимата мощност за постигане на желаната цел.

Тези методи за управлението на мобилната платформа на робота допринасят за подобряване на работата му в режим на автономно движение. Реализирана е навигационна система в средата на ROS, която да позволява на робота да се движи до определени места самостоятелно.

III. СЕНЗОРНА СИСТЕМА

Проведени са изследвания върху следните групи сензори [15]:

- Тактилни сензори

Анализирани са възможностите за приложение на различни типове тактилни сензори, базирани се на

промяна на електрическото съпротивление на определени материали, както и сензори, функциониращи на електромагнитен принцип и др. Избрани са механични микропревключватели, реагиращи на натиск.

- Сензори за близост

Направен е сравнителен анализ и оценка на работата на различните типове сензори за близост по отношение на: типове откривани обекти, възможност за по-прецизно измерване на разстоянието, ограничение в обхвата, ъгъл на откриване, и други. Избраните сензори за вграждане в робота са: ултразвуков сензор HC-SR04, инфрачервен сензор Sharp GP2Y0A21YK0F и лазерен скенер RPLIDAR A3. Тези сензори са изключително ефективни при разпознаване и заобикаляне на препятствия, както и предотвратяване на сблъсъци на робота с човек или препятствие.

- Сензори за ускорение и ориентация

Направен е подбор и анализ на различни типове акселерометри и магнитни сензори според техните качества по отношение на различни параметри като прецизност, брой оси на чувствителност и други. За приложение в робота е избран комбиниран сензор MPU9250. Този комплексен сензор разполага с жirosкоп, компас и акселерометър.

IV. СЕРВИЗЕН РОБОТ-ДРОН ЗА СКЛАДИРАНЕ И/ИЛИ ДОСТАВКА НА ГОТОВА ПРОДУКЦИЯ

Сервизен Робот-Дрон (фиг.3) за складиране и/или доставка на готова продукция се състои от диференциална мобилна платформа, мини компютър и контролери, енкодерите и сензорите, електромеханична задвижваща система (постоянно токови двигатели с куплирани редуктори и енкодери), 12V LiFePo акумулаторна батерия и сензорна система, включваща: тактилен, инфрачервен, ултразвук, лазерен скенер, камера Intel Realsense и интегриран акселерометър, жirosкоп и инерционен сензор (IMU).



Фиг.3 Концептуален дизайн на робот-дрон за транспорт на готова продукция

Управляващия софтуер на робота е реализиран на три нива – ниско, средно и високо. Софтуерът на ниско ниво се изпълнява от микроконтролер, а средното и високото ниво се изпълняват от компютър. На ниското ниво е реализирано задвижването на моторите и извличане на сензорните данни от енкодери, IMU, и сензори за разстояние и тактилен сензор. На средното ниво са обработват сензорните данни, генерират се управляващи сигнали към микроконтролера и се изпълняват алгоритми за автономна навигация. На това ниво се извличат и данни от лазерния скенер и камерата. На високото ниво е реализиран уеб графичен интерфейс, чрез който потребителите, могат да управляват робота и да наблюдават данните от сензорите.

Управлението на ниско и средно ниво е реализирано, на базата на Robot Operating System (ROS) [16]. Връзката между компютър и микроконтролер е чрез серийна комуникация през USB кабел. Двете нива си обменят данни чрез ROS канали (topics). За предаване на данни от всеки сензор или за управление се използва отделен канал, по който се изпращат специално дефинирани съобщения в различен формат, според вида на данните. Системата е така организирана, че на средното ниво се изпълнява ROS ядрото, което осигурява връзката между отделните софтуерни програми.

Комуникацията между средното ниво и високото ниво е базирана на уеб технологиите. Използвани са уеб комуникационни канали, чрез които се постига директна връзка между уеб интерфейса и ROS ядрото. По този начин от високото ниво могат да се изпращат директни команди за управление на робота.

V. ТЕСТОВЕ И РЕЗУЛТАТИ

Robot Operating System (ROS) предлага широка гама от готови пакети и алгоритми за прилагане на автономна навигация за мобилни роботи. Специализираният ROS пакет за навигация включва локализация, картографиране, планиране на пътя, моделиране и контрол на робота. Принципът на работа с навигационния пакет може да бъде описан на няколко стъпки. Първоначално се създава карта на текущия склад или магазин. Стартират се необходимите възли за локализация и планиране на траекторията. Започва процедурата за локализиране на робота в картата. Накрая изпращаме желаната дестинация, към която роботът ще се премести.

Тъй като навигационната система работи в двуизмерна среда, трябва да се генерира съобщение със следните параметри, за да осигури желаните координати от картата:

- координати по дължина и ширина;
- ориентация.

Тези три параметъра, показват желаната позиция и ориентация на робота в картата.

Важна характеристика за създаването и използването на карти в навигационната система е предварително дефиниране и задаване на параметрите на самата карта. Такива параметри са максимална и минимална дължина

и ширина на картата, както и разделителна способност. От резолюцията на картата зависи, каква ще бъде точността при създаването на картата и съответно при работа в режим на навигация. Разделителната способност на картата се измерва в метри за зает блок от мрежата.

За постигане на оптимални резултати, за навигационна система използваме комбинация от сканиране с лазерен скенер на 360 градуса и сензор за ориентация. Освен това за да работи коректно навигационната система се нуждае от данни относно завъртането на колелата, типа на мобилната платформа и описан модел на робота според изискванията на ROS. За изчисляване на локализацията се използва алгоритъм базиран на Монте-Карло уравнения. За обработване на сензорните данни и интегрирането им в алгоритъма Монте-Карло се използват специализирани Калман филтри.

Специфичните характеристиките на робота, като междуосие, диаметър на активните колела и резолюция на енкодерите са зададени като параметри към пакетите за навигацията, за да може тя да работи коректно. За да работи в режим на автономна навигация, предварително е направена карта на помещението, в което се намира робота (фиг. 4). Това става в ръчен режим на телеуправление, като се обхожда помещението и лазерния сензор сканира, докато се получи завършена карта.



Фиг.4. Работа на навигационната система в реално време.

След като имаме готова карта, активираме навигационната система. Първоначално по подразбиране системата локализира робота в нулевите координати на картата и с нулева ориентация. След това, чрез приложението Rviz, трябва да се зададе ръчно къде се намира робота. Когато се зададат правилно координатите и ориентацията на робота, тогава очертаванията от точките на лазерния скенер и тези на стените на картата трябва да съвпадат. Така вече робота е готов за задаване на желани координати за достигане.

Робота е показан като точка на картата. Оцветените повърхности около робота представляват разпознатите контури, които са в обхвата на локаната система за планиране на траектория. Планираната траектория се показва като линия започваща от центъра на робота и свършва там, до където е локалното планиране. Желаните дестинации се посочват директно върху самата карта или могат да се задават, чрез допълнителна програма като координати от картата. Навигационната система може да придвижва робота от дадена позиция до друга с определена ориентация, автономно.

Като резултат от работата и изследванията на навигационната система, е измерена следната средна точност на позициониране: отклонение спрямо координатите на картата от +/- 10 см и отклонение спрямо ориентацията +/- 5 градуса. Тези резултати са постигнати при направени 15 експеримента като при всеки експеримент робота успешно е достигнал зададената позиция и ориентация.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От представените изследвания можем да обобщим, че сервизния робот-дрон е комплексно устройство, което може да оперира в режим на автономна навигация и да постига добра точност при позициониране и ориентация. Изградената сензорна система и алгоритмите за управление се справят успешно с поставените задачи. Така проектиран робота ще може да изпълнява задачи свързани с пренос на товари в помещения на закрито.

За бъдеща работа се предвижда да се изследват методи за подобряване точността на навигационната система, така че робота освен да бъде по-точен да може да изпълнява по-бързо заданията на алгоритъма за планиране на път.

БЛАГОДАРНОСТИ

„Изследванията, водещи до тези резултати, са финансирани от Министерството на образованието и науката по Националната научна програма “ИНТЕЛИГЕНТНО ЖИВОТНОВЪДСТВО”, споразумение за безвъзмездна помощ № Д01-62/18.03.2021

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Cui, Mingyue, Wei Liu, Hongzhao Liu, Hualong Jiang, and Zhipeng Wang. "Extended state observer-based adaptive sliding mode control of differential-driving mobile robot with uncertainties." *Nonlinear Dynamics* 83, no. 1-2 (2016): 667-683.
- [2] J. Liao, Z. Chen and B. Yao, "Model-Based Coordinated Control of Four-Wheel Independently Driven Skid Steer Mobile Robot with Wheel-Ground Interaction and Wheel Dynamics," in *IEEE*

- Transactions on Industrial Informatics, vol. 15, no. 3, pp. 1742-1752, March 2019, doi: 10.1109/TII.2018.2869573.
- [3] Qian J, Zi B, Wang D, Ma Y, Zhang D. The Design and Development of an Omni-Directional Mobile Robot Oriented to an Intelligent Manufacturing System. *Sensors*. 2017; 17(9):2073.
- [4] V. Alakshendra and S. S. Chiddarwar, "A robust adaptive control of mecanum wheel mobile robot: simulation and experimental validation," 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Daejeon, 2016, pp. 5606-5611, doi: 10.1109/IROS.2016.7759824.
- [5] K. Shabalina, A. Sagitov and E. Magid, "Comparative Analysis of Mobile Robot Wheels Design," 2018 11th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), Cambridge, United Kingdom, 2018, pp. 175-179, doi: 10.1109/DeSE.2018.00041.
- [6] Polishchuk, Mikhail, Mark Opashnianskiy, and Nikita Suyazov. "Walking mobile robot of arbitrary orientation." *International Journal of Engineering and Manufacturing* 8, no. 3 (2018): 1.
- [7] Rubio, Francisco, Francisco Valero, and Carlos Llopis-Albert. "A review of mobile robots: Concepts, methods, theoretical framework, and applications." *International Journal of Advanced Robotic Systems* 16, no. 2 (2019): 1729881419839596.
- [8] K. Krinkin, E. Stotskaya and Y. Stotskiy, "Design and implementation Raspberry Pi-based omni-wheel mobile robot," 2015 Artificial Intelligence and Natural Language and Information Extraction, Social Media and Web Search FRUCT Conference (AINL-ISMW FRUCT), St. Petersburg, 2015, pp. 39-45, doi: 10.1109/AINL-ISMW-FRUCT.2015.7382967.
- [9] Taha, Ihsan A., and Hamzah M. Marhoon. "Implementation of controlled robot for fire detection and extinguish to closed areas based on Arduino." *Telkommika* 16, no. 2 (2018): 654-664.
- [10] Kumar, Neerendra, Zoltán Vámosy, and Zsolt Miklós Szabó-Resch. "Robot obstacle avoidance using bumper event." In 2016 IEEE 11th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), pp. 485-490. IEEE, 2016.
- [11] Cheng, Yi, and Gong Ye Wang. "Mobile robot navigation based on lidar." In 2018 Chinese Control and Decision Conference (CCDC), pp. 1243-1246. IEEE, 2018.
- [12] Kim, Deok-Hwa, Seung-Beom Han, and Jong-Hwan Kim. "Visual odometry algorithm using an RGB-D sensor and IMU in a highly dynamic environment." In *Robot Intelligence Technology and Applications 3*, pp. 11-26. Springer, Cham, 2015.
- [13] Educational Mobile Robot Platform for Line Following, 6th International Scientific Conference", N. Chivarov, D Chikurtev, I Rangelov, A. Gigov and N. Shivarov, Educational Mobile Robot Platform for Line Following, 6th International Scientific Conference" Education, Science, Innovations", June 10-11, 2016, Pernik, Bulgaria, pp. 290 – 298, ISSN 1314-5711.
- [14] Telecontrolled Service Robot For Increasing The Quality Of Life Of Elderly And Disabled, N. Chivarov, D. Chikurtev, N. Shivarov, K. Yovchev, I. Rangelov, A. Gigov, M. Konstantinov, M. Marinov, V. Lazarov, E. Markov -, ADP 2017, June, Sozopol, Bulgaria; p. 171-175, ISSN 1310-3946.
- [15] Sensor System For Identification Of Obstacles For Service Mobile Robots, Nayden Chivarov, Denis Chikurtev, Ivaylo Rangelov, Aleksandar Gigov, Nedko Shivarov - Proceedings of the Technical University of Sofia, Volume 67, Issue 2, 2017, p. 71-80, ISSN 1311-0829.
- [16] Robot Operating System (ROS), <https://www.ros.org/>

CONCEPT FOR SERVICE ROBOT-DRONE FOR STORAGE AND / OR DELIVERY OF READY MADE PRODUCTION

Naiden Chivarov
Institute of information and
communication technologies
Bulgarian academy of sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: nchivarov@gmail.com

Denis Chikurtev
Institute of information and
communication technologies
Bulgarian academy of sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: dchikurtev@gmail.com

Stefan Chivarov
Institute of information and
communication technologies
Bulgarian academy of sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: schivarov@gmail.com

Abstract: The article presents a conceptual development of a mobile robot drone intended for the processes of transporting goods. The components of a mobile robot, the type of mobile platform, the sensors used, control algorithms and software systems are described in detail. The study presents a system for autonomous navigation of the robot. The principle of operation of the navigation is described and the results of experiments on the accuracy of positioning and orientation are presented.

ДИЗАЙН НА СПЕЦИАЛИЗИРАН ХВАЩАЧ НА РОБОТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ТОЧНО ДОЗИРАНЕ НА МЕЛЕЩИ ТЕЛА

Петко Стоев

Институт по информационни и комуникационни технологии,
Българска академия на науките
София, България
E-mail: petko_ivanov_stoev@abv.bg

Найден Шиваров

Институт по информационни и комуникационни технологии,
Българска академия на науките
София, България
E-mail: nchivarov@gmail.com

Николай Стоименов

Институт по информационни и комуникационни технологии,
Българска академия на науките
София, България
E-mail: nikistoimenow@gmail.com

Стефан Шиваров

Институт по информационни и комуникационни технологии,
Българска академия на науките
София, България
E-mail: schivarov@gmail.com

Резюме: За точното, надеждно и бързо дозиране на мелещи тела, запълващи лабораторна мелница, е разработено специализирано устройство хващач-диспенсър. Захванат към антропоморфен робот, проектираният хващач премахва възможността от неправилно дозиране с мелещи тела и така отстранява възможната човешка грешка и отчитането на грешни резултати при получаване на данните. Проведени са експерименти с три размера мелещи тела. Резултатите, получени от изследвания от техническото представяне на разработения хващач-диспенсър показват надеждно и правилно функциониране на устройството спрямо целите, за който е проектирано.

Ключови думи: *робот, автоматизация, специализиран хващач, мелещи процеси, мелещи тела.*

I. Увод

Осъществяването на ефективен обогатителен процес изисква изходния продукт да претърпи технологична преработка за осредняване на минералния и химичния състав на продукта. Преработката се осъществява в мелници (топкови, автогенни, полу-автогенни). Смилането на различни материали представлява важен индустриален процес, при който материала се натрошава и смела до определен предварително желан размер чрез взаимодействие между материал, мелещи тела и мелеща среда. В съвременните условия на експлоатация освен технологични, конструктивни и икономически изисквания, също така се отделя внимание на екология, енергийна ефективност, експлоатационна надеждност, както и на човешкия фактор. Съвременните мелници трябва да бъдат с повишена производствена (експлоатационна) надеждност, висока производителност, с минимален разход на енергия. Под минимален разход на енергия спадат и електроенергия, разходи за топлинна енергия, вътре влизат и разходи за мелещите тела. Изискване на качеството – изходния продукт трябва да бъде във функция от изискванията по БДС и ISO. Основен фактор за повишена производителност е времето за смилане и работните обороти [1, 2, 3]. Едрината на

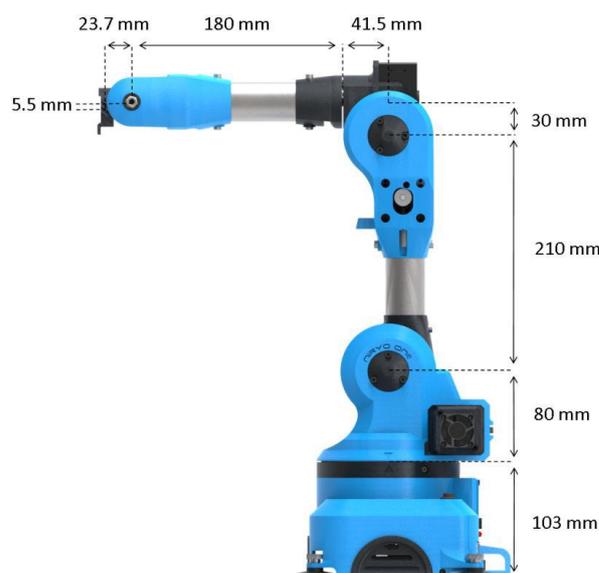
изходния продукт, разходът на енергия и разходът на мелещи тела зависи от редица фактори, някои от тях включват и точно дозиране както с материал за смилане, така и с мелещи тела.

Целта на настоящата статия е дизайн на специализиран хващач за антропоморфен робот целящ точно роботизирано дозиране с мелещи тела.

II. АНТРОПОМОРФЕН РОБОТ

A. Механични спецификации

За реализиране на дозиране на мелещи тела, запълващи лабораторна мелница е избран антропоморфен робот Niryu One [4], показан на фиг. 1, със следната спецификация: 6-осен (ставен) робот със шест степени на свобода. Размерите на дължините на компонентите изграждащи конструкцията са както следва: основа – 103mm, рамо – 80 mm, първа става – 210 mm, втора става – 180 mm.



Фиг.1. Антропоморфен робот Niryu One

Робота тежи 3,3 кг. и има възможност за максимално достигане на хващача до 440 mm. Niryo One се монтира към определена работна повърхност посредством 4 вендузи и гумени крачета. Максималният ъгъл на завъртане за всяка от ставите е както следва: J1: от -175° до 175° , J2: от -90° до $36,7^\circ$, J3: от -80° до 90° , J4: от -175° до 175° , J5: от -100° до 110° , J6: от $-147,5^\circ$ до $147,5^\circ$. Разположението на ставите е показано на фиг. 2.



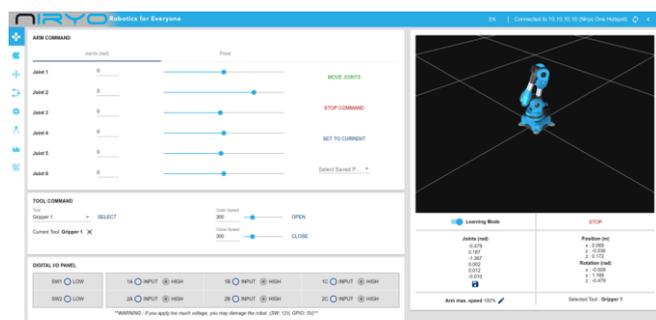
Фиг.2. Стави на робота

В задния панел на Niryo One са поместени множество различни физически интерфейси:

- Горен бутон;
- Ethernet порт на Raspberry Pi 3B;
- 4 броя USB порт;
- LED;
- CAN шинна връзка за Niryo Steppers;
- Конектор Dynamixel XL-320;
- Конектор Dynamixel XL-430;
- Изход за превключвател 12 V;
- GPIO панел (Общо 6 цифрови щифта);
- Превключвател на захранването;
- Съединител на захранващия адаптер.

В. Софтуер за управление

За използването на робота, към който е монтиран разработения специализиран хващач се използва управляващ софтуер Niryo One Studio [5], работещ под различни операционни системи (Windows, MacOS, Linux). Софтуера, показан на фиг. 3 се използва за настройка на робота, преместване на робота, програмиране на последователност от команди и др.



Фиг.3. Прозорец на софтуера за управление на Niryo One

а) Лявото меню на прозореца на софтуера разполага със следните панели за управление на робота:

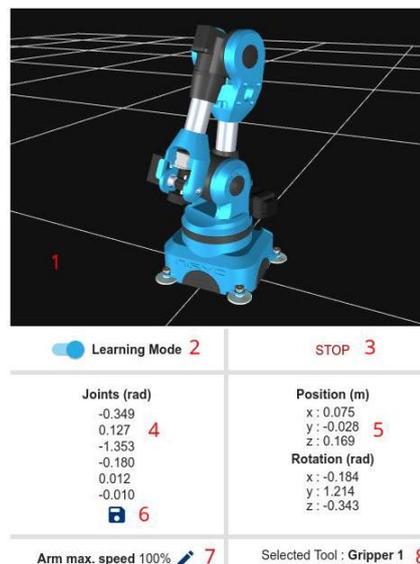
- Нирио блокове;
- Запазени позиции;
- Запазени последователности (с възможност за автоматично стартиране);
- Настройки (Wi-Fi, Raspberry Pi, версии на софтуера);
- Калибриране;
- Състояние на хардуера;

Отстраняване на грешки и регистрационни файлове.

б) Управление на робота

При пристъпване към управлението на робота, предварително трябва да бъде извършено калибриране, след което посредством индикиращ LED светодиод (зелен или син) се отчита, че роботът е успешно стартиран.

Софтуера за управление на антропоморфният робот- Niryo One Studio, има секция, предоставяща информация за робота и съдържа режима на обучение, показано на фиг. 4.



Фиг.4. Постоянна дясна секция в прозореца на софтуера

- Софтуера предоставя 3D изглед на робота. 3D изгледът помага за отчитането дали е направено правилно ръчното/автоматичното калибриране. При разлика във физическите позиции на робота и това което се вижда на екрана се налага да се направи автоматичното калибриране отново.
- При активиране на бутон „режим на обучение“ се деактивира въртящия момент на всички двигатели. Когато роботът е в „режим на обучение“, може да бъде преместван свободно. Когато режимът на обучение е изключен, всички двигатели се активират и робота не може да се движи свободно. Когато режимът на обучение е изключен, всички двигатели се активират и робота не може да се движи свободно

- По всяко време при активиране на „стоп“ бутона се спира текущата програма на работа.
- Текущо състояние на ставите (J1-J6).
- Текуща позиция и ориентация на TCP (Tool Center Point – центъра на специализирания хващач - диспенсър).
- Бутон „запазване на текущата позиция“ позволява да се запази текущата позиция, след което може да се използва повторно по-късно.
- Текуща максимална скорост на ставата може да се промени по всяко време (0-100%).
- Текущо избран инструмент.

С. Задвижване на работа

В командния панел на управляващия работа софтуер има 3 раздела. В раздела „Arm command“ [5] може да се избира действие от раздела „стави“ или раздела „поза“. Разделът „стави“ позволява да се премества всяко става независимо. Разделът „поза“ позволява да се премести позицията на TCP спрямо началните x, y, z координати на основата на работа.



Фиг.5. Arm command раздел в управляващия софтуер

За да се изпълни команда, се следва следната процедура:

1. Натискане на бутона „задаване на текуща позиция“. Командата ще настрои осите, позицията и ориентацията към текущото състояние на работа. Това дава възможност за последваща промяна на стойностите от текущото състояние (напр. при желание да се премести само ос 5 или да се премести TCP по оста и да се запази същата ориентация).

2. Модифициране на стойностите на ставите или поза (позиция + ориентация).

3. Натискане върху бутона „Move Joints“ или „Move Pose“, за да се изпълни командата за преместване.

4. След като командата бъде изпълнена, се получава известие в долната част на екрана.

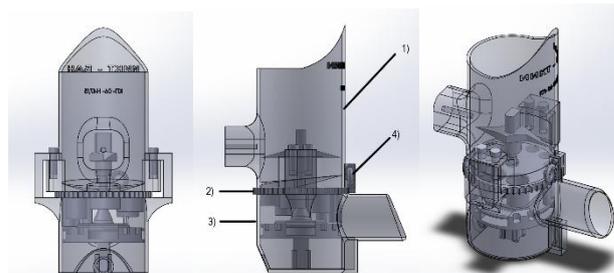
5. По всяко време има опция да се отмени текущото изпълнение на командата, като се кликне върху бутона „Стоп“.

Докато се изпълнява текуща команда за преместване не може да се изпълнява нова команда. При желание да се стартира нова команда, първо трябва да се спре предишната.

Има възможност също да се избере позиция, която преди това е била запазена с полето за избор „избор на запазена позиция“, като така се заместват стъпки 1 и 2.

III. ПРОЕКТИРАНЕ И ИМПЛЕМЕНТИРАНЕ НА СПЕЦИАЛИЗИРАН ХВАЩАЧ

Конструираният специализиран хващач-диспенсър се състои главно от 3 компонента, изграждащи външния цялостен обем на инструмента, в които биват поместени допълнителните части за функциониране на устройството. За решаване на поставената задача изделието е реализирано чрез адитивна технология, посредством 3D принтер. При сегментирането на общата конструкция се обособяват следните основни детайли, показани на фиг. 6, както следва: бункерно тяло – 1), револверна шайба – 2), разпределително тяло – 3). В задната част на бункерното тяло е проектирано място за захващането на сглобката към антропоморфния робот посредством резбово съединение. Две малки плоскости са построени в предната част, към които се закрепва стопера – 4), фиксиращ револверната шайба. Общите размери на сглобката са 108x145x197,5 mm (ширина x дължина x височина). Бункерното тяло представлява цилиндър с диаметър 70 mm и височина 95 mm, като към него е построено (екструдирано) допълнително скосение с дължина 35 mm във височина, за улеснено загребване на смилателните тела.

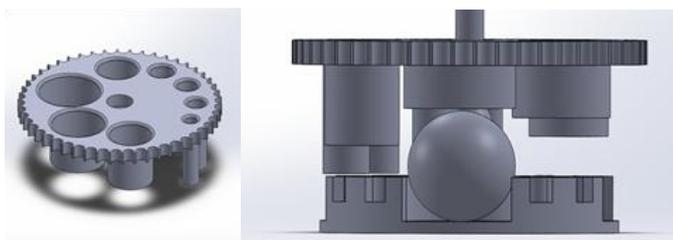


Фиг.6. Изгледи на проектирания хващач-диспенсър

В дъното на бункерното тяло е направен отвор с 26 mm диаметър и скосение към него, което да гарантира насочването на мелещите тела, които да преминават през револверната шайба към разпределителното тяло.

Револверната шайба съдържа в себе си отвори с различни диаметри, съответстващи на диаметрите на различните мелещи тела [6]. Поставена да лежи между бункерното и разпределително тяла, тя е центрирана на фиксираща, екструдирана от бункерното тяло, ос-позволяваща и използваща се за ротацията на револверната шайба при смяна на отворите. Различните диаметри, през които преминават мелещите тела са поместени върху револверната шайба, по начин позволяващ работа с всички предвидени размери без необходимост от замяна с друга револверна шайба. Страничната част на шайбата е назъбена с малки каналчета с ширина 4 mm, които позволяват по-лесно и удобно завъртане при пренастройка с друг работен размер. При поставянето на стопера в определения канал се застопорява и фиксира положението на шайбата. Размерите на револверната шайба биват както следва: 5 mm дебелина и 76 mm диаметър, 10 mm диаметър на отвора за закрепяне към оста за ротация. Отворите, за преминаване на мелещите тела, са вътрешно тангентни на окръжност с диаметър 62 mm.

Към всеки един от отворите е продължена тръбна конструкция с диаметър съответстващ на диаметъра на конкретния отвор, като във вертикала всяка от тях е с различна дължина. Целта на тръбните конструкции е да ориентират и подредят мелещите тела, които минават през тях по вертикала, като спрямо дължината спусната от револверната шайба към съответната разпределителна перка да осигури освобождаването по хоризонтала на само едно мелещо тяло при попадане на мелещото тяло в разпределителната перка (фиг. 7).



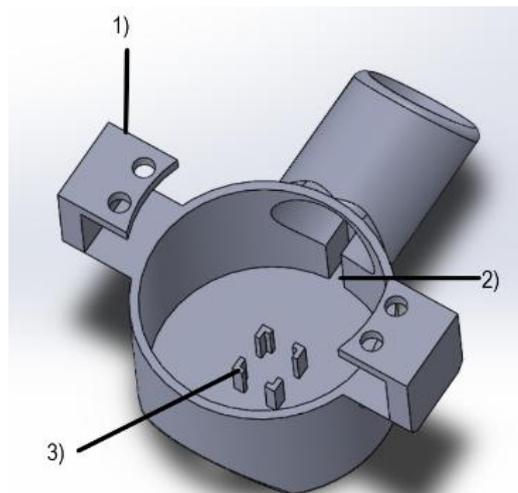
Фиг.7. Револверна шайба

Размерите поместени в револверното тяло са с диаметър 5 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm, 15 mm, 16 mm, 20 mm и 23 mm. Дължините на тръбите са както следва: за мелещи тела с диаметър от 5 mm до 9 mm са 22,8 mm като има отстой от 0,5 mm между тръбата и разпределителната перка; за 15 mm мелещи тела, тръбата е 16,8 mm; за 16 mm мелещи тела е 12 mm; за 20 mm мелещи тела е 9 mm, а за 23 mm мелещи тела е 9 mm дължината на тръбната конструкция.

Бункерното и разпределително тела, показани на фиг. 8 са свързани посредством п-образна структура 1), която е част от разпределителното тяло, лежаща на страниците на бункерното тяло, фиксирана посредством М6 болтове.

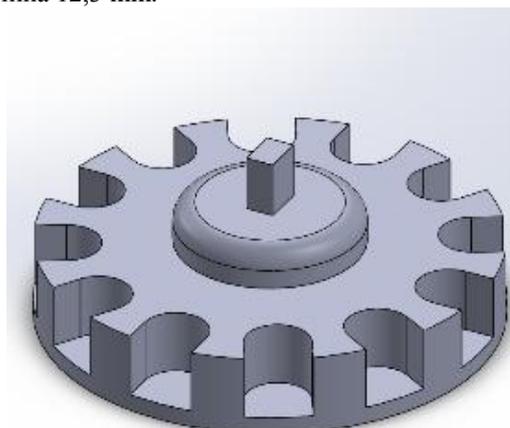
Размерите на разпределителното тяло са: диаметър 70 mm, дебелина на стената 2,5 mm и височина 62,5 mm. В предната му част, на 25,5 mm височина от основата на цилиндъра, е позициониран отвор с улей с дължина 50 mm и външен и вътрешен диаметър съответно 37 mm и 32 mm, през който излизат мелещите тела и се насипват в мелницата. Преброятелен фотосензор е поместен в гнездо под улея, който през прорез (в улея, фиг. 8, позиция 2)) с размери 10 mm x 4,7 mm отчита преминалото мелещо тяло [7]. В основата на цилиндричното тяло са екструдирани във височина по 15 mm 4 г-образни профила (фиг. 8, позиция 3)), които да фиксират централно електромотора, с размери на основата му 12 mm x 10 mm, задвижващ дадената разпределителна перка, която придвижва мелещите тела към улея.

Разпределителните перки биват 2 вида [8] спрямо размерите на мелещите тела, с които работят. И за двете перки са с външен диаметър от 64 mm, височина - 25,5 mm, дълбочина на гнездата за пренос на мелещи тела - 9,2 mm, дебелината на дъното на всяко гнездо - 2,5 mm и размерите на правоъгълният вал - 6x4 mm, явяващ се предаващо въртливо движение звено на бъркалката на бункера от електромотора. Прикрепването към електромотора става посредством фланци.



Фиг.8. Разпределително тяло

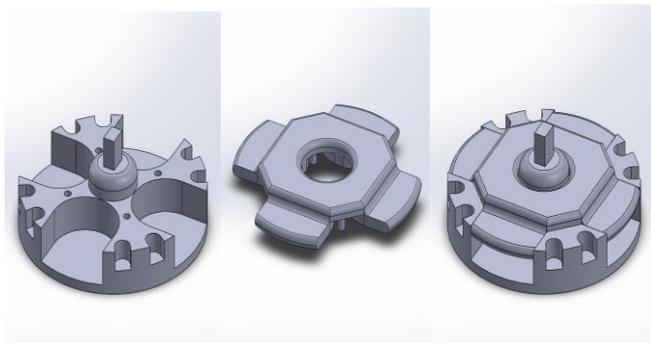
Перка А (фиг. 9) работи с мелещи тела с размери 7, 8 и 9 mm. В нея са поместени 12 гнезда за пренос на тела, разпределени на равно отстояние едно спрямо друго с размери на диаметъра 9,4 mm за всяко гнездо. Отвора в долната страна за фланеца е с диаметър 22,4 mm и дълбочина 12,3 mm.



Фиг.9. Перка А

Перка Б (фиг. 10) работи с тела с размери на диаметрите 5 mm, 15 mm, 16 mm, 20 mm, 23 mm. Съдържа в себе си 4 джоба, дефазирани на 90 градуса един спрямо друг, с диаметър на всеки един от тях 23,5 mm, тангентни на външния диаметър. Поместени са и 8 джоба за работа с 5 милиметрови мелещи, разположени по двойки, между четирите големи джоба. Осемте джоба, които работят с най-малкия работен размер на диспенсъра са с диаметър 5,5 mm, а дълбочината им за разлика от другите джобове е 5,2 mm. Разстоянието между два отвора е 5,5 mm при всяка двойка от осемте гнезда. Отвора за фланеца е с диаметър 14,6 mm и дълбочина 12,3 mm.

За да работи с най-малките мелещи тела към разпределителната перка се прикрепя капак (фиг. 10), който влиза едновременно в отвори с диаметър 2,5 mm както и в четирите големи джоба като копират формата им и така се застопорява.



Фиг.10. Перка Б, капак, сглобка за работа с 5 mm мелещи тела

Необходимостта от бъркалка в бункерното тяло се обуславя от възможността мелещите тела да се самонаместят и заклинят, като по този начин да се спре потока от преминаващи през отвора в дъното на бункера тела [9]. Общата дължина на бъркалката е 69 mm. Горната част на бъркалката, която се наставя е с диаметър 13 mm като в крайните си точки перката описва диаметър с размери 63 mm.

IV. МЕТОД НА ДЕЙСТВИЕ НА СПЕЦИАЛИЗИРАНИЯТ ХВАЩАЧ

Антропоморфният робот с прикрепения прибор загребва мелещи сферични тела с настроеният от оператор работен размер и така напълва бункерното тяло. Електромотора, който движи разпределителната перка задвижва и бъркалката в бункера. В бункерното тяло под въздействие на бъркалката и други сили (гравитационна и инерционни) и чрез конструирания наклон сферичните тела се ориентират към отвора в дъното на бункерното тяло. От отвора на бункера през револверната шайба телата преминават и влизат в тръбната конструкция, явяваща се продължение на работния отвор. По този начин мелещите тела се ориентират вертикално. Подредени в този ред преминават през тръбната конструкция. В края на тръбната конструкция биват освободени хоризонтално и попадат в свободно гнездо на разпределителната перка, която въртейки се загребва тялото. Перката завърта мелещото тяло до изходния улей където тялото под въздействие на сили излиза от гнездото и влиза в улея. При попадане в улея, предвижвайки се в него тялото бива отчетено от фотосензора, който добавя +1 брой в софтуерния брояч. Сферичното мелещо тяло излиза от улея и попада в мелницата.

V. ТЕСТОВА ПОСТАНОВКА И ПОЛУЧЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Следното проучване бе проведено, с цел да се намери връзката между времето, необходимо за преминаване на 10 мелещи тела през външния край на улея, както и размера на смилащите тела. За експеримента са избрани три различни размера на тела: най-малките (5 mm), най-големите (23 mm) и средни (15 mm). За всяка от следващите три групи от по 10 мелещи тела са направени по три отделни измервания. За провеждане на експеримента са използвани хронометър и камера за запис на процеса. Намерената връзка е показана в таблица 1.

ТАБЛИЦА 1

ВРЕМЕ ЗА ПРЕМИНАВАНЕ НА МЕЛЕЩИ ТЕЛА

D, [mm]	t ₁ , [s]	t ₂ , [s]	t ₃ , [s]	T _{ср.} , [s]
5	3,1	3	3	3,03
15	3	3	3	3
23	3,7	4	3,7	3,8

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработеният специализиран хващач-диспенсър е проектиран така, че да контролира потока на разпределение на сферични мелещи тела и да гарантира точността в данните за получения брой мелещи тела в мелницата. По време на проектирането и изпълнението на устройството се вземат предвид фактори като ергономичност, свързана с боравенето с устройството от оператор в ситуации на пренастройка на работния размер и поддръжката на продукта. Разликата в дебелината на съставящите детайли се основава на необходимостта цялостната структура да бъде възможно най-лека и така да отговаря на възможностите за повдигане на антропоморфен робот. Дизайнът на специализираният хващач е разработен с цел точно дозиране на мелещи тела в лабораторна мелница. Специализираният хващач за антропоморфен робот ще премахне човешката грешка от неправилно и неточно дозиране с мелещи тела, което може да доведе до грешни резултати при отчитане на данните.

VII. БЪДЕЩИ СЪПЪКИ

Следваща стъпка при изследването на разработеният специализиран хващач за точно дозиране на мелещи тела предвижда изследване на несферични мелещи тела. Предстои да бъдат направени експерименти и анализи на получените резултати с използването на иновативен вид мелещи тела със сфероидална форма.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изследването в настоящата статия е осъществено с подкрепата на проект по Фонд Научни Изследвания, „Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания – 2020“, договор КП-06-N47/5.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ruzic J., Stoimenov N., Advanced copper matrix composites, Monography in English, „Prof. Marin Drinov“ Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, ISBN 978-954-322-859-1, 2016
- [2] Цветков Х., Обогатителни машини, ДИ „Техника“, София, 1988
- [3] Жълтов А., Машини за строителни материали“ ДИ „Техника“, София, 1980
- [4] <https://niryo.com/docs/niryo-one/user-manual/mechanical-specifications/> (последно посетен април 2021)
- [5] <https://niryo.com/docs/niryo-one/user-manual/complete-user-manual/> (последно посетен април 2021)
- [6] <https://www.zen.biz/videos.php> (последно посетен март 2021)
- [7] <https://www.accutekpackaging.com/filling-machines/tablet-counters/accucounter> (последно посетен март 2021)
- [8] <https://www.spee-dee.com/rotary-fillers/> (последно посетен март 2021)
- [9] <https://www.cmiindustries.it/en/chemical/filling-cup-chemical/filling-machine-rotative-chemical/> (последно посетен март 2021)



DESIGN OF A SPECIALIZED GRIPPER OF A ROBOTIC SYSTEM FOR ACCURATE DOSING OF GRINDING BODIES

Petko Stoev

*Institute of Information and
Communication Technologies at the
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria*

E-mail: petko_ivanov_stoev@abv.bg

Nayden Chivarov

*Institute of Information and
Communication Technologies at the
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria*

E-mail: nchivarov@gmail.com

Nikolay Stoimenov

*Institute of Information and
Communication Technologies at the
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria*

E-mail: nikistoimenov@gmail.com

Stefan Chivarov

*Institute of Information and
Communication Technologies at the
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria*

E-mail: schivarov@gmail.com

Abstract: For the accurate, reliable, and fast dosing of grinding bodies filling a laboratory mill, a specialized gripper-dispenser has been developed. Attached to an anthropomorphic robot, the designed gripper eliminates the possibility of incorrect dosing with grinding bodies and thus eliminates possible human error and ensures the correct reading of the data. Experiments were performed with three different grinding bodies sizes. The results shows a reliable and proper performance of the gripper-dispenser.

TECHNOLOGY FOR CREATING ROBOTS IN CHILDREN'S EDUCATION

Vasil Cvetkov
Institute of Robotics,
Bulgarian Academy of Sciences,
Sofia, Bulgaria
E-mail: cvetkov_v@abv.bg

Nina Valchkova
Institute of Robotics,
Bulgarian Academy of Sciences,
Sofia, Bulgaria
E-mail: nvalchkova@abv.bg

Roman Zahariev
Institute of Robotics,
Bulgarian Academy of Sciences,
Sofia, Bulgaria
E-mail: zahariev@robotics.bg

Abstract: This article discusses a manipulator that has four degrees of mobility designed for use as a training robot. Its structural elements and details are created with the help of a 3D-printer with software - FUSION360, the material used for the construction of the manipulator is PLA type plastic. The created training robot is an experiment to construct on the one hand a manipulator with the help of a 3D printer, as well as to establish the controllability in the workspace and the accuracy of repeatability with the use of servo motors. In essence, this robot is an open kinematic system. For control of robot single-board computer was used - Arduino Mega 2560.

Keywords: service robots, educational robots, robots control

I. INTRODUCTION

As stated in cybernetics, man is a purposeful system, to which behavior is determined by the goals set. The process of successful pursuit and achievement of the set goals, without prejudice to the pre-set restrictions, is determined to a large extent by the learner's desire and interest. The learner's interests are a powerful stimulus in the processes of education, learning the information on the path of pursuing the strategic goal. At the modern stage of human society development, with the introduction of new ultramodern technologies, including robotics, it is possible to challenge the interest of the learners, thereby enlivening the perception of such important information in the process of education.

Pedagogy, as it is known, is based on several sciences. But in this methodology, the word pedagogy everywhere means science about the art of upbringing. The upbringing of the order is also sufficiently meticulous. Many types are known: mental, moral, physical, ideological, patriotic, aesthetic, artistic, musical, legal, and there. The more developed a society, the more important a role it plays in it. This methodology talks about the education of children, but it is fully applicable and can be useful in the process of educating young people and young people. Despite the fact that the education of children in some cases differs in principle from the education of the elderly. However, in every process of upbringing, there is something in common, something useful and we can approach it on the basis of the nature of man, which is why the meaning of the word education is meaningful as a process in which the profound moral qualities or qualities without which it is impossible to have a person.

II. THE RELEVANCE OF THE PROBLEM

In the extremely complicated process of education, an essential point is the definition of clear street work and tactical goals. With a certain clarity, the teacher should be

aware of the goals set and be able to create an interest and desire in learners to absorb information based on key elements. These elements are also keywords that make it easier for learners to perceive the matter and create the prerequisite for higher learning efficiency. According to Mervyn Minsky's theory of frames, the information can be organized by the robot in separate frames, each subsequent frame inserted in the previous one clarifying and specifying it and thus progressing to a deep penetration of the problem. The information displayed in this way by a robot will cause a certain interest in learners, which will be a powerful stimulus in the role of absorbing matter on the way to reaching the goals [1].

III. ORGANIZATION OF CONTROL STRUCTURE OF THE ROBOT

There are currently two new approaches to organizing robot control. The first approach, also called "Block", is based on the possibility of using libraries with ready-made standard programs, each of which provides a narrowly specialized task, such as installation of elements on a specific surface, implementation of services for people with problems in the home environment and more. These programs suggest the possibility of adaptation to the environment and are ideally adapted to the specifics of the task.

Of considerable interest is the second approach, in which:

- First of all, it is allowed to implement various commands of medium complexity with the help of one or two programs – translators of these commands in the control of the drives of the working bodies of the robot.
- Secondly, it provides the opportunity to learn new actions from the robot, the so-called a "self-learning" procedure that is not pre-programmed by the human operator and using elements of artificial intelligence to recognize situations or sound signals from the environment in a training program.
- Third, based on the combination of these commands using a system of rules and restrictions, it is possible to build complexes of modular programs to perform more complex activities.

The latter condition provides a sufficiently convenient way of communication between the human operator and the robot by using a problem-oriented language, the semantic basis of which is the marked system of commands, and allows to build a high degree of control of the robot and therefore to simplify communication with the human operator

on the basis of generalized voice commands – commands executed in high-level language. [2]. This also includes the use of human language recognition modules as well as a voice command synthesis module [3].

In accordance with the Second approach for the organization of the control of the service robot, the controller performing the functions of management needs to have a multilevel structure with hierarchical connections between the different structural levels. At the heart of the management organization at each level is a single principle, which consists in minimizing some functionalities representing the mismatch between commands, generation from the top level and the magnitude characterizing the current state of the robot and the environment, called “Vector of the situation”.

Within this principle, the given commands represent the elements x, y in the general case subsets X^*y of the set $X \subseteq M\alpha$ – metric space. This set can be called "Situation Space" and it characterizes the state of the robot and the environment [4], [7].

The situation vector x_c represents the value of the operator P in this situation space: $x_c = P(v, \lambda)$, where $v \subseteq \theta \subseteq R^n$ characterizes the state of work and represents a set of coordinates of the degrees of mobility of the working module, where n is the number of degrees of mobility of the working module, and $\lambda \subseteq \Lambda \subseteq M\lambda$ characterizes the state of the environment. $M\lambda$ – metric space. In a constant medium, obviously

$$x_c = P_0(v) \quad (1)$$

According with equation (1) the values of the situation vector are obtained on the basis of the processing of the information by the sensor – measuring system of the robot.

The mismatch function of the robot position and the situation vector is assumed to be expressed as the distance $\rho(X^*y, x_c)$ between the subset X^*y and the vector x_c , where:

$$\rho(X^*y, x_c) = \inf \rho(x_y, x_c) \quad (2)$$

$$x_y \subseteq X^*y$$

According with equation (2) if X^*y remains unchanged during the execution of the command, then obviously:

$$\rho(X^*y, x_0) = N(x_0) = L(v, \lambda), \text{ where } L = NP \quad (3)$$

As a special case under constant we have

$$\rho(X^*y, x_c) = L_0(v) \quad (4)$$

According with equation (3) and (4) the control of each of the levels of the hierarchical structure is realized by generating commands, influencing at the lower level, ultimately providing such a change in the external environment and the state of the robot, which leads to reaching the set goal. In this way, the management task can be described as follows:

The existing functionality is:

$$\rho(X^*y, x_c) = L(v, \lambda) \quad (5)$$

According with equation (5) in the general case may not be given, but be known by the realization:

$$(x_c, X^*y) \subseteq X, x_c = P(v, \lambda) \quad (6)$$

$$v \subseteq \Theta, \lambda \subseteq \Lambda$$

where X, Θ and Λ are bounded sets of some metric spaces.

It is necessary to build such a control algorithm that provides minimization of the functional and to clarify the conditions that must be satisfied by $L(v, \lambda)$ to ensure the convergence of the minimization process to $\inf L(v, \lambda)$. It is characteristic that all constraints of the sets X, Θ and Λ can be unknown in advance and it is necessary to specify in the process of solving the problem [11].

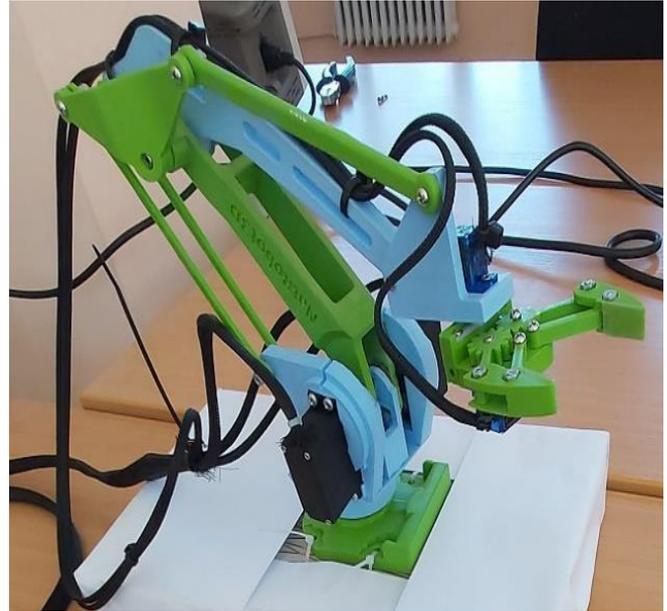


Fig. 1. The View of The Robot.

In Fig.1. is shown the View of the Robot. According with equation (6), if such an algorithm for each level of the controller is built and implemented and is also known for each of the possible commands its representation in vector form or as a subset, and also known the operator of the conversion of information from the sensory information system into the situation vector, the execution of each command from the robot is reduced to the implementation of each of the control levels of the algorithm of minimization of the functionality, which translates the commands from the higher rank level into the commands at the lower rank level, being a translator program [5], [6]. [8].

IV. REALIZATION OF THE ROBOT

In the areas where the use of robotic mechanisms and manipulators is applied, the question arises with their correct control in the workspace, given the peculiarities of manipulators and their complex kinematic structure, as well as the fact that some of them are nonlinear dynamic systems. This is sometimes an ambitious task - manipulators are used mainly in tasks that are characterized by uniformity of movements.

Hence one of the challenges associated with this management, namely the realization of a certain accuracy in positioning and repeatability of the movement in the

workspace. Studies have shown that an open control system based on a single-board computer, such as the Raspberry PI, can be created by solving forward and reverse kinematic tasks. The most commonly offered manipulator has three degrees of freedom, built with four servo motors [9].

This article discusses a manipulator that has four degrees of mobility designed for use as a training robot. Its structural elements and details are created with the help of a 3D-printer with software - FUSION360, the material used for the construction of the manipulator is PLA type plastic. The created training robot is an experiment to construct on the one hand a manipulator with the help of a 3D printer, as well as to establish the controllability in the workspace and the accuracy of repeatability with the use of servo motors. In essence, this robot is an open kinematic system. A single-board computer was used - Arduino Mega 2560 and another type of servo motors with feedback control, designed to check to achieve similar results with another type of control.

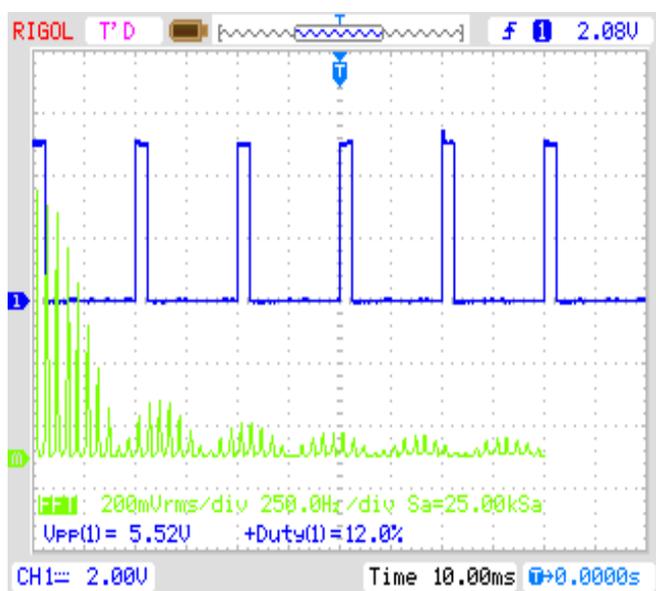


Fig. 2. Oscillogram of control signal of potentiometer P1 at position

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560. It has 54 digital input/output pins (of which 15 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega 2560 board is compatible with most shields designed for the Uno and the former boards Duemilanove or Diecimila.

An analog servomotor type SG90 was used with a torque of 1.8 kg, at a voltage of 4.8V and a rotation range of 180°. These engines are well known and have wide application in robotics and automation. Typically, servomotors are a combination of four elements: a DC motor, a reducer, a feedback potentiometer, and a control circuit. Among these four elements, the potentiometer acts as a position sensor.

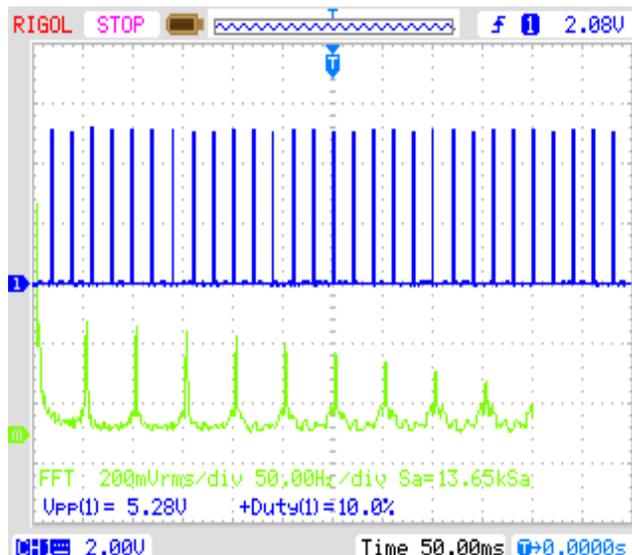


Fig. 3. Oscillogram of control signal of potentiometer P1 at position:

As a result, servomotors can be controlled very precisely. In particular, a command can be sent to the motor so that the servo drive shaft rotates to a certain position. The disadvantage of these servo drives is that the range of rotation is limited (for example between 0° and 180° degrees). However, servo motors are very convenient if a project requires a motor with precise control and reading of its current position. The SG90 used is a servo motor that can rotate up to 180°. It is also very compact, small in size and light in weight (weight: 9g; size: 22.2 x 11.8 x 31 mm).

The so-called module, a rotation angle sensor, is used to control the engine. This module is a simple potentiometer combined with a circuit breaker. Therefore, it can simply be replaced with almost any type of potentiometric sensor.

Characteristics of the servomotor:

Rotation range: 0° - 180°; Power supply: 4.8V - 6V; Torque: 1.8 kg.sm at 4.8 V; Rotation speed: 60° in 0.12 sec. at 4.8 V; Response time: 7 ms; Internal interface: analog; Operating temperature: -30 to + 60; Direction: CCW (counterclockwise); Gear material: plastic; Housing material: plastic; Cable length: 25 cm; Dimensions: 23 × 12.2 × 29 mm; Weight: 9 g.

By using this methodology, an innovative effect is achieved in the education of children, which is very close in nature to the way information is transmitted between people. The results of the laboratory tests were very encouraging. Young people with normally developed abilities were placed in the role of trainees. The dialogue between the robot and the learner was observed, which ended with a reported number.

On the basis of the studied necessary robots behavioral models, the hardware part should be further developed, which can provide the necessary basis for further development of the program platform in order to better meet the service needs of the same users. In this respect, advances in modern technologies are developing and increasing the capabilities of the used equipment for robots control in “real time” mode. Here, not only the rapid development of digital technology

has led to an unprecedented rise in communication tools in society [10].

There is already a new technical revolution with the possibilities for developing analog technology. In this way, extremely fast processes for collection of analogue information from the environment are obtained, without having to transfer it in digital form in order to process it properly and then to decide on the implementation of a given task.

That is why these two processes of development of the hardware and the software part of the robot should go in parallel and iteratively, with the development of one part implying a jump in the development of the other part, which in turn puts its own possibilities and requirements that catalyze the development of the other part.

V. CONCLUSION

The article shows the concept of organizing the control of a educational robot in terms of its functional characteristics, allowing it to come into contact with the serviced person completely safely. The idea of using the functional characteristics of Collaborative robots, which are mainly used in industry, is considered. The management organization in this case of educational robots is designed to serve people with problems. The control in the service process is carried out by recognizing voice commands, which is very important from the point of view of user convenience. In addition, the created service robots have the ability to transmit information to trainees not only verbally but also with gestures and actions implemented with the help of service robots

To make personal robots affordable to people is the main challenge of the project which is to be achieved by implementing innovations in all aspects of functioning of the robotic device – materials, sensors, cognitive, communication, actuators, energy consumption, etc. Also an essential point is the definition of clear street of work and tactical goals in the extremely complicated process of education with the help of The Educational Robots. The hardware and software Robots Control Systems should be further developed on the basis of the studied in special conditions Robots behavioral models. This can provide the necessary basis for further development of the Service Robots in order to better meet the spatial needs of the people with disabilities and elderly. Advances in modern technologies in this connection, are developing and increasing the capabilities of the used equipment for Robots control in “real time” mode. It is known, that not only the rapid development of digital technology has led to an unprecedented rise in communication tools in society. New technical revolution there already exists with the possibilities for developing analog technology. In this meaning extremely fast processes for collection of analogue information from the environment are obtained, without having to transfer it in digital form in order to process it properly and then to decide on the implementation of a given task.

The mechanical design of the Service Robots is very important step also. The ability of the robot to move in the stochastic changing environment is very important to realize in the process of development of mobile robots systems. The

Robots behavior has to be stable and to be easily controlled. It has to determine the desired number of degrees of freedom in order to be assured the adequate movement of the robot along any direction.

VI. ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the financial support of the European Union’s Horizon 2020 Research and Innovation Program under the Marie Skłodowska – Curie Grant Agreement No 777720 (H2020-MSCA-RISE-2017 for project “Cyber-Physical Systems for Pedagogical Rehabilitation in Special Education” (CybSPEED).

REFERENCES

- [1] Serpanos, D.: The Cyber-Physical Systems Revolution. *J. Computer*, V.51(3), 70–73. (2018). LNCS Homepage, <https://doi.org/10.1109/MC2018.1731058>
- [2] Angelov, G., et al.: Remote Interface Communication to ROS Based Robotic System. In: Proceedings of the Twenty First International Conference Robotics and Mechatronics; "Invited Session - Austrian-Bulgarian Automation Day"; ISSN 1310-3946; Varna Bulgaria; pp. 22 – 27. (2011). LNCS Homepage, <https://www.acin.tuwien.ac.at/fileadmin/acin/ijaa/ijaa20h2.pdf#page=22>
- [3] Chivarov N., Paunski Y., Ivanova V., Vladimirov V., Angelov G., Radev D., Shivarov N.: Intelligent Modular Service Mobile Robot Controllable via Internet, In: Proceedings IFAC International Conference “SWIIS 2012”, June 11th -13th, Waterford, Ireland, pp. 149-53. (2012). LNCS Homepage, <https://doi.org/10.3182/20120611-3-IE-4029.00029>
- [4] Cheah C.C., Y. Zhao, J. Slotine : Adaptive Jacobian Motion and Force Tracking Control for Constrained Robots with Uncertainties. In: Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2006, pp. 2226–2231. (2006). LNCS Homepage, <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1642034>
- [5] Dimitrova M.,Vegt N., & Barakova E.: Designing a System of Interactive Robots for Training Collaborative Skills to Autistic Children. In: Proceedings Int. Conference of Interactive Collaborative Learning ICL2012, , IEEE, Xplore, Villah, Austria, pp.1-8. (2012). LNCS Homepage, <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6402179>
- [6] Kaburlasos, V.G., Dardani, Ch., Dimitrova, M., & Amanatiadis, A.: Multi-Robot Engagement in Special Education: A Preliminary Study In Autism. In: Proceedings of the 36-th IEEE International Conference on Consumer Electronic (ICCE), Las Vegas, USA, pp. 995-996. (2018). LNCS Homepage, <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8326267>
- [7] Valchkova N., R. Zahariev: Optimization of Model Operator for Service Robot, Intended to Service Persons with Disability. In: Proceedings of “TECIS-19” IFAC Conference on International Stability, Technology and Culture, Sozopol, Bulgaria. (2019). LNCS Homepage, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.468>
- [8] Zahariev R, N. Valchkova, G. Angelov, Y. Paunski, and A. Krastev: Robots for Help in Pedagogy and Rehabilitation. In: Proceedings of 20-th International Conference on Computer Systems and Technologies (CompSysTech'19), ACM, New York, NY, USA, 1-7. (2019). LNCS Homepage, <https://doi.org/10.1145/3345252.3345253>
- [9] Zahariev R., N. Valchkova: Existing Robotics Technologies for Implementation of Special Education. In book: M. Dimitrova & H. Wagatsuma (Eds.) Cyber-Physical Systems for Social Applications, IGI-Global, ISBN13:9781522578796, Pennsylvania, USA (2019).
- [10] Khatib O., P. Moore: Sensor Based Control of Robots. Stanford University Publisher. Stanford, USA, (1997).
- [11] Кулаков Ф.М.: Особенности организации управления и сбора информации в автоматических манипуляторах. Издательство „Наука“, Теория и устройство манипуляторов. Академия наук России, УДК 621.9.06-231.1, Москва, Россия, (1973).

ТОЧНОСТ И ПОВТОРЯЕМОСТ НА ПОЗИЦИОНИРАНЕ – КЛАСИФИКАЦИЯ НА ПРИЧИНИТЕ ПРИ НЕТОЧНОСТИ НА РОБОТИ

Кристина Петкова
 ТУ София
 филиал Пловдив
 Пловдив, България
 E-mail: k.petkova@tu-plovdiv.bg

Милчо Ташев
 ТУ София
 филиал Пловдив
 Пловдив, България
 E-mail: m_tashev@abv.bg

Резюме: Този материал има обобщаващ характер. Разгледани са класификации на причини за неточности при позициониране на индустриални роботи, в следствие на които е предложена нова, посочваща основните източници на грешки при точност и повторяемост на позиционирането. Направен е и обзор на методите за оценка и настройка на индустриалните роботи.

Ключови думи: точност, повторяемост, позициониране, индустриален робот, класификация, грешки

I. УВОД

Основните характеристики, определящи позиционирането на индустриален робот (ИР) са точност и повторяемост. Повторяемостта е мярка за способността на робота да се върне в същото положение и ориентация. Точността се определя като способността на робота да се премести точно в желаната позиция в 3-D пространство [1]. Фиг. 1, показва тези понятия графично. Написани са множество научни статии за това как да се направи оценка на тези показатели. Предложени са различни методи за изследване и калибриране на ИР. За да се изследва точността, трябва първо да се направи анализ на това, от къде произхождат грешките. Определяйки произхода може да се избере подходящия метод за компенсация.

Авторите на [1], посочват „дърво“ на грешките (фиг. 2), като ги разделят на динамични, кинематични и структурни, що се отнася до точността.

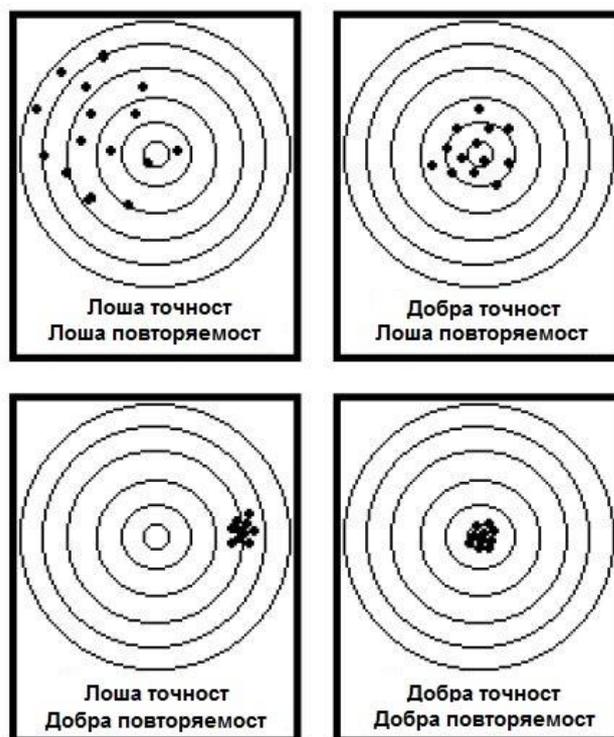
Според стандарта ISO 9283 [2], критериите за експлоатация се дефинират като:

- точност на позициониране и повторяемост на позициониране;
- точност и повторяемост на траекторията.

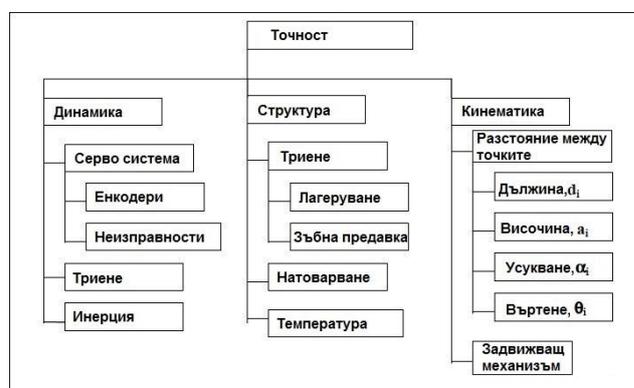
При изследване [3], източниците на грешка при манипулатори са разделени на геометрични и негеометрични грешки.

Геометричните грешки са определени като грешки в параметрите, които определят геометричните отношения между осите на движение, в повечето случаи резултат от неточно производство.

В друго изследване, [4] анализира грешките и ги разделя на две групи: грешки на траекторията и грешки на позициониране.



Фиг.1. Точност и повторяемост



Фиг.2. „Дърво“ на грешките

Освен споменатите до тук групи, в [5] се въвежда и нова група, като я нарича системни грешки. Под такива автора има предвид грешки, причинени от неправилно калибриране, грешки при измерване на сензора, грешки

при изпълнението на контрола и числени грешки при закръгляване в компютъра, използван за управление.

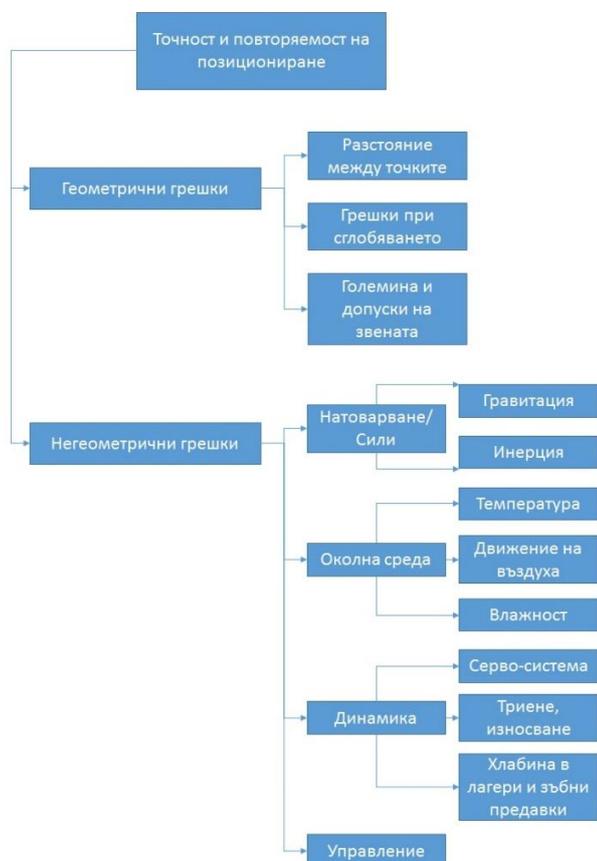
Роботите, често извършват сложни операции, като заваряване, механична обработка и т.н. Авторите от [6], разграничават източниците на грешки, в такива случаи, на такива в самия робот, и на източници, от които той зависи:

- грешки, зависими от околната среда;
- грешки, зависими от робота (те се делят на геометрични, негеометрични и ситемни);
- грешки, зависими от обработката.

II. ОБОБЩЕНА КЛАСИФИКАЦИЯ

Като обобщение на казаното до сега е предложена следната класификация - фиг. 3. Грешките са разделени на две основни групи – геометрични и негеометрични. Посочени са също така източниците, които ги пораждат. Важно е да се каже, че те могат да бъдат както независими един от друг, така и свързани. Статистиката обаче показва, че в повечето случаи са независими и именно заради това в практиката е прието да се анализират последователно.

Геометричните грешки могат да бъдат ефективно компенсирани или чрез регулиране на входа на контролера (т.е. координатите на целевата точка), или чрез директна модификация на параметрите на геометричния модел, използвани в контролера на робота. В повечето случаи се извършва калибриране.



Фиг.3. Обобщена класификация

Калибрирането на робота подобрява точността на позициониране като се намали отклонението между зададената позиция и реалната.

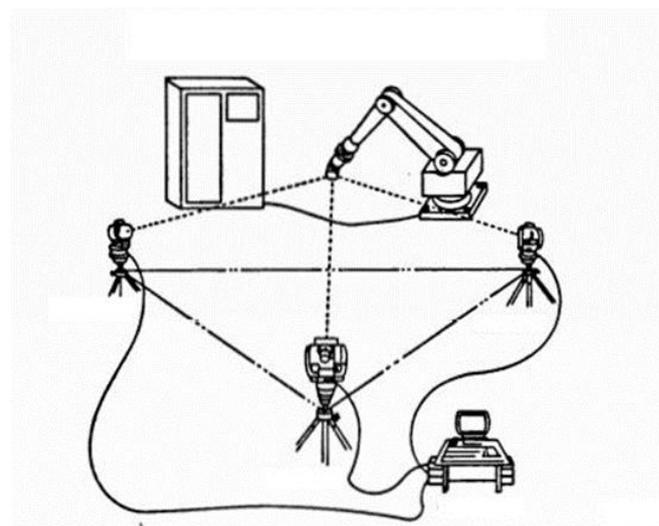
III. МЕТОДИ ЗА ОЦЕНКА НА ИНДУСТРИАЛНИ РОБОТИ

Оценяването на ефективността на позициониране на индустриален робот е много сложна задача, която изисква скъпо метрологично оборудване. Стандартът ISO 9283 [2] описва методи за уточняване и тестване на експлоатационните характеристики на манипулирането на индустриални роботи чрез измерване на местоположение на крайния ефектор при различни условия. В подкрепа на този стандарт, Международната организация по стандартизация публикува ръководство за изпитвателно оборудване и метрологични методи за оценка на производителността на робота [7].

Разгледани са три от най-разпространените методи за проследяване на точността и повторимостта на индустриалните роботи, както и за тяхното калибриране и оценяване. В публикация [8] са описани освен тези методи и други.

A. Чрез мрежа от теодолити

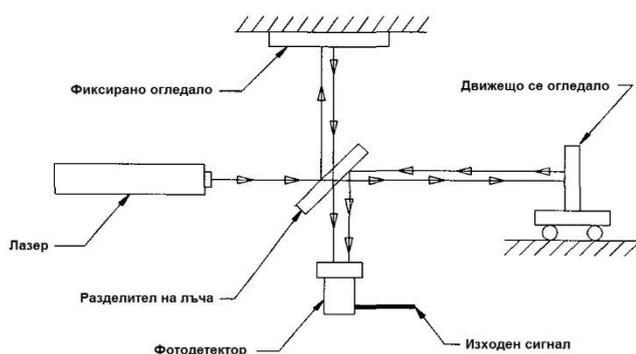
Теодолитът е оптичен инструмент, широко използван при полеви измервания, също така приет за употреба в роботизираната метрология. Инструментът се състои от телескоп, който се върти по вертикални и хоризонтални равнини. Ъглите на въртене се измерват с два високо прецизни енодера с точност, обикновено в порядъка на ъгъл. Съвременните теодолити осигуряват цифров интерфейс към компютър за ъглови отчитания. Фиг. 4 показва ситема от теодолити, в мрежата може да се използват минимум два теодолита. Относителните позиции между всеки теодолит се получават чрез калибриране спрямо известна дължина, за да се установява измервателна координата. Малка осветена мишена (обикновено под формата диод (LED) или полистиролова сфера с диаметър 1-2 mm, осветена от лазер (с ниска мощност) през оптични влакна) се монтира на крайния ефектор на робота. По време на измервателния процес, теодолитите се насочват ръчно и целят точно мишената.



Фиг.4. Система от теодолити

В. Чрез лазерно устройство

Лазерният интерферометър използва принципа на светлинна интерференция за точно измерване на линейното изместване или скоростта на тялото – Фиг.5. Лазерът произвежда лъч от кохерентна, едноцветна светлина, който преминава през разделител на лъча. Част от лъча се отразява към неподвижно огледало, а другата част от лъча се предава през разделителя на лъча към движещо се огледало. Светлината от неподвижните и движещи се огледала се отразява обратно към разделителя на лъча, който е проектиран да рекомбинира лъчите. Тъй като подвижното огледало се измества, рекомбинираните лъчи ще интерферират. В резултат на това фотодетекторът ще усети променлив интензитет.



Фиг.5. Лазерен интерферометър

Направени са много изследвания на базата на лазерен тракер. В публикация [9] е описано създаването на две автоматични системи на базата на лазерен интерферометър. Едната е 5-мерна (5-D LTIS), и с нея може да бъде постигната измервателна точност 2 на 100000 детайла. По-икономичния и по-практичен модел на системата е 3-мерната (3-D LTIS). Постигнати са същите резултати. Но като цяло сравнявайки постигнатата точност с тази на останалите методи, използването на лазерен интерферометър е по-доброто решение. В публикация [10] е описано провеждането на изследване на 3 робота с три различни лазерни системи (Renishaw XL80 – лазерен интерферометър; FARO ION – лазерен тракер; Renishaw QC20-W – телескопична топка). Успяват да оценят освен статичните характеристики на робота, така и динамичните.

С. Чрез видео камери

Използването на две камери за предоставяне на информация за разстояние и размер е известно като фотограмметрия [11]. Изискват се снимки, направени с помощта на камери (с известни вътрешни размери, метрични камери), които са на известно разстояние. След това опитен оператор създава измервания, използвайки изображенията. Възможно е да се използват неметрични камери, които имат неизвестна вътрешна геометрия и не са проектирани да минимизират грешки, причинени от изкривяване на обектива и т.н. Според [12] предимствата от използването на неметрични камери:

- гъвкавост в обхвата на фокусиране;
- възможност за бърза последователност от снимки;
- обикновено са по-малки и по-леки;

- могат лесно да се държат за ръка и по този начин да се ориентират във всяка посока;
- цената е значително по-ниска от тази на метричните камери.

Чрез използването на система от видео камери за оценка на статичните характеристики на робота, се намалят значително разходите [13]. За сметка на това обаче въпреки, че са налични техники за обработка на изображения, системата като инструмент за измерване е ограничена от разделителната способност на устройството.

Други методи за проследяване на точността и повторемостта на позициониране:

- чрез координатни измервателни машини;
- чрез устройства с малък обхват (индикаторен часовник).

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разгледани са видовете грешки и техните източници, като е предложена нова обобщителна класификация. Разгледани са три метода за оценка на точността и повторемостта на позициониране. Най-прецизен и точен от тях е методът чрез лазерни устройства, за сметка обаче на стойността. Добър метод за нискостойностна оценка на работата на робота е чрез видео камери.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] K. L. Conrad, P. S. Shiakolas, T. C. Yih, „Robotic calibration issues: Accuracy, Repeatability and Calibration”, Proceedings of the 8th Mediterranean Conference on Control and Automation, Rio, Patras, Greece, 2000.
- [2] ISO 9283, Manipulating industrial robots—Performance criteria and related test methods, 1998.
- [3] D. E. Whitney, C. A. Lozinski and J. M. Rourke, “Industrial Robot Forward Calibration Method and Results,” ASME J. Dynamic Systems, Measurement and Control, Vol. 108(1), 1–8 1986.
- [4] V. Brussel, Evaluation And Testing Of Robots, 1990.
- [5] A. Klimchik, “Enhanced stiffness modeling of serial and parallel manipulators for robotic-based processing of high performance materials”, 2011.
- [6] U. Schneider, M. Ansaloni, M. Drust, F. Leali, and A. Verl, “Experimental Investigation of Sources of Error in Robot Machining”, “Robotics in smart manufacturing”, Vol. 371, pp 14-26, 2013.
- [7] J. H. Jang, S. H. Kim and Y. K. Kwak, “Calibration of geometric and non-geometric errors of an industrial robot,” Robotica, Vol. 19, No. 3, pp. 311–321, 2001.
- [8] B.W. Mooring, “Fundamentals of manipulator calibration”, 1991
- [9] K. Lau, R. Hocken, L. Haynes, “Robot performance measurements using automatic laser techniques”, NBS-Navy NAV/CIM Workshop on Robot Standards, 1985.
- [10] M. Slamani, A. Joubair, and I. A. Bonev, “A comparative evaluation of three industrial robots using three reference measuring techniques”, Industrial Robot, Vol. 42 No. 6, pp. 572-585, 2015.
- [11] K. B. Atkinson, „Close range photogrammetry and machine vision.”
- [12] H. M. Karara, W. Faig, “An Expose on Photographic Data Acquisition Systems in Close-range Photogrammetry,” Technical Commission V: Non-Topographic Photogrammetry, pp. 402 – 418, 1980.
- [13] W. Lisowski, P. Kohut, „ Low cost vision system in determination of a robot end-effector’s positions”, PAR, Vol. 4, pp5-13, 2017.



ACCURACY AND REPEATABILITY OF POSITIONING – CLASSIFICATION OF THE CAUSES OF INACCURACIES OF ROBOTS

Kristina Petkova

TU Sofia

Branch Plovdiv

Plovdiv, Bulgaria

E-mail: k.petkova@tu-plovdiv.bg

Milcho Tashev

TU Sofia

Branch Plovdiv

Plovdiv, Bulgaria

E-mail: m_tashev@abv.bg

Abstract: This material has a summary character. Classifications of causes of inaccuracies in positioning of industrial robots are considered, as a result of which a new one is proposed, indicating the main sources of errors in positioning accuracy and repeatability. An overview of the methods for evaluation and adjustment of industrial robots is made.

МОДУЛЕН МАНИПУЛАТОР ЗА МЕБЕЛНАТА ПРОМИШЛЕНОСТ

Христо Шехтов
Лесотехнически университет
София, България
E-mail: hr.shehtov@mail.bg

Резюме: Представеният модулени манипулатор за мебелната промишленост е предназначен за захранване на отделни агрегатни машини или автоматични линии с група такива обработващи плочести детайли. Описани са: оригиналната му конструкция и начин на действие, както и неговите кинематични и динамични характеристики, послужили за оразмеряването му. Посочени са и предимствата на манипулатора спрямо съществуващите от неговия тип и предназначение.

Ключови думи: модулен манипулатор, агрегатни машини, автоматични линии, плочести мебелни детайли, кинематични и динамични изследвания.

I. УВОД

Манипулаторите са спомагателни съоръжения в много отрасли на промишлеността. Тяхното приложение е широко застъпено в машиностроителната, дървообработващата и мебелната промишленост. Макар и някои от тях да са сходни по устройство и действие, налице са и специфични различия, наложени най-вече от вида на обектите в тях. Характерно за работещите в дървообработващите и мебелните заводи манипулатори е тяхното бързодействие и специфика на хващачите им. В мебелната промишленост относително голям е дялът на производствените процеси, обработващи плочести мебелни детайли, предназначени за производството на т. нар. „корпусни мебели“. В страната ни, освен манипулатори на известни чуждестранни фирми, работят и такива, разработени и произведени у нас [1]. Като правило, манипулаторите, предназначени за захранване с плочести детайли на отделни агрегатни машини или за големите мебелни заводи, на многомащинни автоматични линии, поемат същите от пакет от определен брой плочи. За целта манипулаторите са снабдени с подежник, най-често хидравличен, осигуряващ поединично подаване към машината на отделните детайли от пакета от едно и също височинно ниво. В други случаи манипулаторите са устроени така, че хващачът им да „следи“ местоположението на поредния за подаване към технологичната машина детайл, по-ниско след всеки подаден такъв, и да го подава към нея или линията от това ниво. В първия случай, устройството на манипулатора е по-опростено, но наличието на подежник, монтиран в шахта, ангажира допълнително пространство за неговото поместване, трудно изпълнимо за цеховете на по-горни от приземните етажи. В нашата дългогодишна работа по

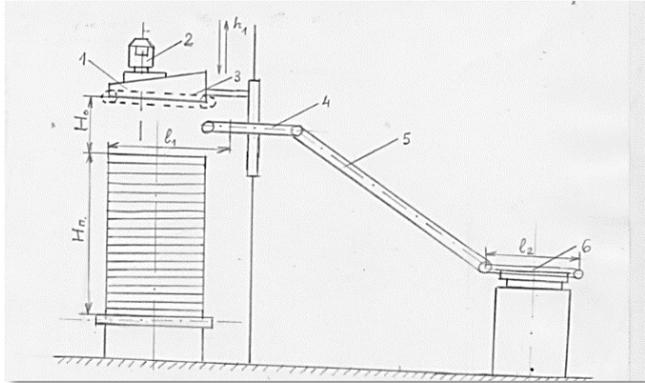
създаване и внедряване на манипулатори с автоматично действие в заводите, произвеждащи корпусни мебели, сме разработвали такива и от двата типа. Предмет на разглеждане тук е наш манипулатор без подежник с оригинална конструкция, притежаващ редица предимства спрямо аналогичните по конструкция и начин на действие манипулатори на известни чуждестранни фирми. Освен описание на неговата конструкция и начин на действие, тук се представят и изследванията в кинематично и динамично отношение, както и резултатите, постигнати с внедряването му в промишлено мебелно предприятие. Следва да се посочи, че в разработването на конструкцията на манипулатора и провеждането на кинематичните и динамичните му изследвания, участие има и доц. П. Каленски (ТУ-София), а в изработването му в Пловдивски машиностроителен завод - инж. Р. Стоянов.

II. УСТРОЙСТВО, КОНСТРУКТИВНИ ОСОБЕНОСТИ И НАЧИН НА ДЕЙСТВИЕ НА РАЗГЛЕЖДАНИЯ МАНИПУЛАТОР

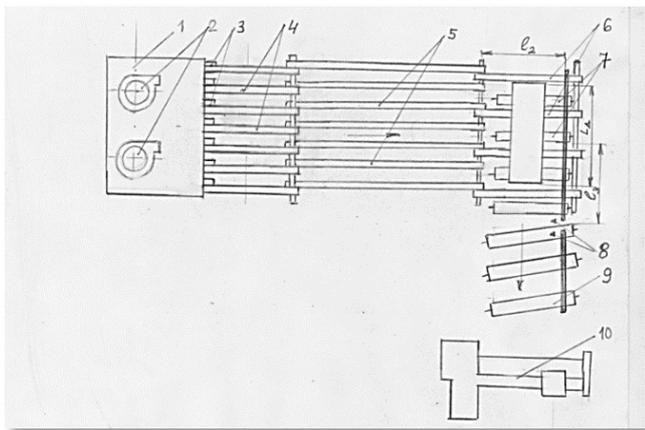
Манипулаторът е предназначен за захранване с плочести детайли на отделна агрегатна машина (формираща габаритите на детайла, фурнироване на кантовете му, пробиваща необходимите в него отвори, шлифоваща страните му и др.), или на автоматична линия, изградена съгласно приета технология от няколко от посочените различни машини. За осигуряване на последователно поединично подаване на детайлите от пакета, без използване на подежник, поемащото ги устройство на манипулатора променя положението си в пространството, като следи мястото, което заема в момента горният детайл в пакета. Това е необходимо, за да може да го поема и насочва по-нататък към машината (линията). В случая това устройство е свързано с единия край на лентов накланящ се транспортър (фиг. 1), чийто втори край е свързан с машината (линията). На фиг. 2 тази връзка се вижда по-ясно при показани отделните звена на манипулатора, гледани отгоре.

В познатите технически решения на манипулатори с аналогично предназначение с накланящ се транспортър (например това на световно известната италианска фирма „Сирио“), пакетът от детайли за обработване се полага върху платформата на количка. Тя се премества в процеса на работа в посока на приближаване към машината или отдалечаване от нея, съобразно моментната ориентация на накланящия се транспортър, определяна от нивото на поемане от пакета на поредния детайл. Логично е при такова конструктивно решение, количката с пакета от детайли, да получава своето преместване чрез твърда връзка с носача на накланящия

се транспортър. В този случай избягването на оскъпяващия манипулатора хидравличен подъемник е постигнато чрез друго оскъпяващо звено – количката. Ясно е също, че нейното включване е следствие от използването на наклонящ се транспортър с фиксирана и непроменяща се в процеса на работа дължина на неговия носач.



Фиг.1.



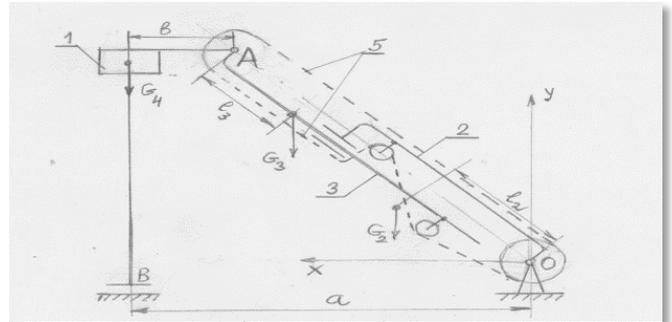
Фиг.2.

Оригиналността на нашето решение се състои в това, че с промяна на наклона на въпросния транспортър в процеса на работа на манипулатора, носачът му променя дължината си така, че пакът от детайли да остава неподвижен, положен върху фиксирана платформа [1]. Същността на решението ни се илюстрира добре с фиг. 3.

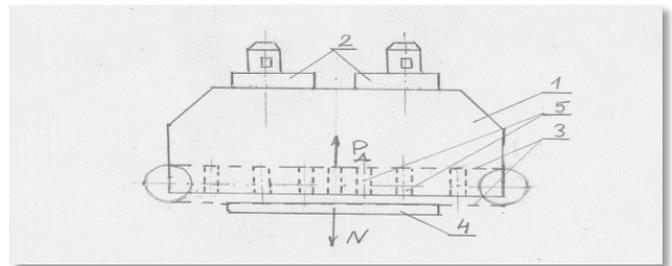
На фигурата се вижда, че носачът на транспортъра се състои от две части, едната (2), от които е с фиксиран край (т. О), а другата (3) променя нивото на края си (т. А) чрез плъзгаща се кинематична двоица, а с това и нивото на поемащото детайлите от пакета устройство (1), видно от фиг. 1 и 3.

Захранващото устройство 1 (фиг. 1 и 2), показано отделно и на фиг. 4, представлява камера с пробити в дъното ѝ, отвори, свързана неподвижно с края на частта 3 на носача на наклонящия се транспортър така, че с промяната на неговото положение в пространството, то да се премества само във вертикална посока (фиг. 1). По този начин, разположената над пакета с детайли камера се доближава към горния от тях в такава степен, че

създаваният от центробежни вентилатори 2 вакуум в нея, да го привлича към лентовия транспортър 3 (фиг. 1, 2 и 4).



Фиг.3.



Фиг.4.

Тягата за привличане на детайла се създава от вакуума чрез споменатите по-горе отвори. Транспортърът 3 изнася прилепналия към него пореден детайл върху хоризонтален ремъчен транспортър 4 и от там – към наклонящия се многолентов ремъчен транспортър 5 (фиг. 1 и 2). Оригиналността на разглеждания тук наш манипулатор се отнася и до реализирането на постоянно по степен натягане на лентите на транспортър 5 при промяна на дължината на неговия двузвнен носач чрез прекарването им през двете допълнителни, освен крайните, опъващи ги ролки (фиг. 4). От края на наклонящия се транспортър 5 детайлът постъпва върху ремъчен транспортър 6 на изнасящата го към агрегатната технологична машина или автоматичната линия чрез ролковия ѝ транспортър ъглова станция 7 (фиг. 2). В разновидност на описаната конструкция на манипулатора, имаме и вариант, в който изнасящият детайлите от пакета транспортър 3 е верижен с монтирани на него на определено разстояние палци. В този вариант палците му избутват детайла към хоризонталния транспортър 4 и вакуумът е излишен.

А. Управление на работата на манипулатора

В съответствие с описания принципно по-горе начин на действие на манипулатора, е уточнен алгоритъмът на неговото управление. Той е заложен в системата за автоматично изпълнение, реализирана в два варианта: чрез релейни безконтактни елементи и чрез свободно програмируем контролер [2].

Без да се спираме на конкретните схеми, респективно програма за действие на автоматичното управление, ще проследим работата на манипулатора така, както тя протича в действителност.

Преди позиционирането на пакета с плочести детайли върху неподвижната платформа и започване на самата работа на манипулатора, вакуум камерата 1 се изнася в горно положение така, както е показано на фиг. 1. Това „отваря“ необходимото пространство за полагане на пакета. След неговото позициониране, започва изпълнението на цикъла от операции извършвани от манипулатора в последователност, както следва. При включени центробежните вентилатори и създаден в камерата вакуум, тя се придвижва надолу към горния детайл от пакета и се установява на минимално разстояние от него, такова, каквото гарантира чрез вакуума „отлепване“ на горния детайл от лежащия под него в пакета и „прилепването“ му към хоризонталния лентов транспортър 3. Чрез него детайлът се изнася върху хоризонталния транспортър 4. Вакуум камерата слиза към пакета на разстояние, равно на дебелината на детайлите, т.е. в позиция, в която се привлича към ремъчния транспортър 3 следващият детайл. В това време предходният детайл продължава движението си, осъществявано чрез наклонящия се транспортър 5 към ъгловата станция 7 (фиг. 2). От нея, чрез ролковия й транспортър 6, детайлът постъпва върху транспортър 9 с наклонени спрямо базиращия линеал ролки. Той има предназначение да ориентира правилно премествания детайл за постъпване към агрегатната обработваща машина 10.

Движението на следващия детайл от пакета е същото като описаното по-горе на предходния детайл. Такова е и движението на третия детайл от пакета, на четвъртия, на петия и т.н. След подаване и на последния от пакета детайл към хоризонталния транспортър 4 (фиг. 1), намиращата се в долно положение вакуумна камера 1 се издига до изходното й за работа на манипулатора положение, освобождавайки място за позициониране на следващия пакет с плочести детайли, подготвяйки манипулатора за провеждане на следващия работен цикъл.

В системата за автоматично управление на работата на манипулатора са въведени и необходимите блокировки, гарантиращи надеждната му работа. Тя беше потвърдена в практическата му реализация в Софийски мебелен завод.В

В. Кинематично оразмеряване на манипулатора

Кинематичното изследване на манипулатора е направено свързано с работата на обслужваната от него технологична машина или автоматична линия [3]. В изведените по-нататък кинематични зависимости са използвани следните означения (по фиг. 1 и 2):

- H_p - височина на пакета с детайли, m;
- H_o -отдалеченост на вакуум камерата от горната плоча на пакета, m;
- h_1 - вертикално преместване (спускане или издигане) на камерата със забавена скорост, осигуряващо захващане на горния детайл в пакета, m;
- h_2 - вертикално преместване (спускане или издигане) на ролковата рама на ъгловата станция , осигуряващо съгласуване на работата на станцията с подвеждащия транспортър 6, m;
- L_1 - хоризонтално преместване на детайлите от транспортър 3 върху транспортър 4 до момента на подаване на управляващ сигнал за спускане на камерата, m;
- L_2 - широчина на ъгловата станция, измервана до ограничаващия движението на детайлите линеал, m;
- L_3 - разстояние от средата на ъгловата станция до мястото на закрепване на пътните превключватели 8, фиксиращи момента, в който детайлът напуска ъгловата станция, m;
- L_d - дължина на детайлите, m;
- n - брой на детайлите в един пакет;
- V_{k1} - скорост на вакуум камерата при ускореното й спускане към пакета, m/min;
- V_{k2} - скорост на камерата при забавеното й спускане, m/min;
- V_{k3} - скорост на вакуум камерата при ускореното й издигане (без детайл) към горна изходна позиция, m/min;
- V_{k4} - скорост на вакуум камерата при забавеното й издигане с детайл, преди изнасянето му от транспортър 3, m/min;
- $V_{рм}$ - скорост на ремъчните транспортъри 3,4,5 и 8, m/min;
- $V_{рл}$ - скорост на ролковия транспортър на ъгловата станция 7, m/min;
- $V_{пм}$ - скорост на подавателния механизъм на технологичната машина или линия, m/min;
- $V_{рр1}$ - скорост на спускане на ролковия транспортър на ъгловата станция 7, m/min;
- $V_{рр2}$ - скорост на издигане на ролковия транспортър на ъгловата станция 7, m/min;
- $t_{зар}$ - време на зареждане на манипулатора с пакет от детайли, m;
- $T_{см}$ - продължителност на работната смяна, min;
- k - коефициент на използване на сменното време за работа на манипулатора.

Ритъмът на работа на манипулатора $N_{ман}$, определян чрез броя на плочите, подавани към технологичната машина или линия за една минута, е:

$$N_{ман} = \frac{1}{\frac{h_1}{V_{k2}} + \frac{h_2}{V_{k4}} + \frac{L_1}{V_{рм}}} \text{ бр./min} \quad (1)$$

Плочестите детайли се обработват на отделната технологична машина (или на първата в автоматичната линия) 10 при подаването им чело в чело, което се осигурява от действието на ускоряващия ролков транспортър 9. Затова ритъмът на работа на запазената с детайли от манипулатора технологична машина (а и на линията като цяло във втория случай) се определя от зависимостта

$$N_{маш} = \frac{V_{лм}}{L_0} \text{ бр./min} \quad (2)$$

Манипулаторът трябва да има ритъм на работа, отговарящ на ритъма на запазената от него технологична машина (линия), $N_{ман} = N_{маш}$, или:

$$\frac{1}{\frac{h_1}{V_{k2}} + \frac{h_2}{V_{k4}} + \frac{L_1}{V_{рм}}} = \frac{V_{лм}}{L_0} \text{ бр./min} \quad (3)$$

За да работи нормално ъгловата станция на манипулатора, недопустимо е постъпване в нея на нов детайл, преди предходният да я е напуснал. Избягването на нежеланата ситуация се подсигурирява с въведената в управляващата автоматична система блокировка. Независимо от това, с цел рядкото ѝ използване, ритъмът на работа на ъгловата станция, трябва да се съгласува с този на захранващото устройство 1 (фиг. 2) на манипулатора, като кинематичните параметри на устройството и ъгловата станция 7 се обвържат със следната зависимост:

$$\frac{\left(\frac{h_1}{\sqrt{k_2}} + \frac{h_1}{\sqrt{k_4}} + \frac{l_1}{V_{PM}}\right) V_{PM} - l_2}{V_{PM}} \geq \frac{h_2}{V_{PP1}} + \frac{h_2}{V_{PP2}} + \frac{l_3 + \frac{L_0}{2}}{V_{PO}} \quad (4)$$

С отчитане на зависимост (3), тя се преобразува във вида:

$$\frac{L_0}{V_{NM}} + \frac{l_2}{V_{PM}} \geq \frac{h_2}{V_{PP1}} + \frac{h_2}{V_{PP2}} + \frac{l_3 + \frac{L_0}{2}}{V_{PI}} \quad (5)$$

Последната зависимост (4^е) позволява да се обвържат пряко параметрите на захранваната от манипулатора технологична машина (линия) с параметрите на неговата ъглова станция.

Времето T_{Σ} за един пълен цикъл на работа на манипулатора включва времето за зареждането му с пакет от детайли, времето на провеждане (спускане) на вакуум камерата към пакета, времето на последователно, поединично подаване на детайлите към технологичната машина или линия и времето за издигането на камерата до горно изходно положение, т.е.

$$T_{\Sigma} = t_{\text{зар}} + \frac{h_1}{\sqrt{k_2}} + \frac{H_0 - h_1}{\sqrt{k_1}} + \frac{h_1}{\sqrt{k_1}} + \frac{l_1}{V_{PM}} + (n-1) \left(\frac{h_1}{\sqrt{k_2}} + \frac{h_1}{\sqrt{k_4}} + \frac{l_1}{V_{PM}} \right) + \frac{h_1}{\sqrt{k_4}} + \frac{Hn + H_0 - h_1}{V_3}, \quad \text{min} \quad (6)$$

Или, след преобразуване,

$$T_{\Sigma} = t_{\text{зар}} + \frac{H_0}{\sqrt{k_1}} + n \left(\frac{h_1}{\sqrt{k_2}} + \frac{h_1}{\sqrt{k_4}} + \frac{l_1}{V_{PM}} \right) + \frac{h_1}{\sqrt{k_4}} + \frac{Hn + H_0 - h_1}{V_3}, \quad (\text{min } 5^{\circ})$$

Броят на циклите N_{Σ} за една смяна на манипулатора се определя от зависимостта:

$$N_{\Sigma} = \frac{k \cdot T_{\Sigma}}{T_{\Sigma}} \quad (7)$$

Производителността на манипулатора е

$$Q = n \cdot N_{\Sigma} \quad \text{плочи/смяна} \quad (8)$$

$$\text{респ.} \quad Q' = n \cdot N_{\Sigma} \cdot L_{\Sigma} \quad \text{m/смяна} \quad (9)$$

Изведените зависимости в общ вид дават възможност да се уточнят конкретните зависимости от отделните кинематични и други характеристични параметри на манипулатора. Те са използвани от нас за неговото оразмеряване, свързано с конкретното му внедряване в Софийски мебелен завод. Правилността на изчислените и реализирани параметри и характеристики на манипулатора, беше потвърдена напълно при многогодишната му експлоатация.

С. Динамично изследване на работата на модулния манипулатор

В [4] са публикувани направените от нас обстоятелни динамични изследвания на работата на манипулатора. По-конкретно, изведени са формулите за определяне на кинематичната енергия на неговите отделни звена и на цялата му механична система. Изведено е и диференциалното уравнение на движение на подвижните му звена по метода на Лагранж. С неговото решение, при въведени конкретни стойности на константите за манипулатора, са получени неговите динамични характеристики.

Важен показател за работата на манипулатора е сигурността на захващане (поемане) на детайлите от пакета чрез вакуум камерата, разполагайки в нея подходящ по стойност вакуум, създаден от двата центробежни вентилатори. Това означава, че силата на привличане на детайлите, т.е. създадената подемна сила трябва да е достатъчно голяма. Ясно е, че тя реално се намалява при изнасяне към хоризонталния транспортър 4 (фиг. 2) на поредния детайл поради „отпушване“ на част от отворите на дъното на вакуум камерата. Степента на отслабване на подемната сила е пропорционална на сумарната площ на свободните „незапушени“ от детайла отвори.

Затова действителната подемна сила, посочена на фиг. 4, показваща отделно захранващото устройство на манипулатора, т.е. вакуум камерата 1 и вентилаторите 2 и поетия от транспортър 3 детайл 4, ще се определи от зависимостта

$$P_{\Sigma} = P_B - k \cdot F_{\Sigma} \quad (10)$$

където P_B е подемната сила, създавана от вентилаторите през плътнo (без отпушени отвори) дъно;

F_{Σ} - сумарната площ на „отпушените“ отвори
 k - коефициент на пропорционалност.

Стойността на силата за случая на използване на два вентилатора се определя по познатата зависимост

$$P_B = \frac{\pi}{2} (p_2 - p_1) (D^2 - d^2) - \frac{Q_{\Sigma}}{g} \cdot c \quad (11),$$

където P_1 е налягането на входа на вентилатора;
 P_2 - налягането на изхода на вентилатора;
 D - външният диаметър на вентилатора;
 d - вътрешният диаметър на вентилатора;
 Q - количеството въздух във вакуум камерата съобразно обема ѝ;
 γ - относителното тегло на въздуха;
 g - земното ускорение;
 c - периферната скорост на вентилаторното колело.

Противодействащата на подемната сила N се изразява чрез зависимост:

$$N = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{дин}} \quad (12),$$

където $Q_{\text{ст}}$ е статичната сила, отговаряща на масата на повдигнатия детайл.

Qдин - динамичната сила, възникваща при повдигането на детайла.

Силата Qдин зависи право пропорционално от скоростта на повдигане на вакуум камерата с привлечения детайл преди изнасянето му в хоризонтална посока към транспортър 4 (фиг. 2). Условието за сигурно удържане на детайла при повдигането му е $R_d \geq N$.

Ясно е, че осигуряването на по-малка скорост на повдигане на детайлите от пакета се отразява благоприятно (по-малки сили Qдин и N) на условията на работа на вакуум камерата на манипулатора.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описаният модул манипулатор за захранване с плочести детайли на отделни агрегатни машини или цели автоматични линии, изградени от няколко технологични машини, обработващи изходните детайли до степен, необходима за достигане на окончателния им вид за участие в съответната корпусна мебел, има определени предимства спрямо наличните манипулатори с такова предназначение. Той се различава от манипулаторите от същия тип на известни световни фирми със сполучливия избор на неговата кинематика. Тя позволява по време на неговата експлоатация с промяната на наклона на въведения в него наклонящ се транспортър, дължината му да се променя така, че детайлите за обработване да се поемат от манипулатора от фиксиран по местоположение пакет, без да е необходимо той да се премества, както е заложено в

познатите технически решения, в които за целта се използва допълнително количка, върху която се позиционира пакетът от детайли. Изгъкнатото конструктивно решение в предложения манипулатор има като резултат по-ниска негова цена, по-голяма производителност, както и по-голяма надеждност в работата. Резултатите от проведените от нас кинематични и динамични изчисления, използвани за правилното му оразмеряване, разработената със съвременни технически средства система за автоматично управление на това захранващо устройство и не на последно място, качествено му изпълнение в специализирания машиностроителен завод с многогодишна практика, бяха доказани и по време на продължителната му експлоатация в практиката.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шехтов, Хр. (1980), По някои въпроси относно създаването на манипулатори за мебелната промишленост, Научни трудове на ВЛТИ, том XXVI, с. 213-217
- [2] Шехтов, Хр., П. Каленски, Ст. Стаменов (1985), Система за автоматично управление на манипулатор за мебелната промишленост, Научни трудове на ВЛТИ, том XXIX, с. 115-135.
- [3] Шехтов, Хр., П. Каленски (1986), Изследване работата на модул манипулатор за мебелната промишленост, Научни трудове на ВЛТИ, том XXX, с. 253-259.
- [4] Schechtov, Chr., P. Kalenski (1985), Theoretische und experimentelle Untersuchungen eines Modulmanipulators für die Möbelindustrie, Сборник с доклади от първия симпозиум „Основи на динамиката и управлението на промишлени работи“, Берлин.

MODULAR MANIPULATOR FOR THE FURNITURE INDUSTRY

Hristo Schechtov
LTU
Sofia, Bulgaria
E-mail: hr.shehtov@mail.bg

Abstract: The presented module manipulator for the furniture industry is designed to feed separate aggregate machines or automated lines for woodworking details. Its original construction and module of functioning as well as its kinematic and dynamic characteristics used for its sizing / dimensioning have been described. The advantages of the manipulator as compared to those of existing ones with similar use have been pointed out.

ОТНОСНО ИЗБОРА НА ОБСЛУЖВАЩ РОБОТ В РОБОТИЗИРАНИ ТЕХНОЛОГИЧНИ МОДУЛИ

Чавдар Костадинов
ВА „Г. С. Раковски“
Катедра КИС
София, България
E-mail: ch.kostadinov@rndc.bg

Иванка Пеева
РУ „Ангел Кънчев“
Катедра ТММРМ
Русе, България
E-mail: ipeeva@uni-ruse.bg

Резюме: Изборът на промишлен робот, обслужващ машини в роботизирани технологични модули е важна инженерна задача и се основава на множество изисквания, определящи негови технически характеристики. За изграждане и експлоатация на ефективен роботизиран модул е важно съотношението на времената за работа на машините и съответните времена за обслужване на промишления робот, чиито гранични стойности се определят от заложените критерии за ефективност. В статията е представен алгоритъм за работа при избор на промишлен робот, обслужващ основно технологично оборудване при определени производствени условия.

Ключови думи: автоматизация и роботизация на дискретното производство, промишлени роботи, роботизирани технологични модули, критерии за ефективност

I. УВОД

Изграждането на автоматизирани системи от машини, реализиращи дискретни технологични процеси и осигуряването на тяхната оптимална експлоатация е свързано с решаване на различни инженерни задачи, основно избор на основно и спомагателно оборудване и правилно структуриране на производствената система [1,3,4]. Роботизираните технологични модули (РТМ) са широко използвани индустриални системи в серийните производства, работещи самостоятелно или в състава на по-сложни системи, като роботизирани комплекси, автоматизирани участъци и др. Наличието само на един промишлен робот (ПР) в състава на РТМ, изпълняващ спомагателни (обслужващи) операции по захранване и разтоварване на определен брой машини, определя известни ограничения при структуриране на модула, което има отражение върху избора на ПР с необходимите технически параметри.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

Основна задача, решавана с въвеждането на автоматизация на производствените процеси е повишаване на производителността на оборудването и намаляване броя на обслужващия персонал, зает пряко в производството, при удовлетворяване на определена икономическа целесъобразност [1,5,6]. Използването на автоматизирано технологично и спомагателно оборудване, промишлени роботи, транспортни и контролни средства води до намаляване на продължителността на технологичния процес, което заедно с осигуряване на възможности за намаляване на допълнителните извънциклови загуби са определящ фактор за увеличаване на производителността. Важна

роля за това има правилният избор на ПР, вграждан в РТМ с определен брой машини, реализиращи зададен технологичен процес.

Основно съображение при избора на ПР е наличието на възможност той да обслужва пространствено и по време предвидените машини и периферни устройства, да има необходима товароносимост, точност на позициониране и да отговаря на специфични изисквания на работната среда. При наличие в модула на няколко машини с различни времена за обработване са възможни престои (извънциклови загуби), поради невъзможност за навременно обслужване от ПР на всяка постъпила заявка в системата. При модули с по-голям брой машини се получават опашки от заявки за обслужване. Времето за престой на една заявка в опашката зависи от различни фактори, като: брой машини, времена за обработване ($t_{\text{ЮБР}}$), времена за обслужване ($t_{\text{ЮБСЛ}}$) и тяхното съотношение ($\rho = t_{\text{ЮБСЛ}} / t_{\text{ЮБР}}$ – относителна интензивност на заявките), както и от приетия сценарий на обслужване [1].

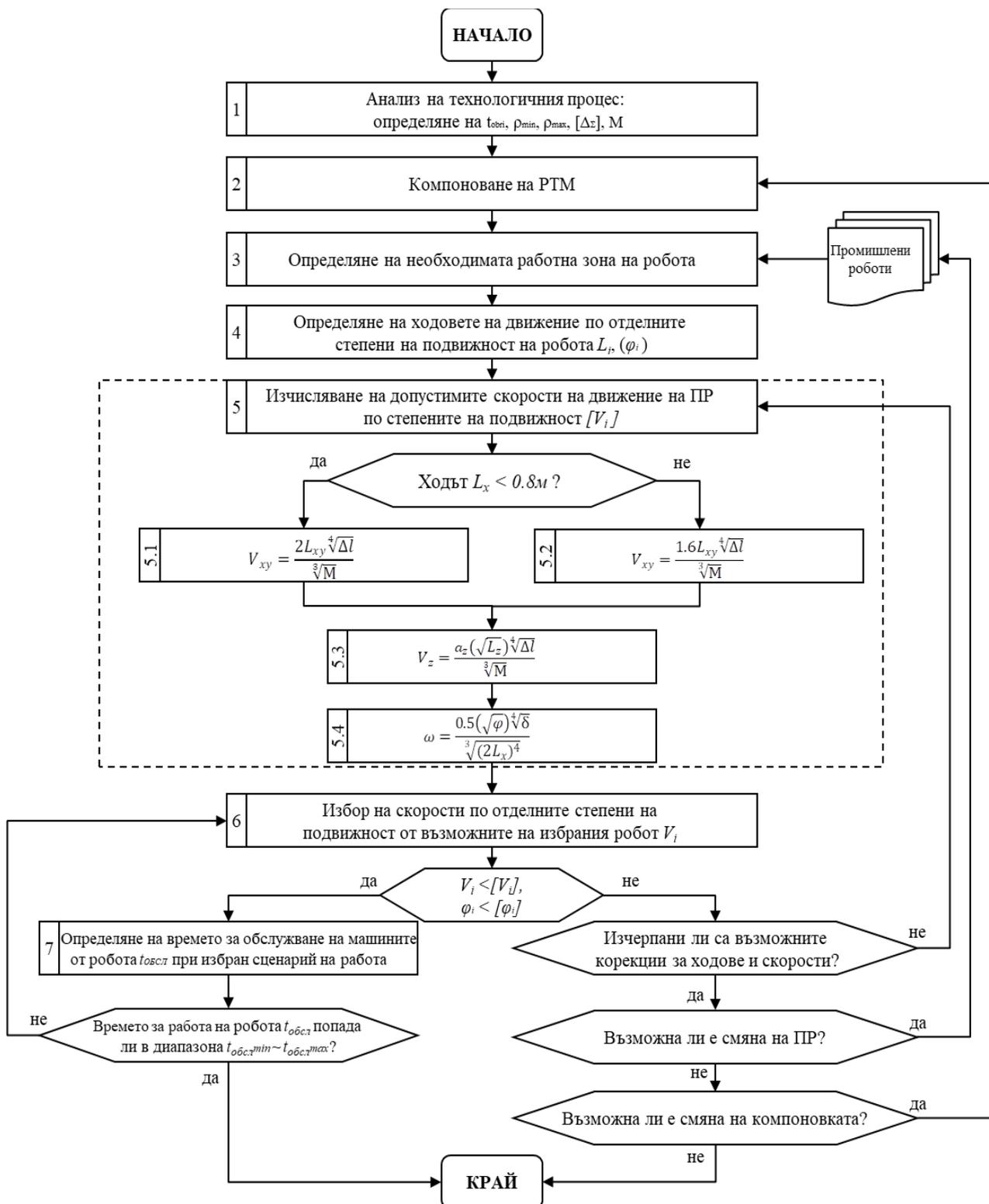
Намаляване на времето за обслужване на всяка машина от модула и броя на заявките в опашката може да се постигне чрез подходящ избор на ПР, чийто диапазон за изменение на скоростите на движение по отделните степени на подвижност да позволява намаляване на общото време на обслужване, но без да се нарушава необходимата точност на позициониране при предвидените големини на ходовете по отделните степени на подвижност. Допълнителна възможност за намаляване на времето за обслужване, при равни други условия, се постига чрез съставяне на подходяща циклограма за работата при възможни съвместявания на движенията за отделните манипулации. Множеството фактори, оказващи влияние върху работата на РТМ и широкият диапазон на изменение на техническите параметри на ПР води до разнообразие от технически възможни решения за структуриране на производствена система. Една от задачите при проектиране на РТМ е търсене на подходящ робот, който да обслужва машините така, че загубите от чакане на обслужване да са минимални.

Анализът на факторите и тяхното взаимно влияние дава възможност за систематизиране на единен алгоритъм за работа при избор на ПР за вграждане в РТМ, чиято блок-схема е представена на фиг. 1. Обособени са следните етапи:

- Анализ на технологичния процес: определяне на времената за обработване на машините, допустима

сумарна грешка при позициониране на робота $[\Delta\Sigma]$, определена от технологични съображения; максимална товароносимост M при обслужване на машините; задаване на граничните стойности на относителната

интензивност ρ според заложените критерии за ефективност на системата (допустимо минимално натоварване на машините и ПР, фиг. 2) – блок 1;



Фиг. 1. Блок-схема на алгоритъм за избор на ПР

- Компоновка на РТМ и определяне на необходимите ходове по отделните степени на подвижност на работа – блок 2;

- Избор на ПР с подходяща кинематична структура, ходове L_i , ϕ_i ($i-X;Y;Z$), товароносимост M и грешка при позициониране $\Delta\Sigma < [\Delta\Sigma]$ – блок 3;

- Определяне на грешките при позициониране по отделните степени на подвижност за работа и предвидените ходове ($[\Delta\Sigma] = f(\Delta_i)$);

В зависимост от вида на заложените манипулационни движения се определят максимално допустимите съответни стойности на скоростите на движение, като за целта са използвани известни емпирични зависимости [1], свързващи параметрите: големина на ход, точност на позициониране, товароносимост и скорост на движение. За транслационни ходове по-малки от 0,8 м по оси X и Y се ползва зависимостта от блок 5.1, а при по-големи от 0,8 м зависимостта от блок 5.2. За вертикални ходове се препоръчва зависимостта от блок 5.3, а за ротационни движения посочената в блок 5.4 зависимост.

- избор на скорости на движение от възможните за избрания ПР (блок 6);

- определяне на времето за обслужване t_{OBSL} (блок 7) и сравняване с граничните му стойности, определени от зададения диапазон за изменение на относителната интензивност ρ . Времето за изпълнение на транспортно-захранващите операции t_{OBSL} зависи от параметрите на компоновката на модула – вид и големина на траектория при манипулиране със заготовки или детайли и от параметрите на самия робот – скорости и ускорения по степените на подвижност, грешките при позициониране и др.

При получени времена за обслужване извън гранично допустимите се налага анализът да продължи при възможни изменения, касаещи оптимизация на циклограмата на ПР, промяна на приетите скорости (в границите на възможните), промяна на компоновката на модула или избрания ПР. Важна част от представения алгоритъм е избора на подходящи скорости на движение по отделните степени на подвижност от технически възможните за даден ПР, по-малки от определените допустими скорости на движение, съобразно конкретните производствени условия.

Използването на алгоритъма осигурява целенасочени действия, така че избраният робот да обслужва конкретни машини, спазвайки необходимата точност на позициониране и допустима скорост на движение по отделните степени на подвижност в определената компоновка на РТМ и за зададената маса на манипулирания обект.

На фиг. 2 [1,2] е представен ефективният диапазон за изменение на относителната интензивност ρ , определен от минимално допустимото натоварване на машините и ПР в РТМ от m на брой машини и един обслужващ робот.

Като се анализира допустимия диапазон за ρ може да се направят някои препоръки, относно оптимизация цикъла на работа на ПР за обслужване на конкретните

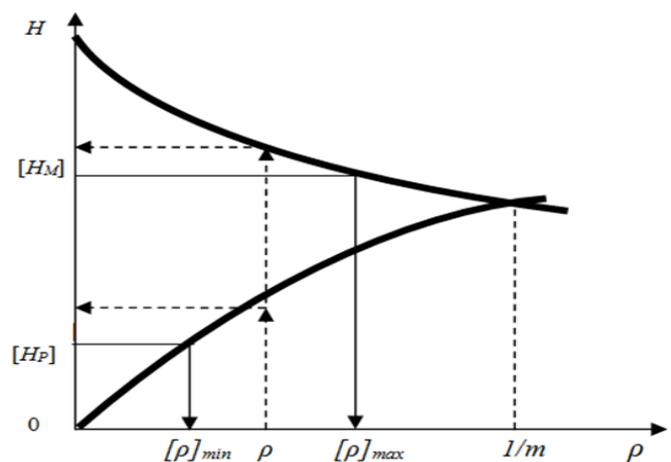
машини. Най-добрият случай е когато времето за обслужване попада в желания интервал, определен от ρ . Тогава не се налагат други специални действия. В случая когато времето на работа t_{OBSL} е по-голямо от $t_{OBSLmax}$ се препоръчва се да се увеличат скоростите на движение по съответните степени на подвижност в рамките на възможните. Ако това не води до желания резултат, е необходимо оптимизиране траекторията на обслужване и циклограмата за работа на модула. Когато при разглеждан компоновъчен вариант, времето t_{OBSL} е по-малко от $t_{OBSLmin}$ се препоръчва да се намалят скоростите на движение за обслужване на машините или да се увеличат ходовете по съответните степени на подвижност на работа в рамките на възможна компоновка. Такъв анализ е необходим при проектиране на технологичен модул на етап избор на обслужващ робот. Ако е невъзможно за конкретния робот t_{OBSL} да попадне в желания интервал, то се налага смяна на компоновката или самия робот и нови проверки.

Изчислявайки прогнозната производителност на разглеждан РТМ, на база зададена технология и времена за обработване на машините и получени времена за тяхното обслужване от ПР, при стойности по-големи от минимално допустимата ($P_{РТМmin} \leq P_{РТМразч}$) може да се приеме, че структурираният модул е ефективен при зададените критерии.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеният алгоритъм за работа при избор на промишлен робот, обслужващ машини в роботизиран технологичен модул, може да се използва за подпомагане на инженерните дейности, както при проектиране на роботизирани системи по зададен технологичен процес, така и при анализ на възможностите за оптимална експлоатация на действащо оборудване при промяна условията на работа.

Алгоритъмът може да бъде разширен чрез задаване на допълнителни критерии за ефективност, касаещи особености на машините, допълнителни загуби от чакане на обслужване и др., определящи избора на промишлен робот за структуриран модул и конкретни производствени условия.



Фиг.2. Графично представяне на условие за ефективна работа на РТМ

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ч. Костадинов, Вероятностно моделиране, анализ и прогнозиране на производителността на производствени системи с паралелна структура. Дисертация, РУ „А. Кънчев“, Русе, 2017.
- [2] М. Пенчев, Критерии за ефективност на роботизирани модули в задачите за анализ и проектиране. VIII ННТК „АДП“, София, 1997.
- [3] S. Koleva, M. Enchev, E. Beljov, About the information assurance of technological processes by machining parts. University of Ruse, Proceedings, Mechanical Engineering and Machine-Building Technologies, Ruse, 2018, pp. 45-50, ISBN ISSN 2603-4123.
- [4] S. Koleva, Current problems and trends relating to ensuring the accuracy on turning. University of Ruse, Proceedings, Mechanical Engineering and Machine-Building Technologies, Ruse, 2020, pp. 43-48, ISBN ISSN 2603-4123.
- [5] T. Todorov, D. Chakar, Automated mixing and dosing of lubricants whit controlled cavitation. University of Ruse, Proceedings, Mechanical Engineering and Machine-Building Technologies, Ruse, 2019, pp. 39-43, ISBN ISSN 2603-4123.
- [6] T. Todorov, D. Chakar, Problems during highly productive complex quality assessment of objects. University of Ruse, Proceedings, Mechanical Engineering and Machine-Building Technologies, Ruse, 2018, pp. 51-54, ISBN ISSN 2603-4123.

ON THE CHOICE OF SERVICE ROBOTS IN ROBOTICS TECHNOLOGICAL MODULES

Chavdar Kostadinov

Department of Communication and information systems

“G. S. Rakovski” National Defence College

Sofia, Bulgaria

E-mail: ch.kostadinov@rndc.bg

Ivanka Peeva

Department of Manufacturing engineering

“Angel Kanchev” University of Ruse

Ruse, Bulgaria

E-mail: ipeeva@uni-ruse.bg

Abstract: The choice of an industrial robot servicing machines in robotic technological modules is an important engineering task and is based on a number of requirements determining its technical characteristics. For the construction and operation of an efficient robotic module, the ratio of the operating times of the machines and the corresponding service times of the industrial robot is important, the limit values of which are determined by the set efficiency criteria. The article presents an algorithm for operation when selecting an industrial robot servicing basic technological equipment under certain production conditions.

УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ РАБОТАТА НА АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ЛИОФИЛНИ ЛЕКАРСТВЕНИ ФОРМИ

Боян Бахчеванов
Технически Университет
София, България
E-mail: boyanbahchevanov@gmail.com

Ренета Димитрова
Технически Университет
София, България
E-mail: rkd@tu-sofia.bg

Стилиян Николов
Технически Университет
София, България
E-mail: st_nikolov2@tu-sofia.bg

Резюме: Целта на настоящата разработка е да се апробира новосъздадена методика за усъвършенстване работата на автоматизирани системи за производство на лекарствени форми. Ще се извърши оценка на ефективността на извършените досега процеси на автоматизация на лиофилна инсталация GT-350 в лиофилен цех на фирма Софарма АД.

Ключови думи: автоматизирана система, лиофилизация, усъвършенстване, лекарствена форма, флакон.

I. УВОД

Леофилизацията е метод за изсушаване и производство на продукти както за фармацевтичната, така и за хранително-вкусовата промишленост. Намира приложение и в други области на техниката. По време на Втората световна война намира широко приложение в САЩ за стабилизиране на кръвна плазма и производство на пеницилин. В годините след войната ролята на леофилизацията за производство на лекарства от генно и биотехнологичен тип нараства. Тези препарати се отличават със своята нестабилност, което ги прави скъпи за производство, чрез останалите конвенционални методи. И ето защо един скъп процес като леофилизацията се явява икономически изгоден за тяхното производство. Освен това е приложим метод за производството и на други лекарства, особено там, където други методи за изсушаване и стабилизация са неприложими. При всички случаи преди да се пристъпи към леофилизацията на един продукт, независимо дали касае фармацевтичната или друга област трябва да се направи предварителна икономическа обосновка.

Приложение на леофилизацията за изсушаване на мокри или овлажнени документи. Много често в библиотеките водата е основна причина за повреждането на библиографските материали, независимо дали причината е от естествен характер /наводнения/ или технически неизправности. При намокрените или овлажнени документи много бързо започват процеси на мухлясане и тяхното физическо разпадане. За забавяне на биологичните и физико-химичните процеси се използват ниски температури за замразяване на повредените библиографски материали. Поставяйки замразените документи в камера с понижено налягане, те могат да бъдат изсушени, без да се предизвика деформация в съответния носител (хартия, папироз или кожа). Използване на леофилизацията за запазване на продукти в хранително-вкусовата промишленост.

Тук трябва да се направи уточнение, че метода на леофилизация е един скъп метод за консервиране. Затова той се ползва преимуществено при продукти, съдържащи специфични аромати или при такива, които са чувствителни към топлина и кислород. Леофилизираните продукти, добре опаковани, имат много дълъг срок на годност, понякога с години.

При процеса на леофилизация се извлича почти цялото количество вода, съдържащо се в конкретния продукт, използвайки принципа на сублимация. Благодарение на особените физически свойства на замръзнатата вода да преминава от твърдо в газообразно състояние, в условията на вакуум може да се осъществи процесът на изсушаване. Полученият след леофилизация продукт е почти на 100% идентичен с първоначалния, разликата е само във водното съдържание. За възстановяване на продукта е необходимо само добавяне на вода под някаква форма.

Производството на леофилизати, т.е. на продукти получени, чрез леофилизация в областта на фармацевтичната, протича по различни способы. Най-често леофилизатите са продукти, предназначени за инжекционно поставяне и като такива те се леофилизират директно в първичните опаковъчни материали, т.е. в ампули, спринцовки, флакони или инфузионни шишета. Преди да бъде извършена апликацията, съответната опаковка се запълва с възстановяваща течност, която в най-общия случай е вода за инжекции (WFI – water for injection). Възможно е леофилизат да се получи директно в блистер под формата на таблетка.

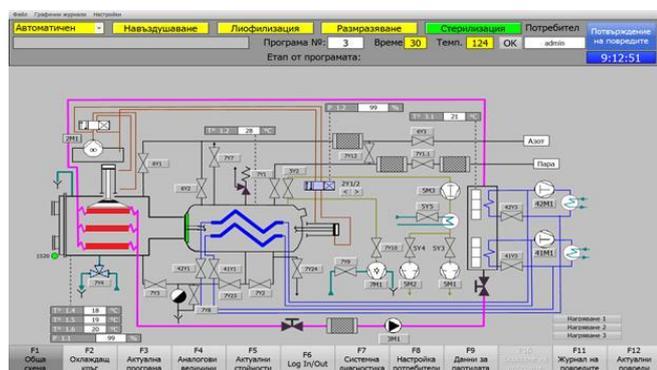
Освен многообразието от продукти, които могат да бъдат произведени, чрез леофилизация, нараства също и многообразието при различни по конструкция леофилизатори. Водещо начало при различните конструкции е намаляване на производствените разходи. Пример за такива съвременни конструкции са т.н. “bulk” – леофилизатори. При тях камерата и кондензатора са поместени в едно съоръжение. Друго осъвременено съоръжение е тунелният леофилизатор, който намира приложение при производството на многообразни продукти. Продуктът, предназначен за сушене се замразява на подвижна лента, която го докарва до леофилния тунел в замразено състояние. Той преминава в предварително вакуумиран тунел, чрез поредица от шлюзове и там се извършва само сушене. Тези методи са приложими най-вече в хранително-вкусовата промишленост. За фармацевтичните нужди са неприложими.

Защото не може да се гарантира стерилност по време на целия процес.

II. АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ЛИОФИЛНИ ЛЕКАРСТВЕНИ ФОРМИ – СЪЩЕСТВУВАЩО ПОЛОЖЕНИЕ

В фирма „Софарма“ АД има лиофилен цех, в който се произвеждат асептични лиофилизирани лекарствени форми в ампули от 2 [ccm], 5 [ccm] и 10 [ccm]. Леофилната инсталация е произведена през 1984 г. в Германия от фирма „Leubold – Heraeus“. Капацитетът на инсталацията е max 350 [kg] лед в кондензатора. Камерата разполага с десет броя плата (повърхности), върху които се разполагат дозираните предварително ампули. Ампулите се подреждат в неръждаеми касети и така се зареждат върху платата на лиофилната инсталация. Общата площ на платата е около 20 [m²].

Камерата е съд номер 1 от условната схема, показана на фиг. 1. Платата вътре в камерата са показани в условен червен цвят, както и системата захранваща се със силиконово масло. Това е междинен топлоносител, които в зависимост от етапа на технологичния процес подава студ или топлина. Загриването или охлаждането на силиконовото масло се извършва в топлообменника 3. Платата в камерата са свободно висящи и чрез хидросистемата 2M1, могат да се движат във вертикална посока. Приспособлението е направено с цел, те да се затварят още вътре в камерата. Дозираните флакони се поставят в камерата с отворени гумени капачки, за да може да бъде лиофилизиран разтвора в тях. След приключване на процеса, чрез хидравликата се придвижват платата надолу, гумените тапи потъват в гърловината на флакона, затварят го и продукта в него вече е изцяло защитен. Камерата, платата, както и силиконовите шлаухи посредством, които се подава силиконово масло към платата са изцяло направени от неръждаема стомана 316 L, външно към лекарствения продукт електрополирани. Вътрешността на платата е изготвена на лабиринтен принцип, за да се гарантира възможно най-малка температурна разлика между отделни точки от повърхността им [2].



Фиг. 1. Условна схема на лиофилна инсталация GT – 350

Съд 2 се нарича кондензатор и в него кондензира сублимира от продукта влага. По околната му повърхност са разположени директно тръбните изпарители, захранващи се от втория кръг на хладилните компресори. В кондензатора се постигат много ниски

температури от порядъка -70° [C] до -80° [C], за да се гарантира, че влагата от продукта не само ще кондензира в съда, но и до края на процеса тя ще бъде стабилно захваната и няма да се създадат условия за обратно сублимиране. Температурата в кондензатора не подлежи на контролиране, т.е. компресорите работят в непрекъсваем режим и колкото по-ниска е тя, толкова по-добре. Но въпреки това върху изпарителите има монтирано PT-100 за визуален контрол. След приключване на лиофилизация, ледът в кондензатора се разтопява с чиста пара получена от инжекционна вода. Другият вариант е, особено при производство на асептични продукти, стерилизация на камера и кондензатор (при която се освобождава натрупаният лед) при температура 121° [C] в продължение на 30 [min].

Между камерата и кондензатора е монтирана хидравлична задвижвана клапа, която херметически плътно изолира двата съда един от друг. Леофилна инсталация GT-350 разполага с два полухерметични хладилни компресори 41M1 и 42M1. Хладилната мощност на всеки един от компресорите е разделена на два кръга. Единият кръг обслужва топлообменник 3, а другият захранва кондензатор 2. Но през различните подетапи на технологичния процес двата кръга работят в различна последователност. Към топлообменник 3 са показани схематично и шест нагревателя, по 2000W всеки. В зависимост от нужното топлоподаване, автоматика преценява колко на брой нагреватели да се включат, за да се достигне и поддържа дадена температура. 41Y1, 41Y3, 42Y1, 42Y3 са електромагнитни вентили за фреон, след които са монтирани термостатични разширителни вентили (TRV). Комбинацията електромагнитен вентил + TRV позволява автоматично управление на процеса на охлаждане.

Агрегат 5M1, 5M2, 5M3 образуват така нареченият вакуумен помпен стенд. Чрез този набор от вакуум помпи се евакуират двата съда 1 и 2 по време на лиофилизация и се поддържа определено ниво на вакуум по време на целия процес. Трите помпи работят непрекъснато и при нужда се отваря само вакуумният вентил 5Y2, за поддържане на необходимото налягане. Помпи 5M1 и 5M2 са маслени, двустъпални, бутални помпи, всяка с дебитна мощност 60 [m³/h]. Помпа 5M3 е суха вакуумна помпа от типа “Roots” с дебитна мощност 600 [m³/h]. Трите помпи могат и работят само и единствено като комплект. Сухата “Roots” помпа 5M3 не може да работи самостоятелно, т.е. трябва да има друг вид помпа, която да създаде разлика в наляганята между вход и изход на помпа 5M3. Затова и помпи 5M1 и 5M2 понякога се наричат помпи за предварителен вакуум. Между “Roots”-помпата и двете маслени помпи е разположен уловител на маслените пари, движещи се в противоток към помпа 5M3. Тази маслена уловка се охлажда със студена вода от вентил 5Y5 и така се създават условия за кондензация на маслените пари. 7M1 е водна вакуум помпа, която се ползва само и единствено за изсушаване на камерата и кондензатора след стерилизация. С нея се постига вакуум от около 50 до 60 [mbar], което е достатъчно за изсушаване на двата съда. При наляганя по-ниски от атмосферното водата кипи при температура $20-30^{\circ}$ [C]. С пускане на помпата в

действие се отваря и вентил 7Y9, който я захранва непрекъснато с вода. Водата се ползва като уплътнител между корпуса на помпата и вътрешната ѝ турбина. Флуидите с които е захранвана лиофилната инсталация GT-350 са следните:

- Промислена вода – за охлаждане на фреоновите втечители и на маслената уловка 5Y5.
- Азот с голяма чистота – захранва се от голям Дюаров съд с вместимост 1,2 [m³] и обслужван от Messer – България. Азот се ползва единствено за навъздушаване на камерата и кондензатора след лиофилен процес. След вентил 6Y3 е монтиран хидрофобен филтър за азот с големина на порите 0,2 [µm]. Това гарантира стерилността при навъздушаване. Преди всеки лиофилен процес филтърът за азот се проверява на уред Sartocheck, за да се гарантира целостта му. Ако се окаже, че филтърът е повреден, то той се подменя с нов.
- Пара – произвежда се на място от инжекционна вода (дестилирана) в електронагриван парогенератор с производителност 100 [kg/h]. На входа на парата към лиофилната инсталация е монтиран метален филтър за пара с реална големина на порите 1 [µm].
- Технически въздух под налягане 7 [bar] – за обслужване на пневмовентили и пневмозадвижвания.

На линията на силиконовото масло е монтирана циркуляционна помпа 3M1, която обезпечава постоянен кръговрат на силиконовото масло. Цялата система е заредена с около 300 [l] силиконово масло плюс 50 [l] буферен съд. Силиконовото масло има голяма свиваемост и обслужва камерата в диапазон от -50° [C] до +50° [C]. Леофилният процес при инсталация GT-350 е разделен на пет подетапа, за разлика от общоприетото на три, както е описано по-горе. Агрегатите от инсталацията ангажирани технически за обезпечаване на процеса са:

- Замразяване – през този подетап цялата хладилна мощност на двата компресора е насочена единствено към замразяване на лекарствения продукт, т.е. работи само единият кръг на двата компресора и то този, свързан с топлообменник 3. Другият кръг към кондензатор 2 на този етап не работи. След като продукта е замразен и темперирани при дълбока минусова температура от порядъка на -40° [C]÷ -45° [C] следва подетап подготовка.
- Подготовка – през този подетап основно хладилната мощност на компресорите се насочва към кондензатора. Само в случай на нужда от време на време се разделя на две, за поддържане температурата на силиконовото масло. През този период се включват и двете маслени вакуум помпи, за да се загреят и достигнат работната си температура, която е около 110° [C] на маслото вътре в тях. Включена е и маслената уловка. Експериментално е установено, че за инсталация

GT-350 са нужни 30 [min] време за подетап „подготовка“, за да се постигнат работните параметри. През този период кондензаторът достига температура -65° [C].

- Главно сушене – през този етап компресорът 41M1 работи само и единствено да охлажда кондензатор 2. Компресорът 42M1 работи преимуществено за охлаждане на кондензатора, само при нужда се включва към топлообменник 3 за корекция на температурата на силиконовото масло. Отваря се клапата между кондензатора и камерата. Включва се “Roots”-помпата 5M3 и се отваря вакуумният вентил 5Y2, вакуумират се камерата и кондензатора заедно през вече отворената междинна клапа. По време на главно сушене се поддържа налягане 1,5. 10⁻¹[mbar]. За всеки продукт и съответната му концентрация, продължителността на главно сушене се определя експериментално. В края на главно сушене се прави проверка за това дали наистина процесът е приключил. Затваря се клапата между камерата и кондензатора и се измерва нарастването на налягането в продължение на една минута. Ако налягането надвиши 2.10⁻¹ [mbar], то процесът главно сушене се удължава с един час. В края на всяко едночасово продължение се прави тази едноминутна проверка до момента, в който налягането е в диапазона 1,5. 10⁻¹ [mbar]. до 2.10⁻¹ [mbar]. Това е условието за преминаване към допълнително сушене.
- Допълнително сушене – всички системи и агрегати работят на принципа, на който са работили в подетап Главно сушене. Единствено налягането се понижава равномерно в рамките на 30 минути от 1,5. 10⁻¹ [mbar] до 5.10⁻³ [mbar]. Това е границата, при която започва да регулира вакуумният вентил 5Y2. През този етап се изтегля само „свързаната влага“, т.е. кристалната и хидратна вода. В края на етапа отново се извършва проверка със затваряне на междинната клапа за една минута. Ако налягането нарасне и подмине 1.10⁻² [mbar] процесът се удължава с един час. И така в края на всеки час отново се извършва проверка, докато налягането остане в интервала 5.10⁻³ [mbar] до 1.10⁻² [mbar]. След като това условие се изпълни се преминава на етап Темперирание.
- Темперирание – обикновено е с продължителност от 30 минути до един час. През този период вакуума се поддържа на ниво 5.10⁻³ [mbar], а температурата на продукта се понижава от +40° [C] до +25° [C]. Следва навъздушаване с азот и изваждане на готовия лиофилизат и по-нататъшна обработка. Ако са ампули се изваждат и отиват на машина за запояване. Ако са флакони, гумените тапи се натискат с хидравличния цилиндър вътре в камерата и след това се изваждат и се обработват на машината за обкантиране.

III. УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ РАБОТАТА НА АВТОМАТИЗИРАНАТА СИСТЕМА

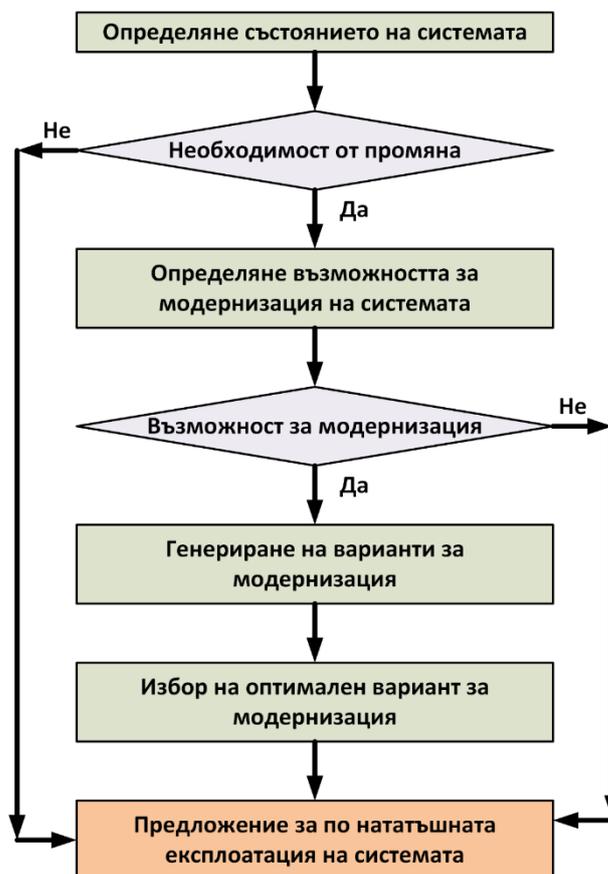
A. Определяне и оценка на състоянието на системата

За да се оцени ефективността на извършените досега процеси на автоматизация на лиофилна инсталация GT-350, ще се използва новосъздадена методика критерии за оценка [1].

Леофилна инсталация GT-350 е произведена и пусната в експлоатация през 1984-та година. Това означава, че нейното морално и техническо състояние е било съобразено със съответните норми от този период, а именно:

- Камера и кондензатор, изработени от неръждаема стомана AISI 316, като камерата и платата са подобрен модел AISI316L, т.е. полирани механично.
- Вакуумно-помпен стенд – състоящ се от две маслени вакуумни форпомпи и една суха “Roots”-вакуумпомпа 600 [m³/h]. Стенда позволява последния етап на лиофилизация да се провежда при налягане 5.10-3 [mbar].
- Херметизирани хладилни компресори Bitzer, позволяващи да замразят до 300 литра лекарствен продукт при температури -45 ° [C] ÷ -50 ° [C] и температура на кондензатора -80 ° [C].
- Висящи плата за разполагането на ампули и флакони, работещи в температурен интервал -45° [C] ÷ +50° [C]. С помощта на хидроцилиндър платата могат да се придвижват по височина.
- Възможност за парна стерилизация на камера и кондензатор, но с разчет един път седмично. Много важен критерии, съобразен с т.н. термична умора не само на самия материал, но и на направените заваръчни съединения. Температурата в кондензатора се движи в граници -80 ° [C] ÷ +125 ° [C], т.е. имаме хистерезис около 200 ° [C].
- Възможност за охлаждане на външната стена на камерата след стерилизация. Също много важен елемент, предвид изричното изискване - дозираните ампули да се поставят в среда с температура +5 ° [C] ÷ +8 ° [C].
- Ръчно затваряне и херметизиране на вратата, през която се осъществява зареждането на ампулите. Не е изработено охлаждане на вратата след процес на парна стерилизация на камерата. Това е основен недостатък на инсталацията, предвид произвеждания термоллабилен продукт.
- Процеса на стерилизация на камерата и кондензатора се води по термодатчик, поставен в кондензатора. Това е недостатък - трябва да се зададе по-висока температура на стерилизация, за да е сигурно, че в камерата ще се постигне твърдо 121 ° [C], съгласно стандарт EN 285 и Annex11 към него.

- PLC управление на процесите на лиофилизация, стерилизация, разтопяване на кондензатор и навъздушаване. Има възможност за работа в полуавтоматичен режим, т.е. отделно можем да изберем отделните етапи на лиофилизация – замразяване, подготовка, главно сушене, допълнително сушене.



Фиг.2. Методика за усъвършенстване работата на автоматизирани системи за производство на лекарствени форми [1]

B. Определяне възможността за модернизация на системата

През годините са извършвани следните мероприятия за автоматизиране и модернизация на процесите, извършвани от леофилна инсталация GT-350:

- 1995-та година – задължителна смяна на фреоновия агент използван в хладилните компресори, в съответствие с конвенцията на ООН за изменение на климата от 1992-та година, Рио де Жанейро. Преминаване от R13B1 към R22.
- Смяна на Siemens контролер, Siemens Lyo-PLC със Simatic S7-200, и визуализация на всички механични сиситеми и вентили за управление.
- 2011-та години – смяна на хладилен агент R22 с R407B, смяна на самите хладилни компресори, поради невъзможността на старите да работят с новия хладилен агент. Смяната е във връзка с конвенцията от Киото 1995-та година.

- 2018-та година – Смяна на контролер Siemens Simatic S7-200 със Simatic S7-1500. Подмяна на компютъра, поддържащ визуализацията на процесите. Възможност за запис през 10 секунди на показанията на всички Pt-100 и датчици за налягане, разпечатването им в графичен режим. Запис на всички появили се проблеми и дефекти. Възможност за автоматично преминаване към бързо замразяване при $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, в случаите на спиране на електрическото захранване за повече от 20 секунди. Целта е запазване на лекарствения продукт от размразяване и невъзможност за протичане докрай на процес лиофилизация. Продуктът се разтопява и понеже е в условията на вакуум - изкипява и излиза от ампулите.

С всичко изброено дотук възможностите за автоматизация на лиофилна инсталация GT-350 се изчерпват. Освен това не бива да се забравя, че инсталацията е в експлоатация от 1984-та година. Непрекъснато има сигнали за т.н. умора на материалите:

Нарастват проблемите с платата, върху които се поставят ампулите за лиофилизиране. Поява на пукнатини и теч на силиконово масло, което е недопустимо, поради замърсяване на лекарствения продукт. Непрекъснати интервенции, като заваряване, води до локални изкривявания на платата. В съответствие с изискванията на GMP /Добра производствена практика/ парните стерилизации на цялото съоръжение се провеждат след всяка партида, което допълнително води до нови изкривявания и пукнатини.

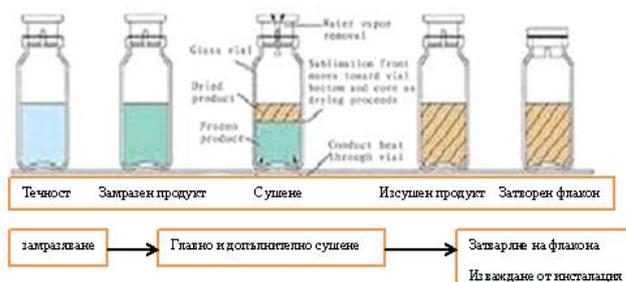
Изкривявания се наблюдават и във вратата, затваряща и херметизираща инсталацията. За сега тези изкривявания се компенсират с локално ръчно шлайфане и поставяне на уплътнение с по-голям диаметър. Въпреки това се увеличава времето за постигане на крайния вакуум 5.10^{-3} [mbar]. Това пък от своя страна води до промени в технологичния режим и до намаляване на броя ампули във всяка една партида. С една дума намалява се производителността.

Съоръженията и инсталациите в лиофилен завод Софарма АД не подлежат на по-нататъшна модернизация.

С. Предложение за нови производствени мощности

След като възможностите за автоматизиране и повишаване на производителността на лиофилна инсталация са изчерпани, трябва да се премине към нов по-качествен етап. Повечето от произвежданите асептични лекарствени продукти са лиофилизати. Основен недостатък на лиофилния продукт е неговата склонност много бързо да поема влага от въздуха. Ето защо партидите, които се залагат при сегашния начин на производство са лимитирани между 30 000 и 40 000 бройки ампули. Единственият начин да се увеличи производителността на лиофилното производство е да се премине от ампули към флакони. Готовите лиофилизирани ампули задължително трябва да се извадят от лиофилизатора и да бъдат затворени /запоени/ на запойващ автомат, намиращ се в чисто помещение

кл.В, с относителна влажност на въздуха около 30%, при което лиофилизата поема от атмосферната влага. Докато при флаконите процесът протича по долната технологична схема (фиг.3).



Фиг.3 Технологична схема при флакони

Както е видно флаконите постъпват в лиофилната инсталация с поставена но не затворена гумена запушалка /използват се специални т.н. лиофилни тапи с прорези за извличане на влагата/. Завършва процесът на лиофилизация, платата /редовете/, на които са разположени флаконите могат да се придвижват едно спрямо друго, чрез хидроцилиндър. Това позволява затваряне на флакона вътре в лиофилната инсталация, преди още да е постъпил влажен въздух отвън. След като флаконите са затворени те постъпват на следващите технологични операции. Този процес позволява в пъти да се увеличи производителността. Това увеличаване на производителността, смяната на ампулата с флакон, налага внедряването на абсолютно нови автоматизирани линии за производство, отговарящо на съвременните изисквания. Големината на партидата е определена на база оптимален избор на лиофилизатор /едно зареждане = една партида/, като е взето предвид енергийната ефективност.

Д. Основни положения от технологична гледна точка

- Производството е изцяло асептично.
- Целта е да се построи едно напълно автоматизирано производство, отговарящо изцяло на съвременните изисквания.
- Ще се използват модулни системи с възможност за разширение.
- Първичната опаковка за лиофилния лекарствен продукт ще е флакон.
- Ще се работи с нестерилни флакони, които ще се мият, стерилизират и депирогенизират на място.
- Стерилно доставяни силиконизирани тапи и капачки, поради високия риск за продукта.
- Ще се използват CIP/SIP системи (Clean in Place/Sterilization in place) за почистване и стерилизация на място на основното оборудване, което е в пряк контакт с продукта.
- Поради това, че лиофилните лекарствени продукти са нестабилни, термолабилни и светлочувствителни е необходимо процеса от

изготвяне на инжекционния разтвор до лиофилизацията да се осъществява при контролирани технологични параметри ($T^{\circ}C$, RH %, отсъствие на пряка слънчева светлина).

ИЗВОДИ:

- Апробирана е новосъздадена методика за усъвършенстване работата на автоматизирани системи за производство на лекарствени форми.
- Направена е оценка на ефективността на извършените досега процеси по автоматизация на лиофилна инсталация GT-350 в лиофилен цех на фирма Софарма АД.
- Направен е извод от оценката по новосъздадената методика за лиофилна инсталация GT-350 в лиофилен цех на фирма Софарма АД.
- Направени са предложения за нови производствени мощности в лиофилен цех на фирма Софарма АД.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Б. Бахчеванов, Р. Димитрова и С. Николов, “Критерии за оценка състоянието на автоматизирани системи за производството на лекарствени форми”, XXIX МНТК „АДП – 2020”, Созопол, 29.06 – 02.07.2020 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство”, бр.2/юли 2020 г., ISSN: 2682-9584, (18-21).
- [2] Бахчеванов Б., “Автоматизирани системи за производство на лекарствени форми”, XXVIII МНТК „АДП – 2019”, Созопол, 29.06 – 02.07.2019 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство”, бр.1/юли 2019г., ISSN: 2682-9584, (109-114).
- [3] M. Kambushev, N. Chivarov, A. Marinov and R. Dimitrova, “Approbation of a mathematical model of a specialized mechatronic system”, XI National conference with international participation, Electronica 2020, 23 – 24 July 2020 Sofia, Scopus, IEEE Xplore Digital Library, Scopus database (IEEE Conference record # 50406), 9305150.
- [4] R. Dimitrova, M. Kambushev, S. Biliderov, METHOD FOR DESIGN OF SPECIAL MECHATRONIC DEVICES AND SYSTEMS, XXIX МНТК „АДП – 2020”, Созопол, 29.06 – 02.07.2020 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство”, бр.2/юли 2020 г., ISSN: 2682-9584, (14-17).

IMPROVING THE WORK OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF LYOPHILIC PHARMACEUTICAL FORMS

Boyan Bahchevanov
Technical University
Sofia, Bulgaria

E-mail: boyanbahchevanov@gmail.com

Reneta Dimitrova
Technical University
Sofia, Bulgaria

E-mail: rkd@tu-sofia.bg

Stiliyan Nikolov
Technical University
Sofia, Bulgaria

E-mail: st_nikolov2@tu-sofia.bg

Abstract: The purpose of this study is to test a newly created methodology for improving the operation of automated systems for the production of dosage forms. An evaluation of the efficiency of the automation processes of the lyophilic installation GT-350 performed so far in the lyophilic workshop of Sopharma AD will be performed.

ПРОЕКТИРАНЕ НА МОБИЛЕН РОБОТ С ХИБРИДНО ЗАДВИЖВАНЕ

Слав Димитров
Технически университет
София, България
E-mail: sbd@tu-sofia.bg

Ренета Димитрова
Технически университет
София, България
E-mail: rkd@tu-sofia.bg

Трифон Банков
Технически университет
София, България
E-mail: trifonbankov@gmail.com

Александър Банчев
Технически университет
София, България
E-mail: alexandarbanchev@gmail.com

Станислав Цолов
Технически университет
София, България
E-mail: st.solov90@gmail.com

Резюме: Целта на настоящата разработка е да се проектира мобилния робот с хибридно задвижване. Проектирането ще се извърши в дигитална среда с използване на съществуваща методика за проектиране на специални мехатронни устройства и системи. Очаква се комбинирането на движението по въздух и земя, да увеличи съществено възможностите на проектирания робот да преодолява препятствия, при придвижване по силно пресечени терени и работа в затворени пространства.

Ключови думи: статичен анализ, мобилен робот, 3D модел, проектиране, хибридно задвижване

I. УВОД

В настоящият момент, роботите намират все по-широко приложение в различни области на науката, производството и бита.

Мобилните роботи от своя страна позволяват съществено да се разшири зоната, в която робота може да извършва поставените му задачи. Автономността на този тип роботи, позволява тяхното използване в агресивни среди, които могат да застрашат живота и здравето на хората. Всичко това, заедно с непрекъснатото усъвършенстване на мобилните източници на захранване, правят актуални разработките свързани с конструирането, изследването и управлението на мобилните роботи. Съществуват различни конструкции за придвижване, на мобилните роботи по земя, въздух и вода.

II. ПРОЕКТИРАНЕ НА МОБИЛЕН РОБОТ

A. 3D модел на основа

Изисквания към основата:

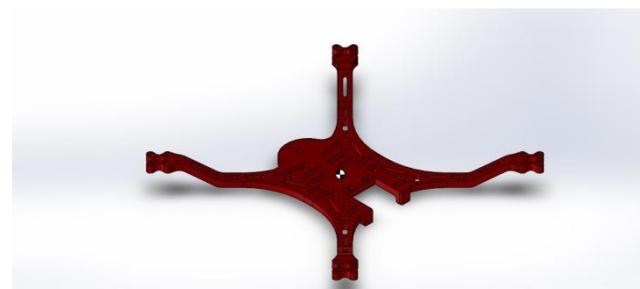
- Разстояние на диагонала между центровете на двигателите – 250 [mm].
- Геометричният център на мобилния робот и центъра на тежест трябва да съвпадат или да имат минимално разминаване ± 4 [mm].
- Батерията трябва да бъде монтирана от долната страна на основата в близост до центъра на тежест и трябва да бъде защитена от механични наранявания.

- Полетният контролер трябва да бъде монтиран в близост до центъра на тежест, не трябва да бъде свързан за основата на мобилния робот с твърда връзка, т.к. вибрациите от двигателите ще нарушат работата на акселерометричните датчици, по тази причина е необходимо демпфиране.

Проектира се рамка тип „+“ с принципна схема на работа “Quad X”, тази конструкция позволява поставянето на 4 броя двигатели.



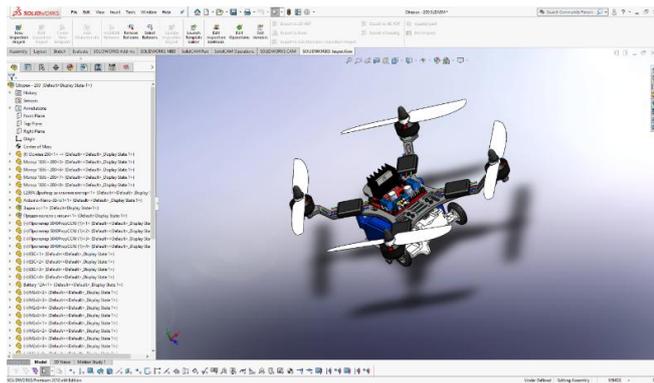
Фиг.1 3D модел на основа – първи вариант



Фиг.2 3D модел на основа – втори вариант

B. 3D модел на мобилен робот

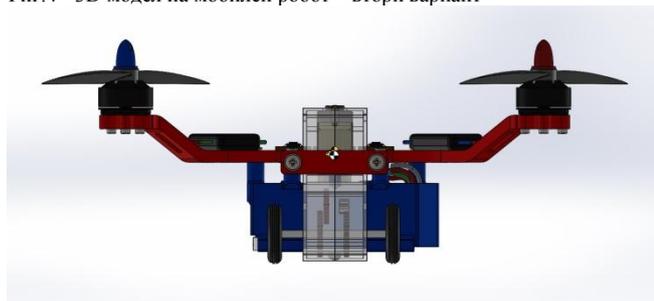
При така проектираната конструкция на мобилния робот (фиг.3) не са открити недостатъци. Батерията представлява потенциален недостатък от присъщото и тегло и това представлява значителна част от общото тегло, както и пространство на робота. Въздействието на батерията върху теглото може да се намали чрез избор на по-малък физически размер и капацитет, но тогава работоспособността ще бъде неблагоприятно повлияна.



Фиг.3 3D модел на мобилен робот –първи вариант



Фиг.4 3D модел на мобилен робот – втори вариант



Фиг.5 3D модел на мобилен робот – втори вариант

III. ИЗБОР НА КОМПОНЕНТИ

A. Избор на витла

Емпирично правило при проектиране на този тип мобилни роботи е двигателите и пропелерите му да се съобразят така, че да има възможност да се създаде два пъти повече тяга, отколкото е теглото му. В този случай теглото на мобилния робот е 350 [g], снабден е с четири двигателя, което означава, че всеки двигател трябва да създава 275 [g] (2.75 [N]) теглителна сила. Ако се използват витла 5x3 и се въведат параметрите му в калкулатор за витла, се получава, че търсената тяга (2.75 [N]) се получава при приблизително 17 500 оборота в минута. Т.е. необходим е двигател около 2200 [KV], който без товар би дал максимално 22 000 [оборота/минута] при 11,1 [V] LiPo батерия, а при товар оборотите му ще паднат до 17 000 – 18 000 [оборота/минута].

За избор на витла трябва да се съобрази препоръката на производителя на двигателите, т.к. това ще гарантира очакваните резултати. В резултат на това се избира пропелер показан на фиг.6.

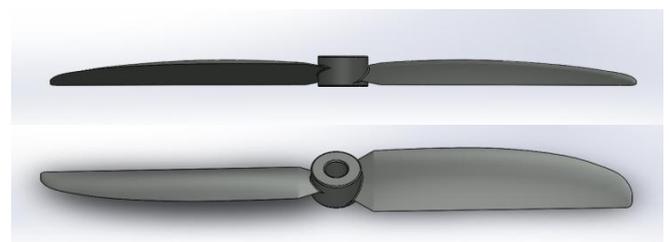
Пресмятане на тяга на двигателите се извършва по долната формула [20]:

$$F = 1.225 \frac{\pi(0.0254 \cdot d)^2}{4} \left[\left(RPM_{prop} \cdot 0.0254 \cdot pitch \cdot \frac{1min}{60sec} \right)^2 - \left(RPM_{prop} \cdot 0.0254 \cdot pitch \cdot \frac{1min}{60sec} \right) V_0 \right] \left(\frac{d}{3.29546 \cdot pitch} \right)^{1.5} \quad (1)$$

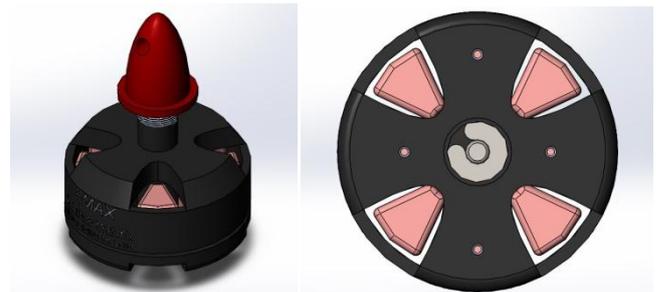
ТАБЛИЦА 1 РЕЗУЛТАТИ ОТ КАЛКУЛИРАНЕ ПРИ ЗАДАДЕНИТЕ ПАРАМЕТРИ [20]

Propeller Inputs		
diam, d (in):	5	pitch (in): 3
		RPMs: 17487.6

	Aircraft Airspeed, V ₀ (m/s)	Aircraft Airspeed, V ₀ (mph)	Dynamic Thrust, F (N)	Dynamic Thrust, F (g)	Dynamic Thrust, F (kg)	Dynamic Thrust, F (oz)	Dynamic Thrust, F (lb)
Static Thrust -->	0	0	2.752963	280.628	0.28063	9.89888	0.61868
all others are	0.44704	1	2.69755	274.98	0.27498	9.69963	0.60623
dynamic thrust	0.89408	2	2.642136	269.331	0.26933	9.50038	0.59377
	1.34112	3	2.586723	263.682	0.26368	9.30113	0.58132



Фиг.5 3D модел на пропелер



Фиг.5 3D модел на двигател



Фиг.6. Carbon Fiber Propeller 5x3 Black (CW/CCW) [22]



Фиг.7. Двигател EMAX MT1806 2280KV [23]

Характеристика на избраните витла:

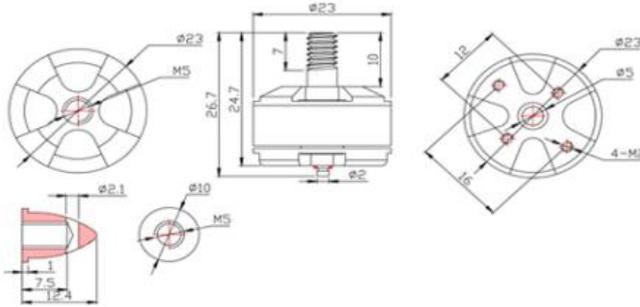
- Цена – 8.2 [лв./бр.];
- Диаметър – 5“;
- Стъпка – 3“;
- Тегло – 2.3 [g] (Всяко витло);
- Присъединяване – ø 5 [mm].

B. Избор на двигател

В резултат от направените по-горе калкулации е необходимо да се избере двигател (фиг.7) с параметри KV >= от 2200. Характеристика на избраните двигатели:

- Модел – MT1806 KV2280 [CW/CCW];

- Цена – 22.96 [лв./бр.];
- Маса – 18 [g];
- Номинален ток – 8 [A];
- Обороти за волт – 2280 [RPM/min];
- Мощност – 88.8 [W];
- Размери – 23 / 26.7 [mm];
- Диаметър на вала – \varnothing 5 [mm];
- Присъединяване – 4xM2;
- Максимална тяга – 460 [g];
- Препоръчителен пропелер – 5'' – 6''.



Фиг.8. Характеристика на двигател EMAX MT1806 [23]

ТАБЛИЦА 2 ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДВИГАТЕЛ EMAX MT1806 [23]

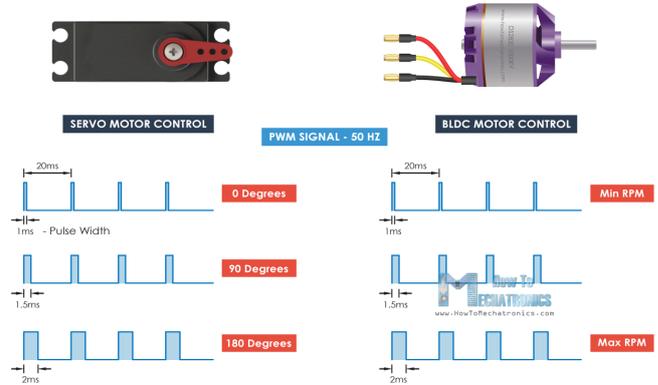
Motor type	The voltage (V)	Paddle size	current (A)	thrust (G)	power (W)	efficiency (G/W)	speed (RPM)
MT1806-2280KV	7.4	5030 Carbon Fibre Prop	4.4	210	32.6	6.4	13530
		APC 6*4	6.8	280	50.3	5.6	12030
		5*4.5 three-blade prop	6.2	240	45.9	5.2	12330
	11.1	5030 Carbon Fibre Prop	8	380	88.8	4.3	18510
APC 6*4		11.3	460	125.4	3.7	15160	
		5*4.5 three-blade prop	10.6	410	117.7	3.5	15910

С. Избор на контролер за скоростта

Необходимо е с цел защита на двигателите от дефекти и евентуални проблеми да се избере контролер, който е препоръчан от фирмата производител на двигателите. Безчетковите двигатели имат нужда от много захранване и най-разпространеният метод за тяхното захранване е използването на LiPo батерии. „S“ номерът на LiPo батерията показва колко клетки има батерията и всяка клетка има напрежение 3.7 [V]. Ще се използва 3S LiPo батерия, която има 3 клетки и това е 11.1 [V]. Може да се очаква избрания двигател да достигне максимални обороти от 11100. От едната страна ESC има три проводника, които контролират трите фази на двигателя, а от другата страна има два проводника, VCC и GND, за захранване.

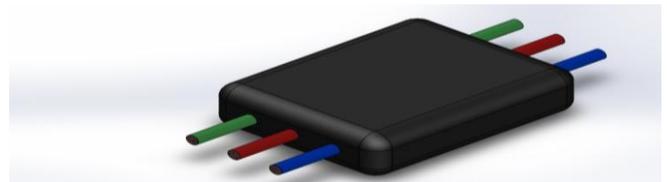
Също така има още един набор от три проводника, излизащи от ESC и това е сигналната линия, + 5 [V] и земята. Тази характеристика на ESC се нарича Battery Eliminator Circuit и както подсказва името, тя елиминира необходимостта от отделна батерия за микроконтролер. С това ESC осигурява регулирани 5 [V], които могат да

се използват за захранване на Arduino. Управлението на безчетков мотор с помощта на ESC и Arduino е толкова просто, колкото управлението на серво с Arduino. ESC използват същия тип управляващ сигнал като серво и това е стандартният 50 [Hz] PWM сигнал.

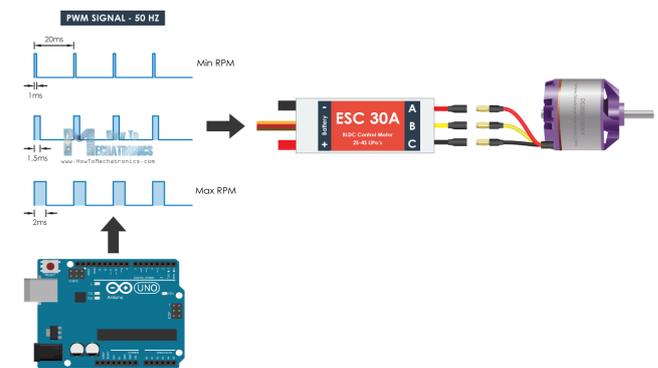


Фиг.9. Сервомотор сигнали

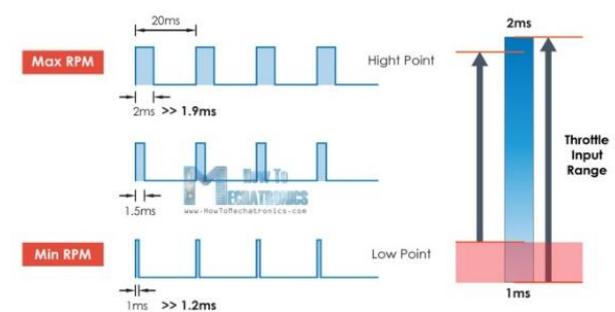
Използвайки Arduino, трябва да генерираме 50 [Hz] ШИМ сигнал и в зависимост от широчината на импулсите или продължителността на високо състояние, която трябва да варира от 1 милисекунда до 2 милисекунди, ESC ще задвижва двигателя от минимални до максимални обороти в минута.



Фиг.5 3D модел на ESC



Фиг.10. Управление на мотор



Фиг.11. Калибрация на контролера

Характеристика на избраните контролери:

- Марка – EMAX;
- Наименование - Simonk Series ESC;
- Цена – 8.2 [лв./бр.];
- Номинален ток – 12 [A];
- Препоръчителна батерия – 2S – 3S;
- Размери – 22 / 17 / 7 [mm];
- Тегло – 8 [g] (Всеки контролер);



Фиг.12. ESC [22]



Фиг.13. Turnigy nano-tech 850mah 3S 25-40C Lipo Pack [20]

D. Избор на батерия

Нужна е батерия, която е възможно най-лека и работното и напрежение трябва да е повече от 5 [V], за да може да се захванват Arduino контролерите директно без усилващ модул. Така че идеалният избор ще бъде 11.1 [V] Li-полимерна батерия.

Литиево-полимерната батерия или по-правилно литиево-йонно полимерна батерия (съкратено LiPo, LIP, Li-poly, литиево-поли и други) е акумулаторна батерия по литиево-йонна технология, използваща полимерен електролит вместо течен електролит. Полутвърди (гел) полимери с висока проводимост образуват този електролит. Тези батерии осигуряват по-висока специфична енергия от другите видове литиеви батерии и се използват в приложения, където теглото е критична характеристика, като мобилни устройства и радиоуправляеми самолети.

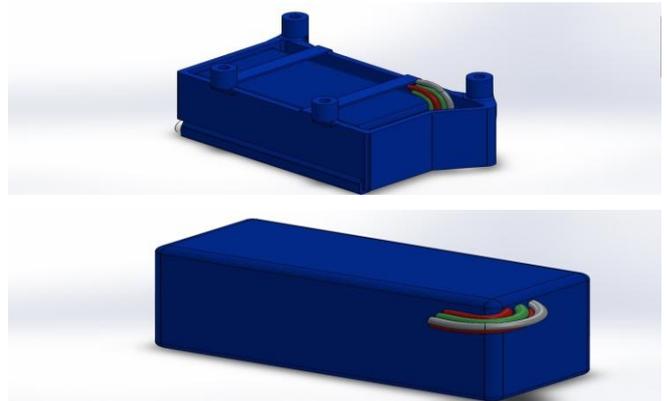
За разлика от NiMH батерии, при LiPo батерии не се забелязва спад на напрежението [V] по време на управление. Такъв има, но той е пренебрежимо малък и няма да се усети. Отдаваният от NiMH батерии ток при много ниски и отрицателни температури на околната среда драстично намалява. При LiPo батерии в зимни условия на експлоатация също ще се намали времето за управление, но не толкова драстично и не толкова ясно изразено, както при NiMH технологията.

Освен по-ниското тегло, другото основно предимство на LiPo батерии е възможността да отдават много повече ток за единица време. Ако се съпоставят два еднакви модела, но единият, захранен с 12 [V] NiMH батерия, а другият с 11.1 [V] LiPo батерия, този с LiPo батерия ще бъде осезаемо по-бърз както на старт, така и при ускорение. Времето за управление с едно зареждане отново е предимство на LiPo батерии. Разликата във времето за управление на модела няма да се изразява в няколко минути, а в далеч по-дълго време, което понякога може да бъде и двойно, в полза на LiPo батерия.

Батериите ще бъдат основен компонент за поддържане на автономна работа на мобилния робот. В противен случай трябва да се поддържа пряка връзка между него и източник на енергия. Най-доброто е да се

избере батерия с минимален капацитет. Това е важен фактор, тъй като енергийните системи обикновено са най-тежкият елемент на робот или устройство.

Трябва да се стреми към източници с ниска мощност като микроконтролерите и други компоненти, които вече са избрани 6 [V], 12 [V] и 24 [V] са най-често срещаните варианти за батерии. Поради разнообразните и икономични предложения, които могат да се намерят на пазара, напрежението на работната система е избрано за 11.1 [V]. По препоръка от производителя на ESC и на двигателите е необходимо да се избере LiPo батерия с 2 или 3 клетки. За това изборът на батерия показан на фиг.13.

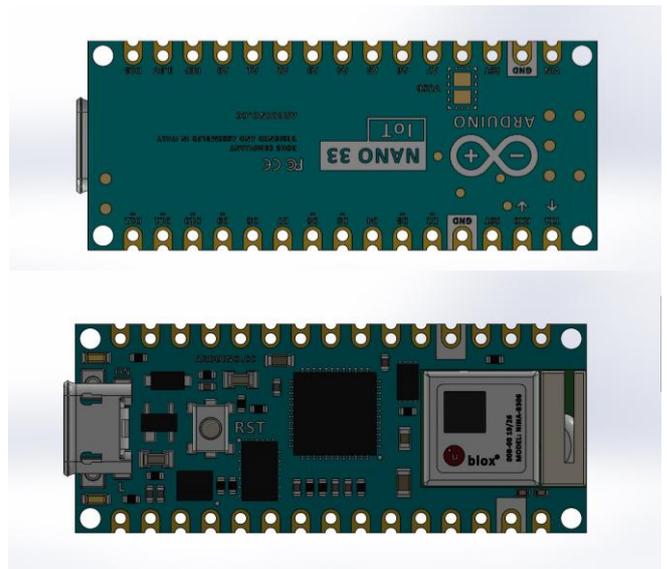


Фиг.5 3D модел на батерия

Характеристика на избраната батерия:

- Капацитет – 850 [mAh];
- Волтаж – 3S1P / 3 cell / 11.1 [V];
- Темп на разреждане – 25C Constant / 40C Burst
- Тегло – 69 [g];
- Размери – 63 / 32 / 25 [mm];
- Щепсел за зареждане - JST-XH;
- Щепсел за разреждане - Mini-JST.

E. Избор на полетен контролер



Фиг.5 3D модел на контролер



Фиг.14 Arduino Nano 33 BLE Sense [28]

С цел по-малко тегло се избира максимално олекотен и същевременно с най-много възможности полетен контролер.

Характеристика на полетен контролер:

- Марка – Arduino;
- Наименование – Nano 33 Ble Sense;
- Цена – 57.31 [лв.];
- Комуникация – Bluetooth 5;
- Контрол – 9 осен инерционен измервателен блок (IMU);
- Сензори – температура, влажност, налягане, светлина;
- Памет – 1 [MB];
- RAM – 256 [kB];
- Тегло – 5 [g];
- Размери – 45 / 18 [mm].

Arduino Nano 33 Ble Sense работи с Bluetooth 5.0 модул U-BLOX NINA B306 (Nordic nRF 52840 CPU). Разполага с Crypto Authentication чип ECC608 и с няколко сензора - IMU LSM9DS1 (3D акселерометър, жirosкоп, магнитометър), LPS22HB барометър, HTS221 (влажност), APDS-9960 (близост, светлина, RGB и жестове) и цифров микрофон MP34DT05. Не е нужно да има допълнителни сензори за акселерометър и жirosкоп, защото този контролер разполага с тях.

IMU (инерционна единица за измерване) сензорите обикновено се състоят от две или повече части. Изброявайки ги по приоритет, те са акселерометър, жirosкоп, магнитометър и висотомер.

Акселерометърът работи на принципа на пиезоелектричния ефект. Например кубовидна кутия с малка топка вътре в нея. Стените на тази кутия са направени с пиезоелектрични кристали. Всеки път, когато кутията се наклони, топката е принудена да се движи в посока на наклона, поради гравитацията. Стената, с която топката се сблъсква, създава малки пиезоелектрически токове. В кубоид има три двойки противоположни стени. Всяка двойка съответства на ос в 3D пространство: X, Y и Z оси. В зависимост от тока, произведен от пиезоелектричните стени, може да се определи посоката на наклон и неговата величина.

Жirosкопите работят на принципа на ускорението на Кориолис. Има структура, наподобяваща вилица, която е в постоянно движение напред-назад. Държи се на място с помощта на пиезоелектрични кристали. Всеки път, когато се наклони това разположение, кристалите изпитват сила в посока на наклона. Това се получава в резултат на инерцията на движещата се вилка. Така

кристалите произвеждат ток в консенсус с пиезоелектричния ефект и този ток се усилва. След това стойностите се прецизират от хост микроконтролера.

Платката е с компактни размери 45 [mm] x 18 [mm], с 4 монтажни отвора и с 2,54 [mm] разстояние между изводите за I/O портовете. Захранва се с напрежение 5 [V] подавано от micro USB конектора или от извода VIN. Работното напрежение на I/O портовете е 3,3 [V].

F. Избор на драйвери

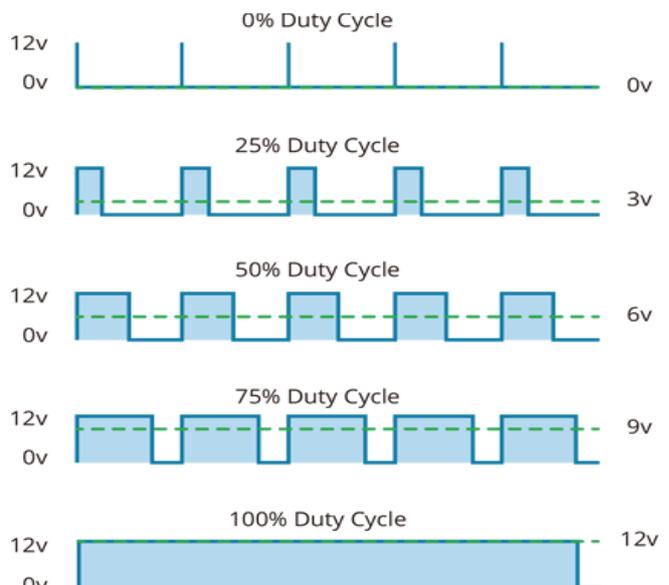
Както при полетния контролер така и тук ще трябва да бъде съобразено теглото и размерите на драйвера.

Модулът е изграден с драйвер Toshiba TB6612FNG. Предназначен е за двупосочен контрол на два постояннотокови мотора, работещи с напрежение 4,5 [V] - 13,5 [V] или един биполярен стъпков мотор. Осигурява ток 1 [A] на мотор при продължителна работа и издържа до 3 [A] натоварване за няколко секунди. Има защита от неправилно включване на захранването за моторите VMOT (на VCC няма защита). По подразбиране драйвера е в standby режим и за да премине в работен, е необходимо на извода STBY да се подаде сигнал с високо ниво.

Използвайки PWM метода, чрез прилагане и изключване на напрежението на намотките на двигателя с висока честота, честотата на импулсите може да достигне няколко килохерца.

Величината на средното напрежение, приложено към двигателя, зависи от формата на ШИМ.

Формата на сигнала, от своя страна, се определя от работния цикъл, който може да бъде представен като отношението на времето на подаване на сигнала към общия период (сумата на времето за подаване на напрежение и спиране). Резултатът е безразмерно количество, което се изразява в проценти - колко време от общия период е приложено напрежението на двигателя. В системи с ниско напрежение от 5, 12, 24 или 36 [V] се прилага цикъл от 25%, 50%, 75% и 100%.

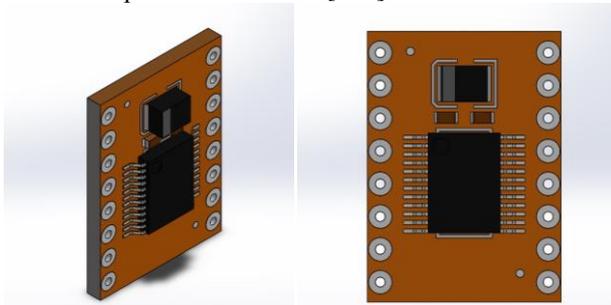


Фиг.15. Управление на двигателя с Arduino и генериран PWM сигнал.

За да стартира процеса, платката генерира сигнал, който се подава към намотките на двигателя. Транзисторът се включва, за да се контролира величината на сигнала, подаван към работната верига. Чрез задаване на определени параметри на работа с набор от команди за Arduino транзисторът ще премине в отворено, затворено или откритото състояние.

Характеристика на драйвер:

- Марка - Toshiba;
- Модел - TB6612FNG;
- Управление – два двигателя;
- Оперативно напрежение – 4.5 – 13.5 [V];
- Непрекъснат изходен ток на канал - 1 [A];
- Пиков изходен ток на канал - 3 [A];
- Непрекъснат паралелен изходен ток - 2 [A];
- Максимална честота на ШИМ (PWM): 100 [kHz];
- Тегло – 1.5 [g];
- Размери – 20.32 / 15.24 [mm].



Фиг.5 3D модел на TB6612FNG Dual Motor Driver Carrier



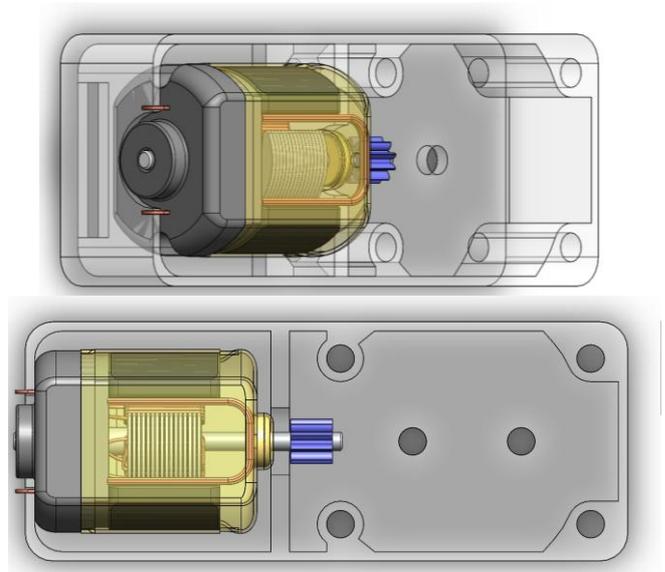
Фиг.16. TB6612FNG Dual Motor Driver Carrier [28]

G. Избор на редуктор за линейно движение

С цел намаляване на теглото на мобилния робот може да се избегне поставянето на допълнителни контролери за скоростта и да се използва стандартен DC двигател с редуктор.

Характеристика на редуктор:

- Марка – CN;
- Цена – 4.10 [лв.];
- Мотор – DC 130 Size;
- Волтаж – 1.5 – 6 [V];
- Редуктор – 1:94;
- Обороти на изходен вал – 85-120 RPM;
- Въртящ момент – 1.5 [kg/cm];
- Изходящ вал - \varnothing 3 [mm] / дължина 80 [mm];
- Размери – 65 / 26 / 26 [mm].



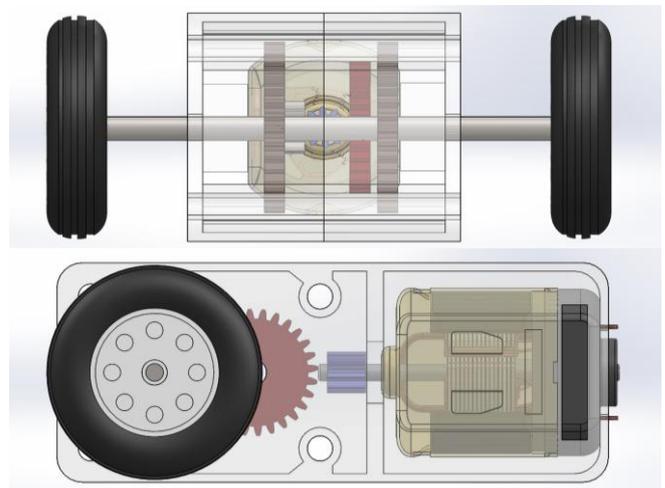
Фиг.5 3D модел на редуктор



Фиг.17. DC 1.5-6V 130 Gear Motor 1:94 DC Motor 85-120 RPM [23]

H. Избор на коелата

Колелата трябва да имат добро сцепление и не трябва да се пързаят. Това се постига чрез избор на коелата с гумено покритие. Те осигуряват сцепление и движение на мобилния робот, както и подкрепа за шасито. Диаметърът на колелото трябва да бъде избран така, че да отразява най-добре изискванията за въртящия момент на мобилния робот. Използваната гума ще повлияе на сцеплението и плавността на движението.



Фиг.5 3D модел на заден мост

Броят на колелата, които ще бъдат използвани в конструкцията, трябва да зависи от изискванията на възможностите. За да се преодолее лошото сцепление, са необходими по-високи нива на въртящ момент, което в крайна сметка се осигурява от двигателя. В идеалния случай сцеплението на гумите би имало максимален контакт със земята и минимално съпротивление чрез задвижващата система. Ширината е също важна, защото ще осигури разумно сцепление за повечето терени и различни метеорологични условия. На база избрания редуктор и размерите се избират колела показани на фиг.18.

Характеристика на избраните колела:

- Цена – 1.65 [лв./комплект];
- Материал – външно – PU, вътрешно - PN;
- Цвят – черно/бял;
- Пакет – 2 [бр.];
- Размери – $\varnothing 25 / 9 / \varnothing 2.1$ [mm].
- Тегло – 1.5 [g].



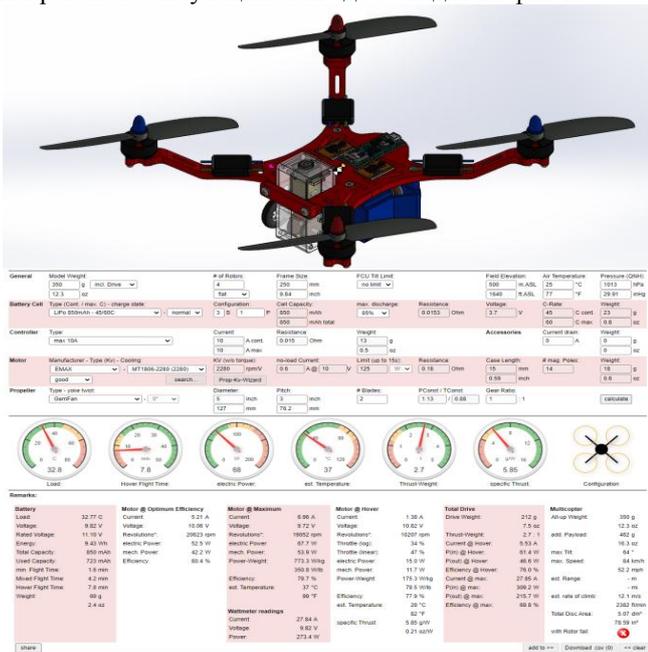
Фиг.5 3D модел на колело



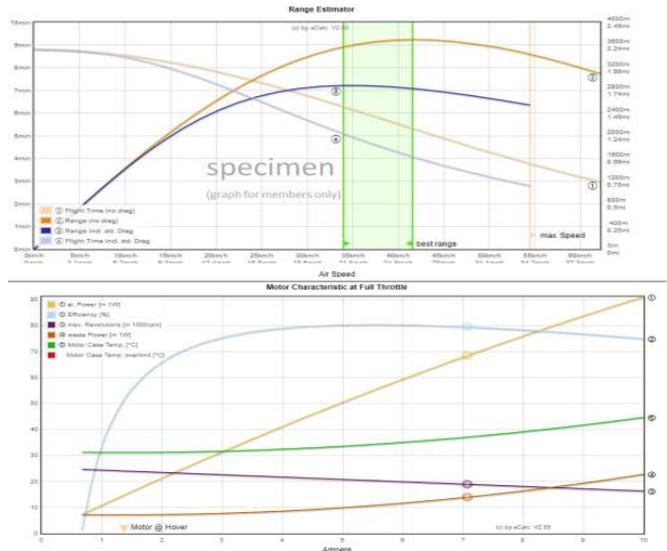
Фиг.18. Tail Wheel Rubber PU Plastic Hub 1" [24]

IV. ТЕОРЕТИЧНА ПРОВЕРКА НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА ПРОЕКТИРАНИЯ МОБИЛЕН РОБОТ

С избраните компоненти до този момент могат теоретично да се проверят възможностите на мобилния робот. За тази цел се използва web базиран калкулатор <https://www.ecalc.ch/xcoptercalc.php>, резултати от направената симулация може да се видят на фиг.19.



Фиг.19. Обобщена калкулация [27]



Фиг.19. Обобщена калкулация [27]

БЛАГОДАРНОСТИ

Резултатите в настоящото изследване са получени по проект № 211ПР0005-06/2021 г., финансиран от субсидията за научни изследвания в Технически университет – София.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА:

- [1] М. Камбушев и С. Билидеров, Оценка на експериментално получени характеристики на системата двигател – витло за мини-безпилотни летателни апарати, Сборник Доклади от Юбилейна научна конференция "25 години от полета на втория български космонавт", НВУ Факултет Авиационен. ISBN 978-954-753-177-2 (т.1), 2013.
- [2] М. Камбушев, С. Билидеров, А. Кръстев и Б. Велковски, Изследване на влиянието на нискокотен жирокоп при управление на тягата на коптери, Сборник Доклади от Юбилейна научна конференция "100 години Авиационно образование България", НВУ Факултет Авиационен. ISBN 978-954-713-216-8, 2014.
- [3] M. Kambushev and S. Biliderov, Development and study of a mathematical model used in the automatic control systems of small-size uavs, International scientific journal TRANS MOTAUTO WORLD. Year I, Issue 3/2016, ISSN 2367-8399, 2016.
- [4] М. Камбушев, Изследване на квадрокоптер, Сборник Доклади от двадесет и седма международна научно-техническа конференция АДП 2018 ISSN 1310-3946, 2018.
- [5] <https://it.dir.bg/gallery/spacex-boeing-x37b-25884392?i=8>
- [6] <https://filmora.wondershare.com/drones/types-of-drones.html>
- [7] <https://dronequadcopters.blogspot.com/2019/11/quadcopter-dynamics-equations.html>
- [8] <http://www.vonsvon.com/Vonsvon-Design>
- [9] <https://www.simflight.com/2009/06/15/helicopter-principles-of-flight/#prettyPhoto>
- [10] <https://www.pinterest.com/pin/494973815289119671/>
- [11] <https://emax-usa.com/products/emx-mt-0008-emax-multicopter-motor-mt1804-kv2480>
- [12] <https://dronenodes.com/quadcopter-props-best-picks-characteristics/>
- [13] <https://diydrones.com/profiles/blogs/quadcopter-esc-type-firmware-and-key-parameters>
- [14] https://in.pinterest.com/?show_error=true
- [15] <https://www.translatorscafe.com/unit-converter/ID/calculator/multicopter-lipo-battery/>
- [16] <https://www.amazon.com/-/es/Controlador-escobillas-Dshot600-Quadcopter-1-906x1->



- 201/dp/B085WM6MBZ/ref=sr_1_15?dchild=1&keywords=Drone+Flight+Controller&qid=1611404445&sr=8-15
- [17] <https://www.pinterest.com/pin/783978247603875826/?d=t&mt=signu>
p
- [18] https://www.kindpng.com/imgv/hombhiT_super-mario-flying-turtle-hd-png-download/
- [19] <https://hobbycopt.com/bg-news-details-2.html>
- [20] <https://www.electricrcaircraftguy.com/2013/09/propeller-static-dynamic-thrust-equation.html>
- [21] <https://emax-usa.com/search?q=mt1806&type=product>
- [22] https://hobbyking.com/en_us/carbon-fiber-propeller-5x3-black-cw-ccw-2pcs.html?__store=en_us
- [23] https://www.banggood.com/Emax-Simonk-Series-12A-20A-25A-30A-40A-ESC-For-Quadcopter-QAV250-p-918126.html?cur_warehouse=CN&ID=45170
- [24] https://hobbyking.com/en_us/turnigy-nano-tech-850mah-3s-25-40c-lipo-pack.html?__store=en_us
- [25] <https://www.amazon.com/Arduino-Nano-33-BLE-Sense/dp/B07WV5GF17>
- [26] https://www.robotev.com/product_info.php?products_id=188
- [27] <https://www.ecalc.ch/xcoptercalc.php>
- [28] <https://www.aliexpress.com/i/32819906292.html?spm=2114.12057483.0.0.48615b68OYgDKn>
- [29] https://hobbyking.com/en_us/1-5-38mm-ultra-light-rubber-pu-scale-wheel.html
- [30] <https://www.technika-bg.com/kvadrokopterat-oehmichen-2-predshestvenik-na-dronovete/>

DESIGN OF MOBILE ROBOT WITH HYBRID DRIVE

Slav Dimitrov
Technical University
Sofia, Bulgaria
e-mail: sbd@tu-sofia.bg

Reneta Dimitrova
Technical University
Sofia, Bulgaria
e-mail: rkd@tu-sofia.bg

Trifon Bankov
Technical University
Sofia, Bulgaria
e-mail: trifonbankov@gmail.com

Alexandar Banchev
Technical University
Sofia, Bulgaria
e-mail: alexandarbanchev@gmail.com

Stanislav Tsolov
Technical University
Sofia, Bulgaria
e-mail: st.tsolov90@gmail.com

Abstract: The purpose of this study is to design a mobile robot with a hybrid drive. The design will be performed in a digital environment using an existing methodology for designing special mechatronic devices and systems. The combination of air and ground motion is expected to significantly increase the ability of the designed robot to overcome obstacles when moving on heavily rugged terrain and working in confined spaces.

ENGINEERING RESEARCH A MOBILE ROBOT WITH HYBRID DRIVE

Slav Dimitrov
 Technical University
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: sbd@tu-sofia.bg

Reneta Dimitrova
 Technical University
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: rkd@tu-sofia.bg

Trifon Bankov
 Technical University
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: trifonbankov@gmail.com

Alexandar Banchev
 Technical University
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: alexandarbanchev@gmail.com

Stanislav Tsolov
 Technical University
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: st.tsolov90@gmail.com

Abstract: The purpose of this study is to engineering research a mobile robot with a hybrid drive. The design will be performed in a digital environment using an existing methodology for designing special mechatronic devices and systems. The combination of air and ground motion is expected to significantly increase the ability of the designed robot to overcome obstacles when moving on heavily rugged terrain and working in confined spaces.

Keywords: static analysis, dynamic analysis, mobile robot, 3D model, design, hybrid drive.

I. INTRODUCTION

The 3D model is already in place after which with the help of various software products, engineering analyzes and tests are performed such as: strength tests, dynamic analysis, etc. The results show the operation of the SMD and the system. This allows reducing the real investment in the implementation of the project. The designed SMD must be subjected to a number of studies: functional and technological. The first is to check whether the new system performs its assigned functions? Do work failures occur? If they occur, they should be quickly detected and removed. And what is the reason for their appearance? This stage depends on the development of 2D documentation as improper construction and installation can lead to failures [1].

A construction of a mobile robot (fig. 1 to fig.4) has been designed, the basis of which will be studied statically and dynamically.

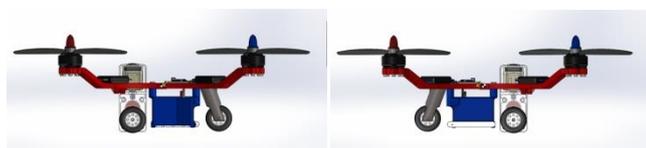


Fig.1. 3D model a mobile robot

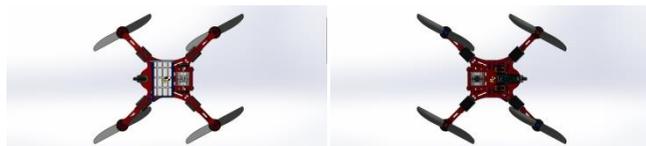
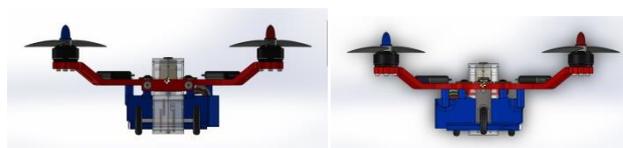


Fig.2. 3D model a mobile robot



Фиг.3 3D model a mobile robot



Фиг.4 3D model a mobile robot

Figure 5 shows the coordinate systems for all loads. They will be used to define remote loads in static analysis. For these loads, which are called remote, the Remote Loads Function must be used, which defines the loads as external.

For each load, the corresponding value is recorded in the Remote Loads / Mass window, as well as the location and the appropriate coordinate system. Added forces thrusters, which differs from the static load. The weight of the model with the components is equal to 350 [g], as the components are:

- battery with box 0.085 [kg];
- motor 0.020 (4 pieces) [kg];
- ESC 0.008 [kg] (4 pieces);
- controllers 0.008 [kg];
- wheels 0.003 [kg] (2 pieces);
- reducer 0,035 [kg];
- propellers 0,0025 [kg].

TABLE 1 INFORMATION ABOUT THE STUDIED MODEL

Volumetric Properties	Material Properties
Mass:0,043177 kg Volume:3,99787e-05 m ³ Density:1 080 kg/m ³ Weight:0,423135 N	Name: PS HI Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Tensile strength: 2,4e+07 N/m² Elastic modulus: 2,1e+09 N/m² Mass density: 1 080 kg/m³ Thermal expansion coefficient: 70 /Kelvin

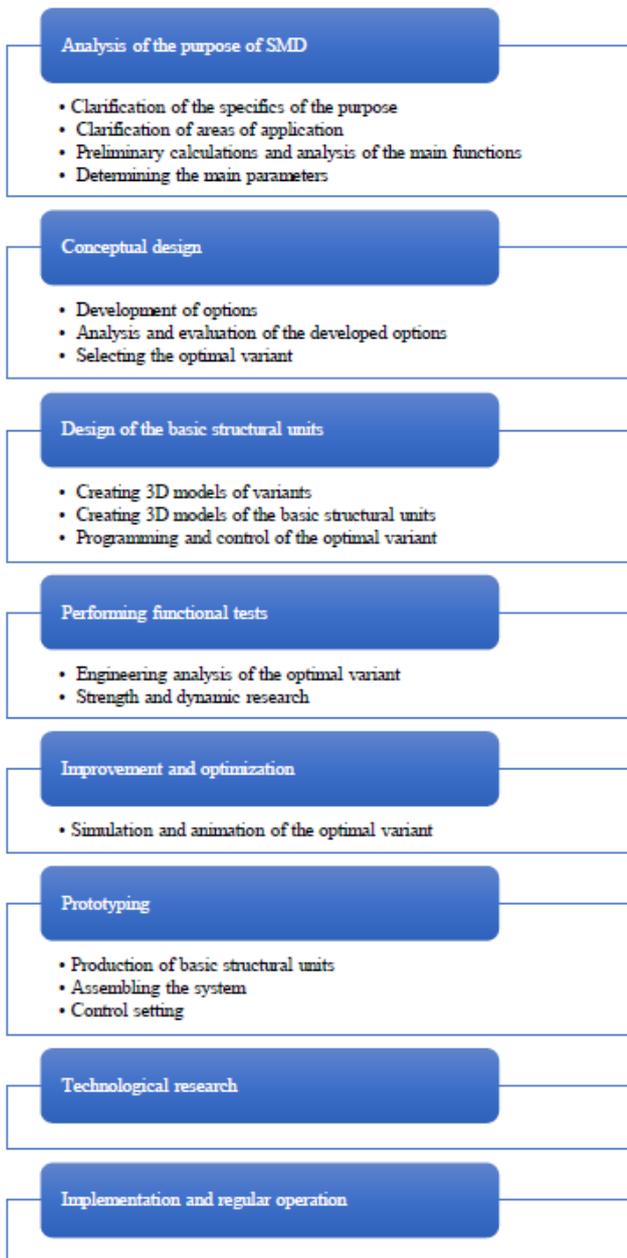


Fig.5. Basic stages for designing SMD [1]

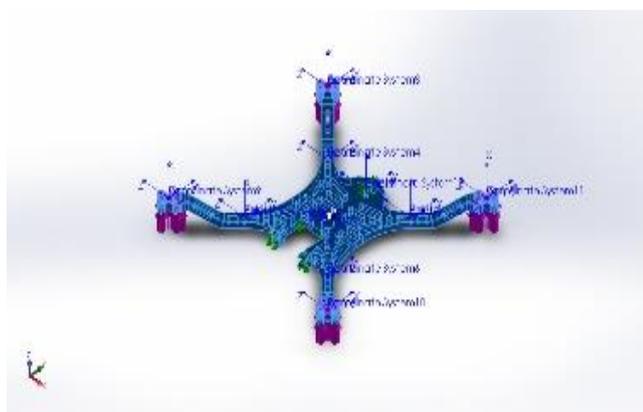


Fig.6 Coordinate systems for all loads

II. STATIC ANALYSIS OF MOBILE ROBOT

For static analysis, the basis is fixed. The traction of the engines is multiplied by the safety factor and divided by each arm. Figure 7 shows the external loads, the distributed loads and the tension of the base.

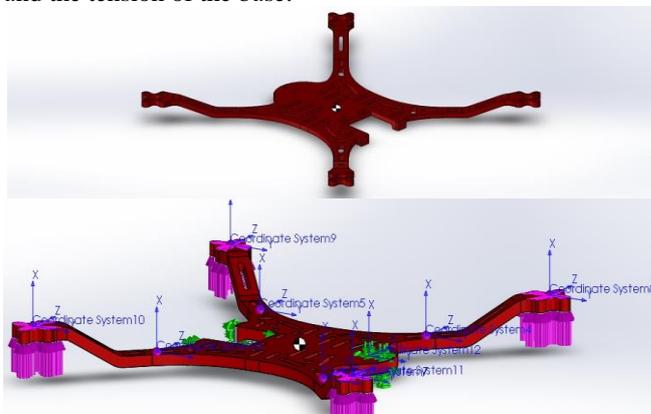


Fig.7 The external loads, the distributed loads and the tension of the base

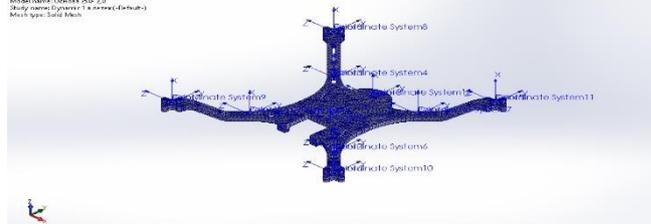


Fig.8 Forces acting on the base

TABLE 2 FIXTURES

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		<p>Entitys: 2 edge(s), 2 face(s)</p> <p>Type: Fixed Geometry</p>		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	1,50208e-05	0,00552784	-0,063998	0,0642363
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0
Roller/Slider-1		<p>Entitys: 5 face(s)</p> <p>Type: Roller/Slider</p>		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-1,5222e-05	0,000637276	0,0641582	0,0641613
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

TABLE 3 LOADS

Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 4 face(s) Type: Apply normal force Value: 0,46 kg
Distributed Mass-1		Entities: 1 face(s) Coordinate System: Global cartesian coordinates Remote Mass: 0.18 kg
Remote Load/Mass (Rigid connection)-1		Entities: 1 face(s) Coordinate System: Coordinate System9 Remote Mass: 0.025 kg
Remote Load/Mass (Rigid connection)-2		Entities: 1 face(s) Coordinate System: Coordinate System8 Remote Mass: 0.025 kg
Remote Load/Mass (Rigid connection)-3		Entities: 1 face(s) Coordinate System: Coordinate System11 Remote Mass: 0.025 kg
Remote Load/Mass (Rigid connection)-4		Entities: 1 face(s) Coordinate System: Coordinate System10 Remote Mass: 0.025 kg
Remote Load/Mass (Rigid connection)-5		Entities: 1 edge(s) Coordinate System: Coordinate System6 Remote Mass: 0.008 kg
Remote Load/Mass (Rigid connection)-6		Entities: 1 edge(s) Coordinate System: Coordinate System5 Remote Mass: 0.008 kg
Remote Load/Mass (Rigid connection)-7		Entities: 1 edge(s) Coordinate System: Coordinate System4 Remote Mass: 0.008 kg
Remote Load/Mass (Rigid connection)-8		Entities: 1 edge(s) Coordinate System: Coordinate System7 Remote Mass: 0.008 kg

III. DYNAMIC ANALYSIS OF MOBILE ROBOT

The engineering analysis of a mobile robot also requires dynamic research. Namely linear dynamics with the Harmonic Option. Dynamic analysis is important when the applied vibration load is not constant and is not applied slowly. As on takeoff. In linear dynamic analysis, the applied loads depend on the time.

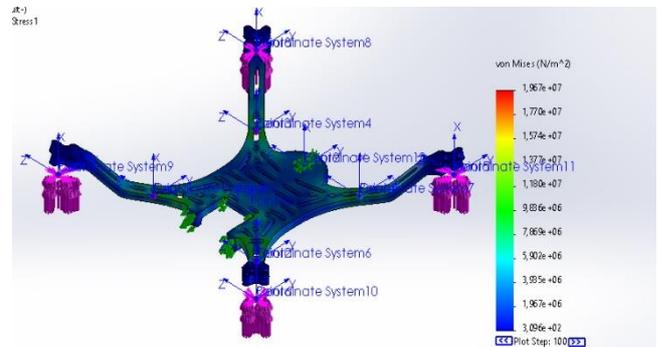


Fig.9. Base 250- 2,0-Dynamic 1 in Flying-Stress-Stress1

TABLE 4 STUDY RESULTS

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress at Step No: 100(2.45675e-314 Seconds)	3,096e+02N/m^2 Node: 12269	1,967e+07N/m^2 Node: 29262

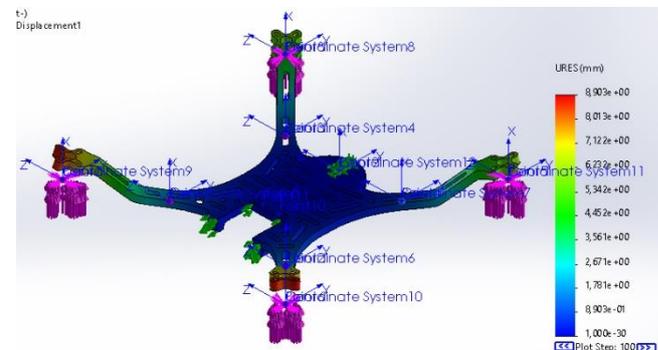


Fig.10. Base 250- 2,0-Dynamic 1 in Flying-Displacement-Displacement1

TABLE 5 STUDY RESULTS

Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement at Step No: 100(2.45675e-314 Seconds)	0,000e+00m Node: 1	8,903e+00m Node: 12939

The final results of the linear dynamic study of a mobile robot show the voltage distribution of Von Mises and the displacements. The most deformed area is at the end of each arm and in this area the described displacement is observed (Fig. 9 and Fig. 10).

TABLE 6 RESULTS MASS PARTICIPATION (NORMALIZED)

Mode Number	Frequency (Hertz)	X direction	Y direction	Z direction
1	19,558	0,011449	9,4359e-09	7,7597e-07
2	21,806	2,2928e-09	0,0044075	0,22546
3	26,125	0,0045964	2,3114e-05	0,00074901
4	26,194	2,1728e-05	0,0050028	0,16452
5	53,587	0,071086	3,1074e-05	8,5764e-07
6	57,363	2,0305e-05	0,1132	0,00024862
7	59,971	0,088755	3,4299e-09	5,25e-07
8	61,467	4,7459e-14	0,059831	0,010916
9	85,032	8,3905e-06	0,01004	0,36086
10	95,478	0,037357	1,9263e-06	6,2355e-05
11	174,15	0,00075544	9,5966e-09	2,6973e-07
12	185,59	6,5291e-08	0,017358	0,10587
13	212,65	6,435e-07	0,0048428	0,022875
14	234,31	0,39596	2,0498e-08	6,0336e-09
15	316,52	0,0013333	1,1754e-09	9,3057e-07
		Sum X = 0,61134	Sum Y = 0,21474	Sum Z = 0,89157

IV. CONCLUSIONS FROM THE STUDY:

- Due to the power of the engines during take-off, the indicated deformations are observed, in the frame localized in the arms, which shortly after take-off enter equilibrium.
- All specified displacements and stresses are normal and do not exceed the allowable ones.

ACKNOWLEDGMENTS:

The results in the present study were obtained under project № 211ПП0005-06 / 2021, funded by the research grant at the Technical University – Sofia.

REFERENCES:

- [1] R. Dimitrova, M. Kambushev and S. Biliderov, "Method for design of special mechatronic devices and systems", ADP 2020, ISSN 2682-9584, pp (14-17).
- [2] M. Kambushev, S. Bilyderov, R. Dimitrova, S. Nikolov, "Optimizing the selection of the weighting matrices q and r in lqr", International conference on High Technology for Sustainable Development HiTech 2019, 10 - 11 November, (print), 2019.
- [3] R. Dimitrova, V. Zhmud, N. Petrov, T. Vakarelska, "Study accuracy of a transportation system positioning of a test rig for automated mounting of luster terminals", 9th International Scientific Conference - Research and Development of Mechanical Elements and Systems (IRMES 2019) 5-7 September 2019, Kragujevac, Serbia, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, October 2019, Volume 659 (012031).

- [4] S. Dimitrov, L. Dimitrov, R. Dimitrova, S. Nikolov, Examination of the process of automated closure of containers with screw caps, International Conference on Information Technologies ICIT-2019: Information and Communication Technologies for Industry and Research, 7-8.02.2019, Saratov, Russia, Springer International Publishing, DOI 10.1007/978-3-030-12072-6_41, ISBN 9783030120726 (online), 9783030120719 (print), pp. (502-514).
- [5] T. Vakarelska, D. Chakarski, Regression multifactor analysis in simulation modeling of robotized production systems, Machinery and Equipment, Varna, issue 1, pp 3 - 7, ISSN 1312-0859, 2004, [T. Vakarelska, Чакърски Д., Регресионен многофакторен анализ при симулационно моделиране на роботизирани производствени системи, Машиностроителна техника и технологии, Варна, бр.1, стр. 3 – 7, 2004, ISSN 1312-0859, 2004]
- [6] М. Камбушев и С. Билидеров, Оценка на експериментално получени характеристики на системата двигател – витло за мини-безпилотни летателни апарати, Сборник Доклади от Юбилейна научна конференция "25 години от полета на втория български космонавт", НБУ Факултет Авиационен. ISBN 978-954-753-177-2 (т.1), 2013.
- [7] М. Камбушев, С. Билидеров, А. Кръстев и Б. Велковски, Изследване на влиянието на нискоточен жирокоп при управление на тягата на коптери, Сборник Доклади от Юбилейна научна конференция "100 години Авиационно образование в България", НБУ Факултет Авиационен. ISBN 978-954-713-216-8, 2014.
- [8] M. Kambushev and S. Biliderov, Development and study of a mathematical model used in the automatic control systems of small-size uavs, International scientific journal TRANS MOTAUTO WORLD. Year I, Issue 3/2016, ISSN 2367-8399, 2016.
- [9] М. Камбушев, Изследване на квадрокоптер, Сборник Доклади от двадесет и седма международна научно-техническа конференция АДП 2018 ISSN 1310-3946, 2018.
- [10] <https://it.dir.bg/gallery/spacex-boeing-x37b-25884392?i=8>
- [11] <https://filmora.wondershare.com/drones/types-of-drones.html>
- [12] <https://dronequadcoptertext.blogspot.com/2019/11/quadcopter-dynamics-equations.html>
- [13] <http://www.vonsvon.com/Vonsvon-Design>
- [14] <https://www.simflight.com/2009/06/15/helicopter-principles-of-flight/#prettyPhoto>
- [15] <https://www.pinterest.com/pin/494973815289119671/>
- [16] <https://emax-usa.com/products/emx-mt-0008-emax-multicopter-motor-mt1804-kv2480>
- [17] <https://dronenodes.com/quadcopter-props-best-picks-characteristics/>
- [18] <https://diyrones.com/profiles/blogs/quadcopter-esc-type-firmware-and-key-parameters>
- [19] https://in.pinterest.com/?show_error=true
- [20] <https://www.translatorscafe.com/unit-converter/ID/calculator/multicopter-lipo-battery/>
- [21] https://www.amazon.com/-/es/Controlador-escobillas-Dshot600-Quadcopter-1-906x1-201/dp/B085WM6MBZ/ref=sr_1_15?dchild=1&keywords=Drone+Flight+Controller&qid=1611404445&sr=8-15
- [22] <https://www.pinterest.com/pin/783978247603875826/?d=t&mt=signup>
- [23] https://www.kindpng.com/imgv/hombhiT_super-mario-flying-turtle-hd-png-download/
- [24] <https://hobbycopt.com/bg-news-details-2.html>
- [25] <https://www.electricaircraftguy.com/2013/09/propeller-static-dynamic-thrust-equation.html>

ТЕХНОЛОГИЧЕН ПРОЦЕС ПРИ РАБОТА НА АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА С ФЛАКОНИ, ЗАМЕСТВАЩИ АМПУЛИ, КАТО ПЪРВИЧНА ОПАКОВКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВО НА ЛИОФИЛНИ ЛЕКАРСТВЕНИ ФОРМИ

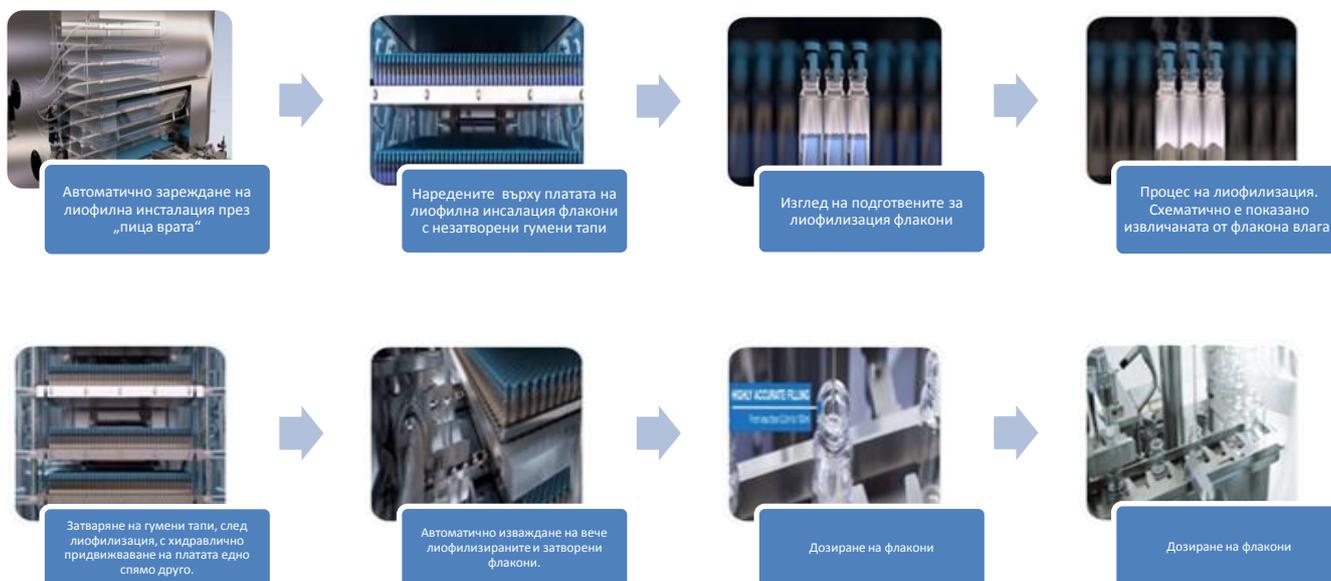
Боян Бахчеванов
 Технически Университет
 София, България
 E-mail: boyanbahchevanov@gmail.com

Резюме: Целта на настоящата разработка е да се опише технологичния процес при работа на автоматизирани системи за производство на лекарствени форми с флакони, заместващи ампули, като първична опаковка при производство на лиофилни лекарствени форми. Ще се определят основните етапи на производство с характерните за тях процеси и технологични единици.

Ключови думи: технологичен процес, автоматизирана система, лиофилизация, лекарствена форма, флакон.

I. УВОД

Единственият начин да се увеличи производителността на лиофилното производство е да се премине от ампули към флакони. Готовите лиофилизирани ампули задължително трябва да се изваждат от лиофилизатора и да бъдат затворени /запоени/ на запойващ автомат, намиращ се в чисто помещение, с относителна влажност на въздуха около 30%, при което лиофилизата поема от атмосферната влага.



Фиг.1. Принципна схема при замяна с флакони

Както се вижда флаконите постъпват в лиофилната инсталация с поставена, но не затворена гумена запушалка /използват се специални т.н. лиофилни тапи, с прорези за извличане на влагата/. Завършва процесът на лиофилизация, платата /редовете/, на които са разположени флаконите могат да се придвижват едно спрямо друго, чрез хидравличен цилиндър. Това позволява затваряне на флакона вътре в лиофилната инсталация, преди още да е постъпил влажен въздух отвън.

След като флаконите са затворени те постъпват на следващите технологични операции. Този процес позволява в пъти да се увеличи производителността, от 30000 – 40000 до 80000 – 90000. Това увеличаване на производителността, смяната на ампулата с флакон, налага внедряването на абсолютно нови автоматизирани линии за производство.



Фиг.2. Алюминиеви капачки от вида Flip-off, с цветно пластмасово покритие

Обособяването на едно ново производство е сложен процес, обхващащ не само машини и съоръжения за конкретно производство, но също и изграждане на сграден фонд, климатизация на помещения със съответния клас на чистота, съоръжения за пречистена вода (PW) и вода за инжекции (WFI – вода за инжекции или дестилирана вода), поради което в настоящата статия ще се разгледа само една част, т.н. „Основен сектор“.

II. ТЕХНОЛОГИЧЕН ПРОЦЕС ПРИ РАБОТА НА АВТОМАТИЗИРАНИ СИСТЕМИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ЛЕКАРСТВЕНИ ФОРМИ С ФЛАКОНИ, ЗАМЕСТВАЩИ АМПУЛИ

A. Вътрешно миене, стерилизация, дозиране, позициониране на гумена капачка на флакони /с отвори за лиофилизация/.

Този процес съдържа в себе си изписаните по-горе процеси, защото те протичат на in-line съоръжение, при което заредените един път флакони преминават автоматично от една машина към друга. Това намалява вероятността за замърсяване на вече обработени флакони. Този процес може да се съкрати с използването на вече измити и стерилизирани флакони и така отпада машината за вътрешно и външно измиване и тунела за стерилизация /стерилизация = депирогенизация/. Но в разглеждания случай се говори за самостоятелни машини, свързани в обща линия с единствената цел - намаляване на риска от замърсяване при вече обработени флакони:

- Миялен автомат /машина/ за вътрешно и външно измиване на флакони. Необработените флакони се зареждат на входящ улей, чрез шнеково подаващо устройство преминават и се захващат на основния измиващ барабан, следва първоначално измиване с оборотна вода за инжекции /пълни се вана с вместимост около 500 [l] и с помощта на филтри и помпа се доставя до измиващите секции/, секции за издухване на останала във флаконите вода, крайно измиване с прясна WFI и издухване на водата. Температурата на водата - оборотна и прясна е около 70°[C], филтрирана през филтри с големина на порите 0,2 [µm], въздухът за издухване също се филтрира през филтри – 0,2 [µm].
- Вече измитите флакони преминават, чрез зареждаща транспортна лента директно в

стерилизационния тунел. Той е изграден от три зони с различни температури:

Нагревна зона – флаконите се нагреват до температура на стерилизация, около 220°[C].

Зона на стерилизация – 220°[C/1час]

Зона на охлаждане – флаконите излизат от стерилизационния тунел, охладени до стайна температура около 20°[C]. Преминават през трите зони на стерилизационния тунел, движейки се непрекъснато като скоростта на транспортната лента е съобразена с процеса с най-голяма продължителност.

- От стерилизационния тунел чрез автоматично зареждащо устройство, флаконите постъпват на машината за дозиране. Дозирането се осъществява от бутални или перисталтични помпи. През определен период от време или след определен брой флакони се извършва in-line контрол на дозировката чрез тегловен метод. За целта са монтирани две автоматични теглилки преди и след дозиране. Първата мери тарата на флакона, а втората – флакон+лекарствен продукт. Извършва се непрекъснат мониторинг на чистотата на въздуха в зоната на пълнене, чрез броячи на частици.

- От дозиращата машина флаконите постъпват в устройство, което поставя автоматично гумените запушалки върху отвора на флакона, така че да остават свободни отворите през които ще бъде извлечена влагата от лекарствения продукт. Миялната машина и тунела се монтират в помещения с клас на чистота D, а дозиращата машина и устройството за поставяне на гумени тапи в помещения с клас на чистота B.

B. Автоматично зареждане и изваждане на флаконите от лиофилната инсталация.

Зареждането и изваждането на вече лиофилираните флакони се осъществява чрез автоматизирано устройство. Основно това устройство се състои от зареждаща транспортна лента /неръждаема/ над която има поставени HEPA – филтри. Следва приемник, който събира около 50–60 флакона и така ги прибутва към платата на лиофилната инсталация. Зареждането на инсталацията става през т.н. „пица– врата“ т.е. тесен процеп в основната врата през който дозираните флакони се зареждат директно върху платата на лиофилната инсталация.

C. Обработка в лиофилна инсталация /лиофилизиране/.

При лиофилизация лекарственият продукт задължително преминава през следните подетапи:

- Замразяване – продукт около -50°[C], кондензатор около -80°[C].
- Основно сушене – сушене под вакуум около $1,5 \cdot 10^{-1}$ [mbar].
- Допълнително сушене – сушене под вакуум около $5 \cdot 10^{-3}$ [mbar].
- Темперирание на готов продукт при 25°[C].

В лиофилна инсталация платата върху които се зареждат флаконите са свободно висящи и посредством хидравличен цилиндър се преместват във вертикална посока. Чрез тази хидросистема гумените капачки могат да се дозатворят вътре в инсталацията. В зависимост от изискванията флаконите могат да се затворят под вакуум или в присъствието на инертен газ, например азот. Изваждането на готовите флакони става със същото устройство с което са били заредени, но в обратна последователност през т.н. „пица - врата“.

D. Обкатване на флакони с алуминиеви капачки, имащи пластмасово цветно покритие, тип Flip-off.

Машината за обкатване на флакони трябва да е в линия т.е. да има връзка със системата за зареждане и изваждане на флакони с лиофилен продукт. Алуминиевите капачки Flip-off са предварително стерилизирани и се получават в стерилни двойни опаковки. На машината съществува устройство за отваряне на опаковките в контролирана среда и зареждане на изпълнителния механизъм със стерилни Flip-off капачки. Чрез шнеков механизъм флаконите се подават към мястото за поставяне на капачката и последващо обкатване с ротиращи затварящи глави. Машината може да работи с капачки с диаметри Ф13 [mm] Ф20 [mm]. Контролира се качеството на затваряне на всеки флакон, наличие или липса на капачка, цветова идентификация на лекарствения продукт чрез следене цвета на пластмасовото покритие и регулиране на оборотите на обкатващите глави. Некачествените флакони се отделят. Машината работи в помещение кл. В.

E. Проверка на херметичност и преглеждане на флакони.

Машината за инспекция на флакони се използва като самостоятелно съоръжение т.е. не работи в линия с други инсталации и машини. Преглежда и инспектира само лиофилни форми. Контрола се осъществява с достатъчен брой следящи камери при непрекъснато движение на флаконите. Зареждането се осъществява ръчно през входна секция с тави, заредени с флакони. Изходящата секция е с два ръкава за годна и негодна продукция. Машината изпълнява следните функции:

- 100%-ов контрол при непрекъсваемо движение на флаконите.
- Инспекция на капачката Flip-off.
- Цветово разпознаване на цветното пластмасово покритие.
- Инспекция за дефекти по стъломасата – странично, отдолу и извитата част на флакона.
- Инспекция на лиофилизата – отгоре, отдолу, отстрани.
- Инспекция непълна дозировка.
- Инспекция за стъклени включения между флакон и лиофилизат.
- Безразрушителен контрол на затворената във флакона атмосфера т.е. изпитване на херметичност. Прилагане на HAS (Head Space Analyse) – лазерно-абсорбционна спектроскопия.

Машината се инсталира в помещение с клас на чистота D.

F. Етикетирание.

Окачествените флакони, т.е. годни за употреба, преминават на следващата позиция от технологичния процес – поставяне на етикет съдържащ информация за партидата, срок на годност и фармакод. Фармакода идентифицира, че етикета отговаря на съответния лекарствен продукт и концентрация. Етикетите се получават предварително напечатани с наименованието на продукта, концентрацията, фирма производител и фармакод. На машината се отпечатва само **Парт.№** и **Годен до**. Задължително след принтера е монтирана камера следяща за правилното и коректно изписване на:

- партиден №
- годен до
- правилен фармакод, което означава, че към флакона ще бъде залепен правилния етикет

Отпечатването на тези данни е с помощта на термотрансферен принтер с цифрово управление. Тези принтери работят с термотрансферна лента. Това е полиестерен продукт върху който от едната страна е нанесен слой сухо мастило, а от другата подходящо за печатащата глава смазващо вещество.

До тук лентата носител с етикетите се обработва самостоятелно. Следва залепване на напечатания етикет върху флакона и контрол на:

- наличие на етикет
- правилно залепен етикет
- счупен флакон

Изходящият магазин е с два ръкава за годна и негодна продукция. Машината се монтира в помещение с клас на чистота D.

G. Блистериране и картониране.

Хипотетично една опаковка от медикамент съдържа n на брой флакони от лиофилизирания продукт и p на брой ампули с вода за инжекции, служеща като разтворител на сухия продукт. Флаконите и ампулите са в отделни блистери. Ампулите с разтворител ще се получават окончателно готови за опаковане отвън.

Машината за блистериране и картониране служи за вторично опаковане на етикетирани флакони с лиофилен продукт и ампули с разтворител. Машината извършва следните технологични операции:

- Зареждане на етикетирани флакони с лиофилен продукт и ампули с разтворител за вторична опаковка.
- Блистериране в PVC фолио.
- Сгъване на листовки и отваряне на кутии.
- Поставяне на блистери и листовки в кутии.
- Групова опаковка във фолио.
- Ръчно разтоварване на готовите пакети.

Компоненти / съставни елементи на оборудването:

- Блистер-машина.

- Чилър с водно охлаждане за блистер-машината и по-точно за формовъчната матрица.
- Картонираща машина със сгъвачен автомат за листовки.
- Устройство за проверка на теглото на кутиите.
- Опаковъчна фолир-машина за групова опаковка на пакети.

Описание на процеса:

- Етикетирани флакони с лиофилен продукт и ампули с разтворител в контейнери/касетки се поставят ръчно от оператор във входящите магазини на линията, откъдето се транспортират за блистериране.
- Блистер-машината се предпочита да бъде затворена с оглед избягване на изпаренията от формоването. Трябва да има интегрирана охлаждаща система за формовъчната матрица.
- Линията трябва да е оборудвана с кодов четец на фарма и бар -кодове за кутиите и листовките.
- Транспортирането на напълнените блистери към картонир-машината трябва да е синхронизирано.
- Картонир-машината трябва да осигурява контрол за наличие на блистер и листовка във всяка кутия. Трябва да има устройство за отделяне на брака.
- Готовите кутии се подават за програмирано групово пакетиране по редове, посредством фолио във фолир-машина.
- Готовите пакети се подреждат в транспортни палета и се предават за кашониране.
- Кашонирането се извършва ръчно.

Машината се разполага в контролирана, но неклассифицирана зона с подходящи външни условия и с подадено електрическо захранване и флуиди.

Изводи:

Направено е предложение за технологичен процес при работа на автоматизирани системи за производство на лекарствени форми с флакони, заместващи ампули като първична опаковка при производство на лиофилни

лекарствени форми. Могат да се дефинират следните изводи:

- Технологичния процес отговаря на съвременните изисквания.
- Запазва се вида на производство – асептично.
- Използват се модулни автоматизирани системи за производство с възможност за разширяване.
- Първичната опаковка са флакони, които ще се мият и стерилизират на място.
- Стерилни ще се доставят само лиофилните тапи и алуминиевите капачки поради опасност от замърсяване на продукта. Алуминиевите капачки са от вида Flip-off с цветно пласмасово покритие съответстващо на концентрацията на лекарствения продукт.
- Използват се CIP/SIP системи (Clean in place/Sterilisation in Place) за почистване и стерилизация на основното оборудване, което е в пряк контакт с продукта.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Б. Бахчеванов, Р. Димитрова и С. Николов, “Критерии за оценка състоянието на автоматизирани системи за производството на лекарствени форми”, XXIX МНТК „АДП – 2020”, Созопол, 29.06 – 02.07.2020 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство”, бр.2/юли 2020 г., ISSN: 2682-9584, (18-21).
- [2] Бахчеванов Б., “Автоматизирани системи за производство на лекарствени форми”, XXVIII МНТК „АДП – 2019”, Созопол, 29.06 – 02.07.2019 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство”, бр.1/юли 2019г., ISSN: 2682-9584, (109-114).
- [3] M. Kambushev, N. Chivarov, A. Marinov and R. Dimitrova, “Approbation of a mathematical model of a specialized mechatronic system”, XI National conference with international participation, Electronica 2020, 23 – 24 July 2020 Sofia, Scopus, IEEE Xplore Digital Library, Scopus database (IEEE Conference record # 50406), 9305150.
- [4] R. Dimitrova, M. Kambushev, S. Biliderov, METHOD FOR DESIGN OF SPECIAL MECHATRONIC DEVICES AND SYSTEMS, XXIX МНТК „АДП – 2020”, Созопол, 29.06 – 02.07.2020 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство”, бр.2/юли 2020 г., ISSN: 2682-9584, (14-17).
- [5] Dimitrova R., S. Nikolov, S. Dimitrov, MEASUREMENT OF THE CLOSING FORCE AT AUTOMATIC CLOSING BOTTLES WITH SCREW CAPS, XXX International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance 2020, 7-11, September, Sozopol, Bulgaria pp. (38-42).

TECHNOLOGICAL PROCESS IN THE OPERATION OF AN AUTOMATED SYSTEM WITH VIALS REPLACING AMPOULES AS PRIMARY PACKAGING IN THE PRODUCTION OF LYOPHILIC PHARMACEUTICAL FORMS

Boyan Bahchevanov
Technical University
Sofia, Bulgaria
E-mail:boyanbahchevanov@gmail.com

Abstract: The aim of the present study is to describe the technological process in the operation of automated systems for the production of dosage forms with vials, replacing ampoules, as primary packaging in the production of lyophilic dosage forms. The main stages of production will be determined with their characteristic processes and technological units.

ЦЕНОВО ЕФЕКТИВНА УЧЕБНА МОБИЛНА РОБО-ПЛАТФОРМА

Станислав Йовков
Институт по Информационни и
Комуникационни Технологии към
Българската Академия на Науките
София, България
E-mail: slavy1@abv.bg

Найден Шиваров
Институт по Информационни и
Комуникационни Технологии към
Българската Академия на Науките
София, България
E-mail: nchivarov@gmail.com

Стефан Шиваров
Институт по Информационни и
Комуникационни Технологии към
Българската Академия на Науките
София, България
E-mail: schivarov@gmail.com

Резюме. В тази статия е представена ценово ефективна учебна мобилна робо-платформа. Целта е да се създаде мобилна робо-платформа, от евтини компоненти, подходяща за ученици, начинаещи в областта на роботиката. В тази статия е описано разработването на робот с ултразвукови сензори, с възможност за автономно излизане от лабиринт и заобикаляне на препятствия. Разгледани са основните компоненти, дизайна, хардуера, софтуера и алгоритмите за изход от лабиринт и за избягване на препятствия. Накрая са представени резултатите от тестовете на алгоритмите за управление.

Ключови думи: мобилна робо-платформа, мобилен робот, драйвер, сензор, алгоритъм.

I. УВОД

Статията разглежда основните компоненти и изискванията за разработване на ценово ефективна учебна робо-платформа, както и някои задачи които тя може да изпълнява [1].

Дизайнът на робота отговаря на четири основни изисквания, които са посочено по-долу [2]:

- **Ниска цена:** Тя трябва да бъде достъпна за ученици и училища, желаещи да се занимават с роботика, като в същото време покрие изискванията за една напълно работеща система. Това изискване диктува разходи, които не бива да надхвърлят 100 евро и по никакъв начин няма да ограничат нивото на функционалност, предложено в представената мобилна робо-платформа.
- **Дизайн:** Той трябва да стимулира въображението и ентузиазма на учениците и е от ключова важност за този проект. Това изискване позволява използването на рециклирани или втора употреба материали при изработката на основните компоненти - шаси, колела, вериги и др. От друга страна, дизайнът предвижда използването на относително евтини компоненти, предлагани на пазара, като микроконтролна развойна платка базирана на платформата Arduino, сензори, драйвери и др.
- **Простота:** Концепцията за простота се ограничава до 3 изисквания: монтаж, експлоатация и поддръжка. Времето за сглобяване на робота не трябва да надхвърля 2 часа. След като платформата е сглобена, работата с робота трябва

да е лесна за начинаещи в роботиката. Освен това, поддръжката на платформата трябва да бъде минимална, без да се изисква повече от обикновена подмяна на повредени компоненти.

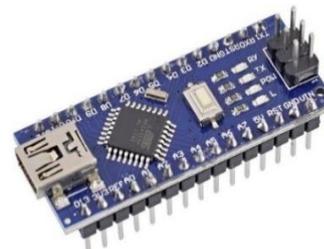
- **Отворен код:** Отвореният код е най-добрият модел за разпространение на тази инициатива. Ясно е, че роботизираният комплект трябва да бъде лесно достъпен за всички заинтересовани страни, включително учители, преподаватели и ученици.

Горепосочените изисквания са достатъчни за една напълно готова, функционираща система

II. ХАРДУЕР

В този раздел ще бъде представен хардуера, използван при проектирането и изпълнението на мобилната робо-платформа.

1. Arduino NANO, фиг. 1 Някои характеристики са решаващи при избора на микроконтролна развойна платка Arduino NANO[3]. , като процесор, консумация на енергия и големина. NANO се състои от 8-битов ATMEGA микроконтролер ATmega328, с вътрешна постоянна памет (EEPROM) и вътрешна променлива памет за съхранение на временна информация (RAM).



Фиг.1. Arduino NANO

2. ТТ DC Gearbox Motor [4], фиг.2. Нужни са само два постояннооткови двигателя, тъй като в дизайна е избрано верижно задвижване, пред по-енергоемкото задвижване с 4 двигателни колела. Двигателите са с номинален волтаж: 3~6V. Предавателното отношение на трансмисията (gear box) е: 1:48. Размери: 70 x 22 x 18mm.



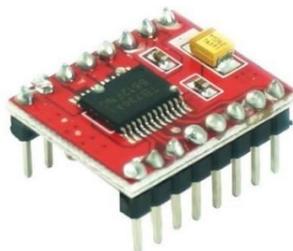
Фиг.2. TT DC Gearbox Motor

3. HC-SR04, фиг. 3. За проекта са необходими 3 броя. Ултразвукови сензора HC-SR04 [5]. Сензорът представлява активен сонар определящ разстоянието до обекта чрез излъчване и последващо приемане на излъченият ултразвуков сигнал. Комплекта се състои от два модула – ултразвуков предавател и приемник. HC-SR04 се захранва от +5V DC.



Фиг.3. HC-SR04

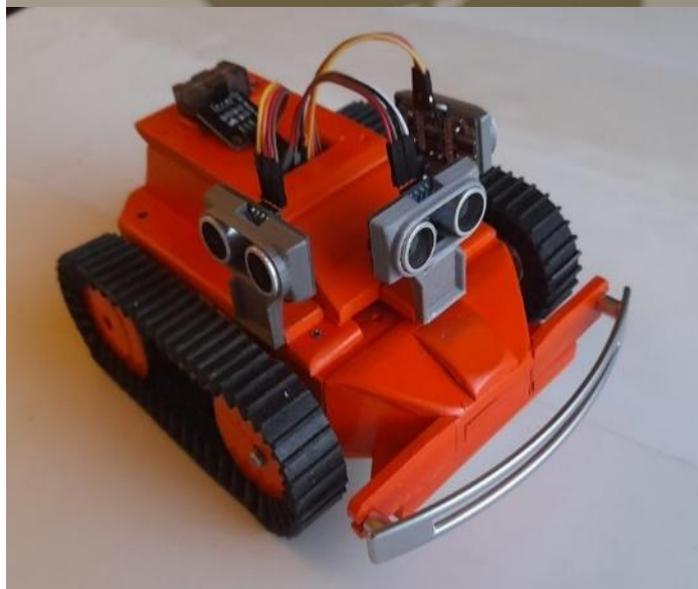
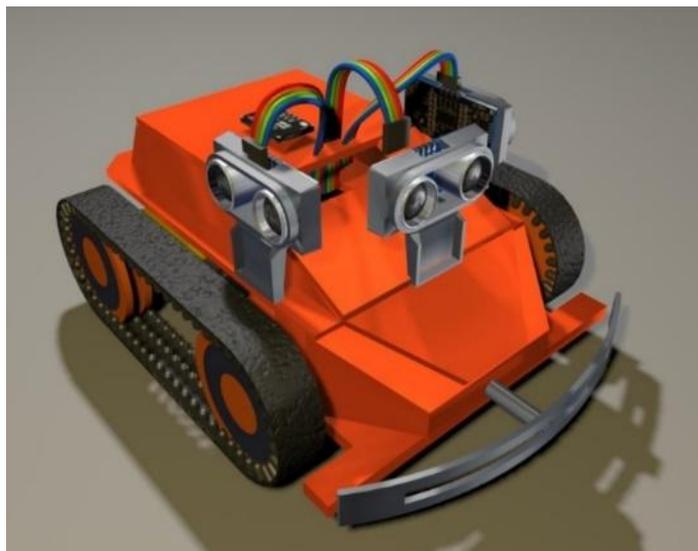
4. Motor Driver TB6612FNG, фиг 4. Модулът за управление на двигатели (драйвер) TB6612 е изграден на база чип TB6612FNG [6], който осигурява до 1.2A консумация от страна на двигателите и има двуканален изход в мостова структура MOSFET-Н Така един драйвер може да управлява едновременно два двигателя. Размери: 19mm x 19mm, Тегло само 1.5g



Фиг.4. Motor Driver TB6612FNG

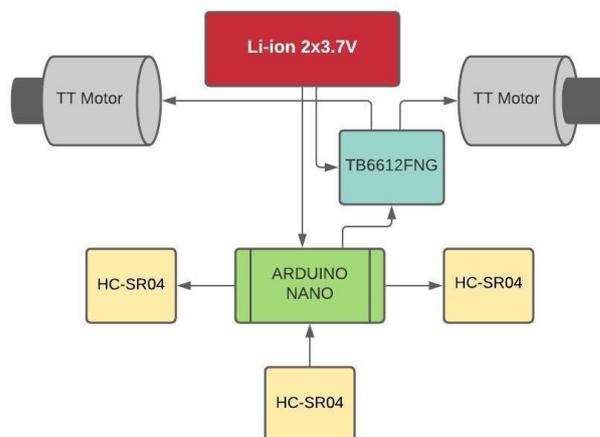
5. Захранване. Използват се две 3.7V литиево-йонни батерии по 2.2Ah. Това захранване осигурява продължителност на работа на робота от няколко часа. Трябва да се подчертае, че литиево-йонните батерии имат пренебрежимо малък ефект на паметта. На практика това означава, че батериите може да се дозаредят по всяко време. Литиево-йонните батерии, при относително еднакво тегло, съхраняват два пъти повече енергия от никел-металхидридната (NiMH) батерии и три пъти повече от никел-кадмиевата (NiCd) батерии.

6. Шаси. Шасито и колелата са изработени от лек PVC материал удобен за обработка с подръчни средства. Платформата се задвижва чрез вериги със задни задвижващи колела фиг.5. За проектиране и външен дизайн на робота и шасито е използвана софтуерната програма 3DS Max Autodesk.



Фиг.5. Снимка 1 - 3D модел изработен в 3DS MAX, Снимка 2 - снимка на реалния робот

7. Система за управление фиг. 6. На тази схема са показани различните контролери, драйвери и сензори на мобилната роботизирана платформа.



Фиг.6. Общата блокова схема на системата за управление на мобилната робо-платформа

III. СОФТУЕР

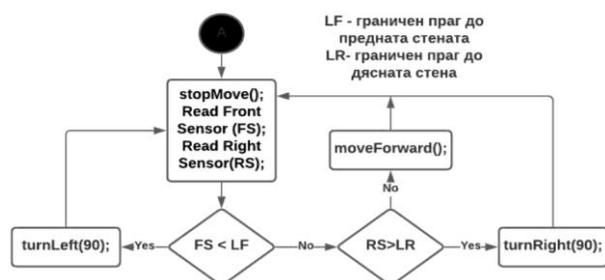
Роботизираната платформа изпълнява следните задачи, алгоритмите за които са описани по-долу.

Работа на робо-платформата с ултразвуков сензор HC-SR04.

- избягване на препятствие.
- търсене на изход от лабиринт.
- търсене на изход от затворено пространство.

Алгоритми:

• Фигура 7 илюстрира алгоритъм за избягване на препятствия [7]. В този алгоритъм се използват трите ултразвукови сензора. Първоначално робота се движи напред, като непрекъснато сканира за препятствие пред себе си чрез фронталния сензор. При наличие на такова, робота изпълнява команда стоп (на движението) и с двата странични сензора сканира за препятствия съответно от ляво и от дясно. В зависимост от това от коя страна препятствието се намира по близо, робота изпълнява завой на 90 градуса в противоположна на препятствието посока и продължава движението си напред. Цикълът се повтаря. В случай, че от ляво и от дясно препятствията са извън обхвата на сензорите, робота завива в посока предварително зададена от софтуера.

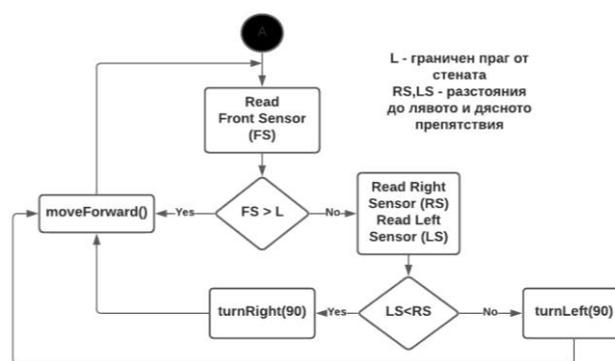


Фиг.7. Блокова схема на алгоритъм за избягване на препятствия

• Фигура 8 илюстрира алгоритъм за търсене на изход от лабиринт [8]. Тук участват два ултразвукови сензора - фронтален и десен. Алгоритъмът се базира на решението на задачата за изход от лабиринт, което гласи, че ако се следва една от стените (в случая дясната) робота ще достигне до изхода от лабиринта. Тоест, реализира се следване на стена от дясно и едновременно търсене на отвор в тази стена. Робота постоянно сканира пред себе си и в дясно от себе си за наличие на стена. Ако от дясно не бъде разпозната стена (ултразвуковият сензор показва свободно пространство), робота извършва завой 90 градуса в дясно, след което тръгва напред и продължава сканирането. Ако от дясно има стена, а пред робота няма стена, той изпълнява командата движение напред и продължава сканирането. Ако в дясно има стена и пред робота има стена той изпълнява командата спри, след което изпълнява завой на 90 градуса в ляво, и продължава сканирането.

Недостатък на този метод е, че това е идеалният вариант за изпълнение на алгоритъма. В действителност обаче има външни фактори като триене и приплъзване на веригите, намаляване на захранващото напрежение (с намаляване на заряда на батерията) и др., които

възпрепятстват идеалното изпълнение на алгоритъма. В такива случаи, робота не може да изпълни точен 90 градусов завой или равномерно движение напред, а това води до отклонение от правата линия или от желаната завой към стените на лабиринта и до напускане на въобразяемата „осева линия“ по която би трябвало да се движи. В такъв случай се налага да се извърши корекция на движението (в ляво или дясно), в зависимост накъде спрямо „осевата линия“ се е отклонил робота. Тази корекция е разгледана в следващия алгоритъм.



Фиг.8. Блокова схема на алгоритъм за изход от лабиринт

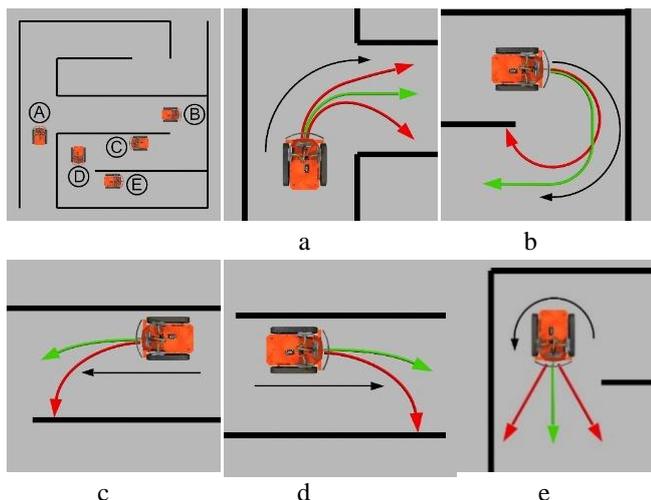
• Алгоритъмът за търсене на изход от затворено пространство е подобен на този за търсене на изход от лабиринт с основната разлика, че при лабиринта коридорите са с фиксирани размери и завоите са перпендикулярни (което опростява алгоритъма), докато в този случай се намираме в пространство с неправилна форма (стените на което сключват неизвестен ъгъл една спрямо друга). Отново се използват двата ултразвукови сензора – фронтален и десен, като алгоритъмът се стреми да следи препятствието (стената) която се намира от дясно. В програмата предварително е зададен параметър – отстояние на робота от дясната стена, който е равен на една ширина на робота. Това е правилното положение на робота при което той трябва да се движи напред и се намира на въобразяема „осева линия“. Алгоритъмът постоянно сканира в двете посоки (в дясно и напред). Робота се движи непрекъснато напред. Базирано на разстоянието отчетено от десния сензор, ако робота се намира в ляво от „осевата линия“, т.е. се е отдалечил от стената правим лек завой на дясно. Ако робота се намира в дясно от „осевата линия“, т.е. се е доближил до стената, правим малка корекция на движението с лек завой на ляво. Ако робота се намира на осевата линия, робота е в правилна си позиция и се движи право напред. Ако десният сензор покаже много висока стойност (разстояние), т.е. празно пространство от дясно, следва завой на дясно докато сензора не покаже, че отново разпознава препятствие (стена) от дясно и тогава робота отново продължава да се движи напред и да следва осевата линия. Ако фронталния сензор покаже, че отпред има препятствие (стена) следва завой на ляво, докато фронталния сензор не покаже, че вече не разпознава препятствие отпред, а десният сензор не покаже, че отдясно препятствието (стената) е на един робот разстояние, т.е. робота е на „осевата линия“. Тогава робота отново продължава да се движи напред и да следи осевата линия.

IV. ТЕСТОВЕ

Извършени са тестове на описаните алгоритми, с цел тяхното оптимизиране.

Тъй като двигателите задвижващи платформата не са стъпкови или серводвигатели, а четковни постояннотокови без енкодери се налага да се калибрират (компенсира разликата в скоростта) чрез тестове, за да може платформата да се движи в направо, без отклонение от правата линия. Първо двигателите на робота бяха настроени за движение на максималната им скорост и робота бе тестван при движение напред. Робота се отклони от правата линия и след постепенно намаляване на скоростта на избързващия двигател, платформата започна да се движи праволинейно. Данните за корекция на скоростта на избързващия двигател бяха отразени в управляващата програма, за да бъдат използвани за следващите тестове.

След калибрирането на двигателите започнаха тестовите на алгоритъма за избягване на препятствия. Платформата беше настроена да се движи с максимална скорост. При доближаване на препятствието, фронталния сензор подаде към контролера команда стоп, но робота поради инерцията, не успя да спре и се блъсна в преградата. След намаляване на скоростта в няколко последователни опита, беше достигната оптималната настройка на скоростта и се пристъпи към втората част на теста - избягване на препятствие, чрез завиване в ляво или дясно под прав ъгъл. При първите опити платформата не успяваше да извърши завой точно под 90 градуса и се блъскаше в стената. След корекция на параметрите последва нов опит, при който робота извършваше много остри завой и се отклоняваше от стената. След многократни опити и настройка на параметрите, беше постигнат точен резултат и робота успешно извърши маневрата. Със същите параметри беше извършен опит за избягване на препятствие в обратната посока и резултатът от теста беше успешен.

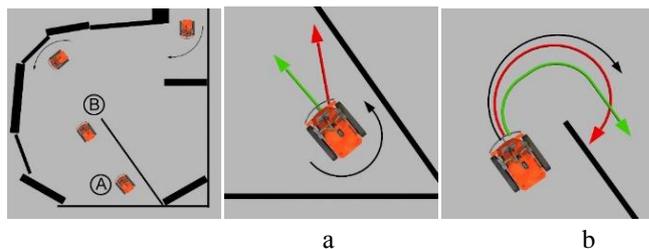


Фиг.9. Резултати от тестовете на алгоритъма за изход от лабиринт

При следващите опити беше тествана задачата за изход от лабиринт. Резултатите от тестовете са показани на Фиг.9. При десен завой (Фиг.9.a.), платформата недозавиваше или презавиваше при което напускаше

мислената осева линия и се блъскаше в стените на лабиринта. За да се постигне завой под прав ъгъл се наложи да се коригира скоростта на водещия ляв двигател. След корекция на скоростта на левия двигател теста завърши успешно. При завой на дясно на 180 градуса (Фиг.9.b.), робота твърде рано завършваше маневрата, сензора отчиташе, че в дясно няма препятствие (стена) и движението продължаваше към стената на лабиринта или в затворен кръг. Радиуса на завоя беше намален и беше добавено кратко движение на право. Така завоя се извърши на два етапа и опита беше успешен. Сензора отчете, че в дясно има стена, а пред робота има свободно пространство и движението продължи на право. След като робо-платформата навлезе в правия коридор (Фиг.9.c.), тя се беше отклонила в дясно от „осевата линия“. Това налагаше корекция на движението наляво, чрез увеличаване на скоростта на левия двигател и намаляване на скоростта на десния двигател. При първия опит се получи презавиване и робота се отклони силно към стената. След корекция на параметрите на двата двигателя, робота направи по-плавен завой и навлезе в „осевата линия“. На (Фиг.9.d.) платформата достигна стена пред себе си и направи 90 градусов завой на място и на ляво. При този опит отново трябваше да се коригират скоростите на двата двигателя защото се наблюдаваше презавиване или недозавиване. След корекция на скоростта на двата двигателя теста завърши успешно. На (Фиг.9.e.) робота отново се движи в коридор но този път е по-близо до дясната стена на коридора. Тук корекциите са същите както на опита от (Фиг.9.c.) само, че местата на двигателите са разменени. След тези корекции робо-платформата успешно намери изход от лабиринта.

Следващите тестове са на алгоритъма за излизане на робота от затворено пространство. На Фиг.10. са показани резултатите на някои от проведените опити. На (Фиг.10.a.) платформата достигна стена пред себе си и направи завой на място и на ляво, докато фронталния сензор не покаже достатъчно свободно място пред робота. Това доведе до недозавиване и трябваше да се добавят няколко милисекунди допълнително време за въртене за да може робота да застане успоредно на стената. При следващия тест (Фиг.10.b.), робота трябваше да извърши десен завой под обратен ъгъл, но радиуса на завоя беше прекалено голям, сензорът не отчете препятствие в дясно и платформата се блъсна в стената. След като радиусът на завоя беше намален, робота направи маневрата по-близо до стената, десния сензор отчете близост до препятствие и робота продължи движението си в направо.



Фиг.10. Резултати от тестовете на алгоритъма за изход от затворено пространство.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От гледна точка на дизайна, представената мобилна робо-платформа е многофункционален мобилен робот, разработен в основната си конфигурация и притежаващ всички най-важни за мобилните си функции системи: механична, електронна и сензорна системи и софтуер за управление. Оптимизираните алгоритми постигат поставените задачи за изход от лабиринт и за избягване на препятствия. Разработената мобилната робо-платформа може да бъде надстроена или модифицирана за изпълнение на различни учебни задачи, като следене на линия, теле управление или следене и разпознаване на обекти.

БЛАГОДАРНОСТИ

Това изследване е реализирано като част от изпълнението на проект № 2020-1-BG01-KA202-079200 „Мрежа от ИКТ Клубове по Роботика“, ЕРАЗЪМ +, Ключова дейност 2, Професионално образование и обучение.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Найден Шиваров, МНОГОФУНКЦИОНАЛНА МОБИЛНА РОБО-ПЛАТФОРМА, ADP 2020, 94-98 ISSN 2682-9584

- [2] Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Robotics and Control (JSRC), December Edition, 2013 Volume 3, Issue 12 “A Low-Cost and Simple Arduino-Based Educational Robotics Kit”, Luiz A. Junior, Osvaldo T. Neto, Marli F. Hernandez, Paulo S. Martins, Leonardo L. Roger, Fatima A. Guerra
- [3] Arduino Nano, <https://store.arduino.cc/arduino-nano>
- [4] TT DC Gearbox Motor, <https://www.adafruit.com/product/3777>
- [5] Ултразвуковият сензор HC-SR04, <https://www.sparkfun.com/products/15569>
- [6] Motor Driver TB6612FNG, https://www.robotshop.com/en/motor-driver-dual-tb6612fng-v2-headers.html?gclid=CjwKCAjwj6SEBhAOEiwAvFRuKMaMViDzPDV7kTZzCEqkxrJdNvMyNAdPjWaJVEHB1ashROhE6PZHwRoCpT MQAvD_BwE
- [7] Behavior Research Methods, Instruments, & Computers 1992, 24 (2), 248-252 Analyzing the path of responding in maze-solving and other tasks DAVID A. WASHBURN Sonny Carter Life Sciences Laboratory, Georgia State University, Atlanta, Georgia
- [8] 2016 IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors, IRIS 2016, 17-20 December 2016, Tokyo, Japan Maze solving robot with automated obstacle avoidance Rahul Kumar, Peni Jitoko, Sumeet Kumar, Krishneel Pillay, Pratish Prakash, Asneet Sagar, Ram Singh

COST EFFECTIVE EDUCATIONAL MOBILE ROBOT PLATFORM

Stanislav Yovkov
Institute of information and
communication technologies
Bulgarian academy of sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: slavy1@abv.bg

Naiden Chivarov
Institute of information and
communication technologies
Bulgarian academy of sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: nchivarov@gmail.com

Stefan Chivarov
Institute of information and
communication technologies
Bulgarian academy of sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: schivarov@gmail.com

Abstract: This article presents a cost-effective educational mobile robot platform. The aim is to create a mobile robot platform, made of cheap components, suitable for students beginning in the field of robotics. This article describes the development of a robot with ultrasonic sensors to solve a maze and obstacle avoidance. The main components, design, hardware, software and algorithms for maze solving and obstacle avoidance are discussed. Finally, the test results of the control algorithms are presented.

МОБИЛЕН БАРОМЕТРИЧЕН ВИСОТОМЕР

Виктория Уручева
 ВВВУ „Георги Бенковски“
 Долна Митрополия, България
 E-mail: viktoraurucheva96@yahoo.com

Мартин Камбушев
 ВВВУ „Георги Бенковски“
 Долна Митрополия, България
 E-mail: m_kambushev@yahoo.com

Йото Георгиев
 ВВВУ „Георги Бенковски“
 Долна Митрополия, България
 E-mail: y_g@abv.bg

Кирил Камбушев
 ВВВУ „Георги Бенковски“
 Долна Митрополия, България
 E-mail: kambushev@gmail.com

Резюме: В настоящия доклад е реализиран “Мобилен барометричен висотомер” с микроелектромеханичен сензор – BMP 180 (Barometric pressure sensor), който е компактен и лесен за работа, както в нормални условия на работа така и в екстремни ситуации. Цифровият висотомер осигурява точна и гъвкава работа на оператора.

С напредване на технологиите тези устройства стават все по – използвани и с по – малки размери.

Ключови думи: BMP 180, MEMS, барометър, Arduino, точност.

I. ИСТОРИЯ И ВИДОВЕ БАРОМЕТРИЧНИ СЕНЗОРИ

Първият барометър, който е живачен (Mercury Barometer) е създаден през 1643г. от италианския физик Еванджелиста Торичели. Живачните барометри биват два вида [5].

- Единият е Фицрой барометър (Fitzroy Barometer). Английският офицер и метеоролог Вицеадмирал Робърт Фицрой прави точни ежедневни прогнози за времето.
- Другият вид живачен барометър е Фортинов (Fortin Barometer). Жан Николас Фортин е френски производител на научни инструменти, Фортин се помни главно с дизайна на барометъра, който представя през 1800г.

През 1640 – 1643г. следващият барометър, който е воден (Water Barometer) е създаден от италианския математик, астроном и физик Гаспаро Берти.

Симпсиометърът е друг вид барометър, който е компактен и лек и е бил широко използван на корабите в началото на XIX – век.

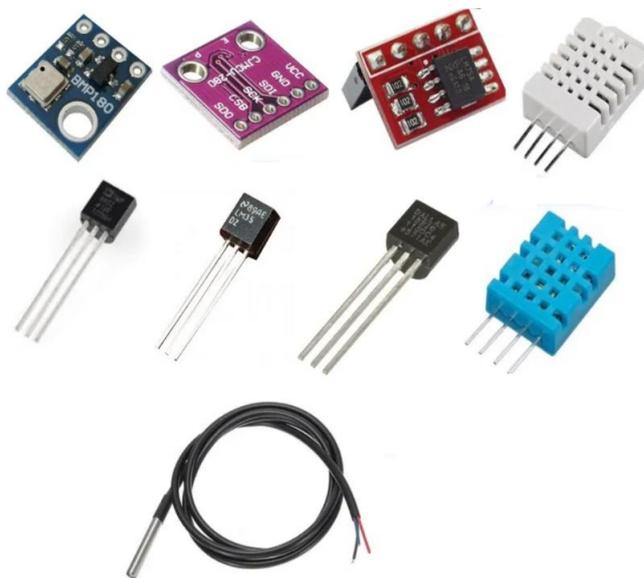
- Към него спадат Барометрите на колелата (Wheel Barometers).

През 2013г. е изобретен барометърът за вакуумна помпа с масло (Vacuum Pump Oil Barometer) е най – високият барометър в света, като неговата височина е 12м.

Анероидният барометър (Aneroid Barometer) е изобретен през 1844г. от френския учен Люсеин Види.

- Барографът (Barograph) е записващ анероиден барометър, където промените в атмосферното налягане се записват в хартиена диаграма.

Следващото поколение най – използвани сензори са микроелектромеханичните (Microelectromechanical systems - MEMS), те са изключително малки устройства с размер между 1 и 100 микрометра [3].



Фиг.1. Микроелектромеханични сензори (MEMS).

II. ВЪВЕДЕНИЕ

A. Определения за висотомер и барометър.

Барометрите и висотометрите, отчитащи налягане са един и същ инструмент, но се използват за различни цели.

Приборите, предназначени за измерване на височината, на която се намира летателният апарат над земната повърхност, се наричат висотомери. Използват се на различни височини, които съответстват на съответното атмосферно налягане [1].

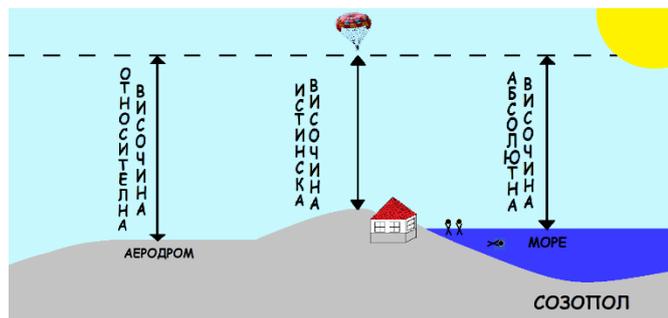
Барометърът е инструмент, който се използва за измерване на въздушното налягане в определена среда, т.е измерва фините промени в налягането причинени от промени на атмосферата [2].

Средното атмосферно налягане на земната повърхност варира между 940 и 1040hPa. Според международната стандартна атмосфера, атмосферно налягане на морското равнище е 1013 hPa.

В. Видове височини.

В авиацията се оперира с няколко понятия за височината и те са показани на Фиг.1.

- Абсолютна височина се нарича височината спрямо морското равнище [1].
- Относителна височина се измерва спрямо мястото на излитането или кацането.
- Истинска височина се определя от най – ниската точка на летателния апарат, безпилотния летателен апарат (БЛА)[6, 7], четирикоптер, трикоптер, парашутист и други обекти до точката на земната повърхност над, която се намира в момента, летящия обект.



Фиг.2. Видове височини.

С. Методи за измерване височината на полета.

Известни са няколко метода за измерване височината на полета:

- Барометричен метод, основан на зависимостта между абсолютното налягане в атмосферата и височината. При този метод измерването на височината се свежда до измерване на абсолютното налягане с помощта на барометър [3].
- Другите методи са, радиотехнически, оптически, инерциален и йонизационен.

Д. Видове грешки.

Барометрическите висотомери имат два вида грешки, методически и инструментални.

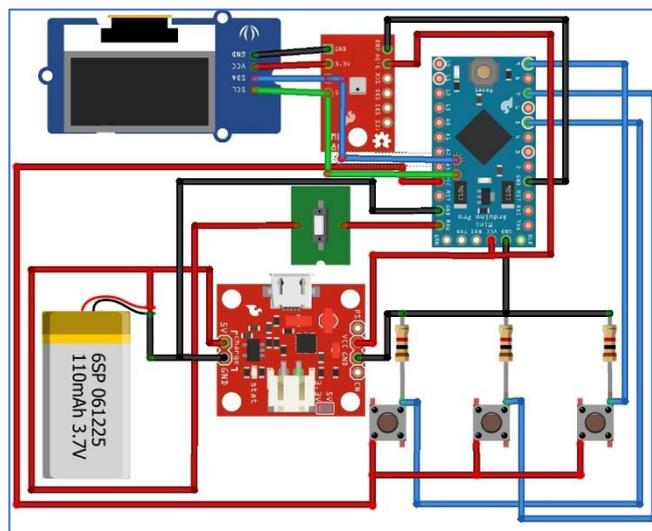
Методическите грешки са обусловени от:

- Изменението на релефа на местността;
- Изменението на налягането при земята след излитането [1,2];
- Изменението на средната температура на стълба въздух;
- Случайните вариации на налягането във височина по отношение на налягането, задавано от стандартната атмосфера.

Методическите грешки, предизвикани от изменението на релефа на местността, не могат да бъдат компенсирани в барометрическите висотомери, ако няма допълнителна информация за истинската височина на полета.

Инструменталните грешки на висотомерите се сумират от грешките, предизвикани от хистерезиса, неуравновесеността на подвижните елементи, триенето и температурните грешки. Първите два вида грешки с конструктивни мерки се свеждат до допустимите величини.

III. РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПРИНЦИПНАТА СХЕМА



Фиг.3. Електрическа схема на „Мобилен барометричен висотомер“.

А. Проектът е реализиран със следните елементи:

- Display OLED 128x64 – Дисплей;
- BMP180 (Barometric Pressure Sensor) – Барометричен сензор за налягане, микроелектромеханичен сензор (MEMS) [4];
- Arduino Pro Mini ATMEGA328P – Развойна платка;
- Mini USB Lipo battery charger module;
- Lipo Battery 3.7V 220mAh;
- Resistors 1kΩ;
- Buttons Switch.

В. Алгоритъм на работа:

Мобилен барометричен висотомер, както се вижда от Фиг.3. е с четири бутона. Първият е предназначен за изключване и включване на устройството, другите два са за задаване на минимална и максимална височина и четвъртият е за фиксиране на двете гранични височини.

IV. РЕЗУЛТАТИ И ИЗВОДИ

Експериментът е проведен при температура $t=23,4$ оС с установка висотомер двустрелков индикатор ВДИ – 20, която се използва за проверка на приборното оборудване на самолет Pilatus PC – 9М.

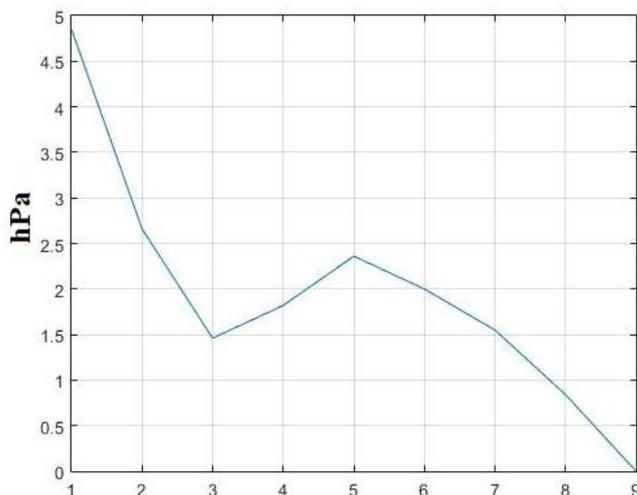
ВДИ-20 е проверен и е тариран съгласно техническите изисквания.

В таблица 1 е направен сравнителен анализ със зададени стойности от установката, на сензор – BMP180, ВДИ – 20 в прав и обратен ход.

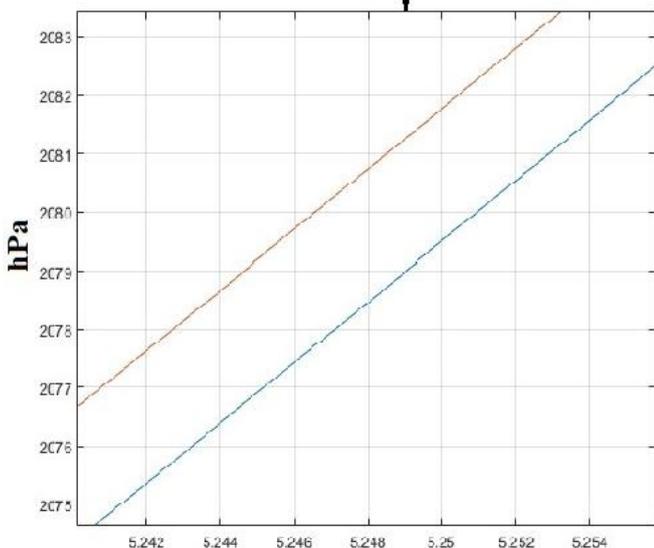
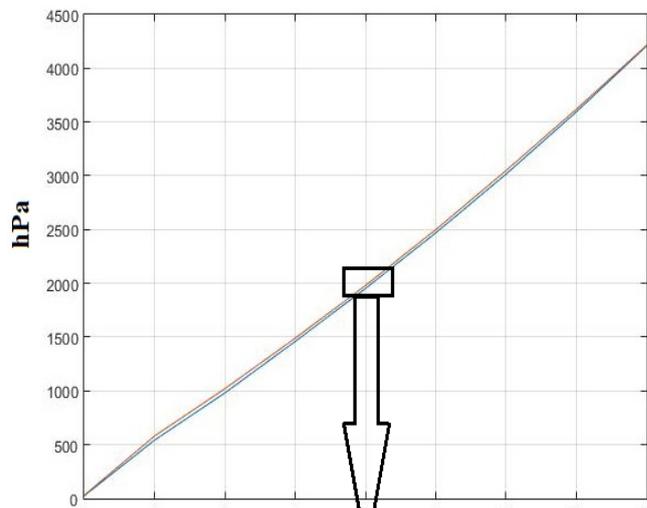
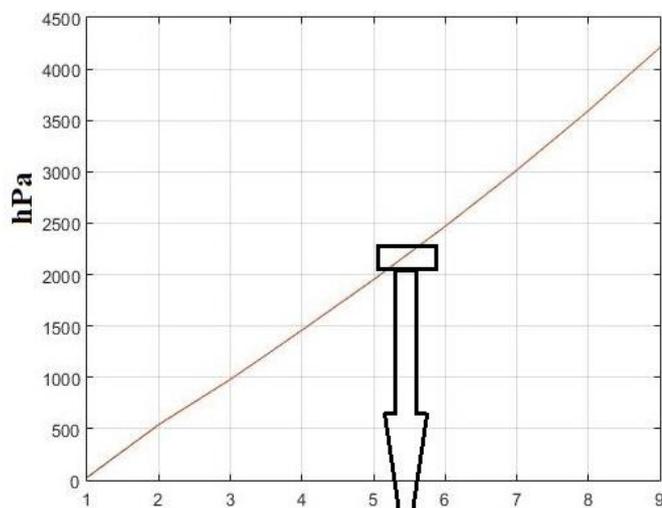
Правият ход е, когато въздухоплавателното средство излита, а обратния ход е при кацане, т.е прав ход е когато стойностите се променят от голяма към малка, а обратен ход, когато стойностите се променят от малка към голяма.

ТАБЛИЦА 1 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДАННИ

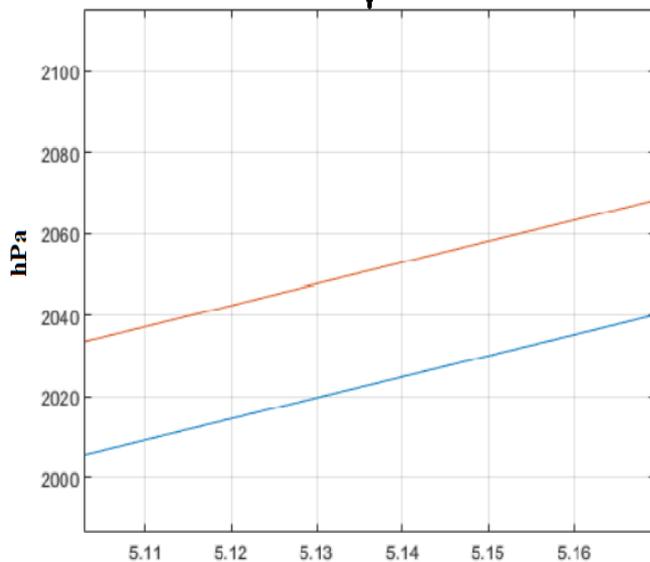
hPa – зададена стойност			Сензор – ВМР180		ВДИ – 20 К(М)	
Задано	Прав ход	Обратен ход	Прав ход (m)	Обратен ход (m)	Прав ход (m)	Обратен ход (m)
1013	1010,23	1010,42	25,15	24,44	30,00	30,00
950	950,02	949,83	539,29	541,95	541,95	580
900	900	899,73	979,4	980,86	980,86	1020
850	850	849,24	1458	1459,82	1459,82	1490
800	799,89	799,70	1950	1952,36	1952,36	1980
750	749,80	749,62	2468	2470	2470	2500
700	699,80	699,67	3014,58	3016,13	3016,13	3050
650	649,80	649,73	3593,71	3595,55	3594,55	3620
600	599,87	599,60	4208,9	4208,9	4208,9	4215



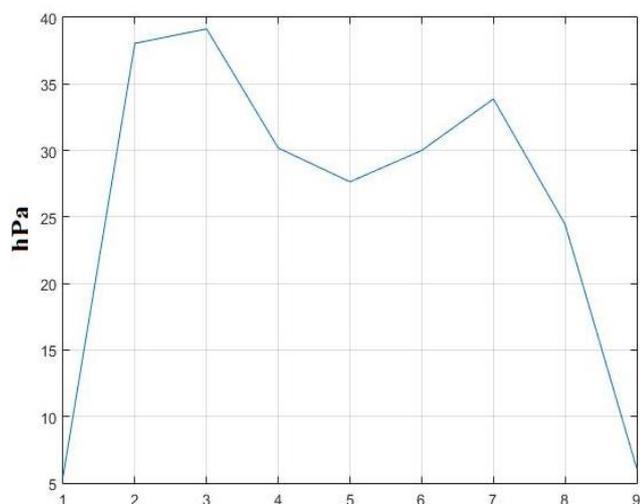
Фиг. 5. Грешка между еталонен и изследван барометър при прав ход.



Фиг. 4. Изследване при прав ход на ВМР180 и ВДИ-20.



Фиг. 6. Изследване при обратен ход на ВМР180 и ВДИ-20.



Фиг.7. Грешка между еталонен и изследван барометър при обратен ход.

От получените резултати, могат да се направят изводите, че точността на BMP180 е съпоставима с точността на ВДИ – 20. Това означава, че Мобилния барометричен висотомер, може да се използва при парашутни скокове, в системата за управление на БЛА, като стационарен барометър и др.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пътов В.М., „Авиационни прибори, датчици и навигационни системи“, част 1 София, „ВТС“ 1977.
- [2] Стоянов Ц.Т., „Авиационно оборудване“, МО
- [3] Каменов К.Р., „Изследване приложението на MEMS сензорите в пилотажно – навигационните комплекси на МБЛА“, Сборник доклади от Годишна международна научна конференция на Факултет „Авиационен“, град Долна Митрополия, стр.365-373, ISBN 978-619-7246-19-3
- [4] <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132068/BOSCH/BMP180.html> (25.04.2021г.)
- [5] <https://en.wikipedia.org/wiki/Barometer> (15.04.2021г.)
- [6] Билидеров С. Проектиране и разработване на система за траекторно управление на автономен безпилотен летателен апарат – Сборник научни трудове на Шуменски Университет, град. Шумен, с.331-338, ISBN 978-954-577-540-6 (т.2). – 2009.
- [7] Билидеров С. Управление полета на автономен безпилотен летателен апарат над релефа на местността – Сборник научни трудове на Шуменски Университет, гр. Шумен, с 331-338, ISBN 978-954-577-540-6 (т.2). - 2009

MOBILE BAROMETRIC ALTIMETER

Viktoria Urucheva
Bulgarian Air Force Academy
 “Georgi Benkovski”
 Dolna Mitropolia, Bulgaria
 E-mail: viktoraurucheva96@yahoo.com

Martin Kambushev
Bulgarian Air Force Academy
 “Georgi Benkovski”
 Dolna Mitropolia, Bulgaria
 E-mail: m_kambushev@yahoo.com

Yoto Georgiev
Bulgarian Air Force Academy
 “Georgi Benkovski”
 Dolna Mitropolia, Bulgaria
 E-mail: y_g_g@abv.bg

Kiril Kambushev
Bulgarian Air Force Academy
 “Georgi Benkovski”
 Dolna Mitropolia, Bulgaria
 E-mail: kambushev@gmail.com

Abstract: This report implements a "Mobile Barometric Altimeter" with a microelectromechanical sensor - BMP 180 (Barometric Pressure Sensor), which is compact and easy to operate, both in normal operating conditions and in extreme situations. The digital altimeter ensures accurate and flexible operation of the operator. With the advancement of technology, these devices are becoming more and more used and smaller in size.

СИСТЕМАТА ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА УСТОЙЧИВОСТТА И УПРАВЛЯЕМОСТТА

Ивайло Трифонов
 ВВВУ“Георги Бенковски“
 гр.Долна Митрополия, България
 E-mail: iwcho9811@gmail.com

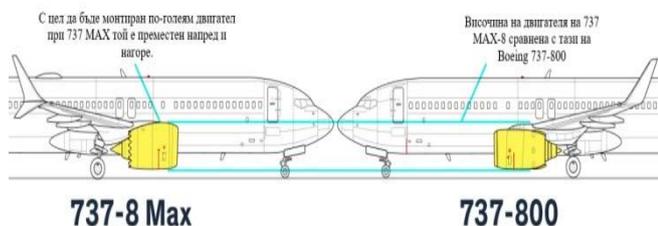
Снежана Николова
 ВВВУ“Георги Бенковски“
 гр.Долна Митрополия, България
 E-mail: snej98_@abv.bg

Резюме: Системата за подобряване на устойчивостта и управляемостта е част от системата за автоматизираното управление на полета, създадена от Бойнг, чийто дефект става известен след два поредни фатални инцидента на Boeing 737 MAX 8 през 2018 и през 2019 година при които 338 души губят живота си. След инцидентите цялата флотилия на Boeing 737 MAX е приземена до установяване и отстраняване на проблема.

Ключови думи: MCAS, Boeing, катастрофа, проблеми на системата, ъгъл на атака, сензори, подобрене в системата

I. КАКВО ПРЕДСТАВЛЯВА СИСТЕМАТА ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА УСТОЙЧИВОСТТА И УПРАВЛЯЕМОСТТА

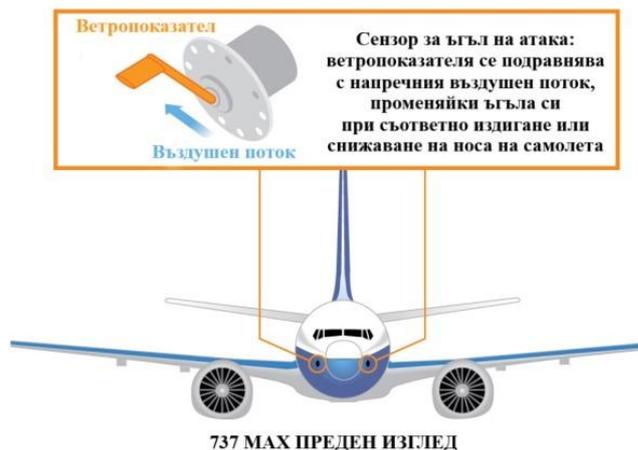
Система за подобрене на устойчивостта и управляемостта е въведена от Boeing защото е снабден с по-тежък, по-икономичен двигател променяйки аеродинамичните качества на самолета и може да доведе до издигане на носа на самолета при определени условия по време на ръчно управление на полета.



Фиг.1. Двигателите на Boeing 737-8 MAX и 737-800

Сензорите за ъгъл на атака на самолета сигнализират на системата автоматично да насочи носа на самолета надолу ако има опасност от откъсване на потока. Това става чрез хоризонтални стабилизатори на опашката на самолета, които се активират от компютъра за управление на полета на самолета.

Според Boeing, системата не поема контрол над самолета по време на полет, но „подобрява поведението на самолета“ при проблемни ситуации. Тези ситуации могат да бъдат породени при стръмни завой или стръмно изкачване след излитане, когато самолетът се изкачва с вдигнати задкрилки с повишена скорост близка до минимално допустимата скорост за провеждане на хоризонтален [3] полет.



Фиг.2. Сензор за ъгъла на атака на Boeing 737 MAX [4]

II. ПРИЧИНИТЕ ЗА ПРОБЛЕМИТЕ СЪС СИСТЕМАТА ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА УСТОЙЧИВОСТТА И УПРАВЛЯЕМОСТТА

Приликите между полет 302 на авиокомпания Ethiopian Airlines и полет 610 на авиокомпания Lion Air са фокусирали вниманието върху система за подобряване на устойчивостта и управляемостта на полета, която се използва в новите самолети Boeing 737 Max 8. В система за подобряване на устойчивостта и управляемостта има автоматична функция за безопасност на Boeing 737 Max 8, предназначена да предотврати загубата на скорост в самолета или загуба на подемна сила. И при двете катастрофи, самолетите били оборудвани със съответната системата. И двата самолета са имали сходни нестабилни стръмни изкачвания и спускания при променливи въздушни скорости, преди да се разбият малко след излитането. Американската Федерална авиационна администрация (FFA) разглеждайки двете самолетни катастрофи подчертава, че е рано да се правят някакви заключения.

Според полетното записващо устройство пилотите на Ethiopian Airlines докладват, че са се опитвали да стабилизират самолета поради причината, че системата многократно накланяла носа на самолета надолу след излитането. В по-късни проучвания става ясно, че системата MCAS е проектирана да работи с двата сензора за ъгъла на атака, разположени от двете страни на носа на самолета, но в двата инцидента софтуера е отчитал данни само от един от двата датчика, при което при повреда в датчика системата поема контрол над полета не позволявайки намеса на пилота.

Системата влиза в режим на работа при който поема управлението на самолета за 10 секунди, симулирайки критичен ъгъл на атака със загуба на мощност и накланяйки носа на самолета надолу, след което се изключва за 5 секунди преди да се включи отново, не давайки почти никакво време за реакция на пилотите. [5]

Как MCAS (система за подобряване на устойчивостта и управляемостта) работи в 737 MAX



Фиг.3. Системата за подобряване на устойчивостта и управляемостта [1]

III. ОПТИМИЗИРАНЕ НА СИСТЕМАТА ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА УСТОЙЧИВОСТТА И УПРАВЛЯЕМОСТТА

Микропроцесорното тестване на системите на Max са интегрирани в инженерен полетен симулатор създаден за разработване на Max. През юни 2019, в специален Boeing симулатор създаден за инженерни прегледи и тестове, FAA пилоти изпълняват стрес тест сценарии – аварийно състояние идентифицирано чрез режим на отказ за анализ на последиците след грешката на MCAS, чрез специална програма изчисляваща ролята на микропроцесора в грешката: както е очаквано от симулацията, хоризонталния стабилизатор насочва носа на самолета надолу. Въпреки, че пилотът който е бил в симулатора успява да възстанови контрол над самолета, дълго обмислял какви мерки да предприеме за справяне

със системата пренебрегвайки пред полетния чеклист на Boeing, пилотите на двата фатални полета не са имали времето да направят същото имайки предвид прозореца от 5 секунди през който са имали контрол над самолета. Авиационната компанията Boeing определя това като голяма опасност за тяхната репутация, но Федералната авиационна администрация я определя като много тежка и катастрофална. Boeing заявява, че проблемът може да бъде отстранен софтуерно. Ключът към осигуряване на безопасно въвеждане на функцията на система за подобряване на устойчивостта и управляемостта в системата за управление на полета е да се прегледат условията, при активиране системата да се включва само веднъж и при намеса на пилота да се изключи, също така, системата вече да взема данни за ъгъла на атака от двата сензора разположени на носа на самолета и при повреда на един от двата сензора системата да бъде нефункционална. [2]

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Rogers G. Fall From The Sky: The Descent Of Boeing And The 737 MAX, 2020, ISBN-10 : 1913720144.
- [2] https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/B737_Max_Return_to_Service_Report.pdf
- [3] [https://www.skybrary.aero/index.php/Maneuvering_Characteristics_Augmentation_System_\(MCAS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Maneuvering_Characteristics_Augmentation_System_(MCAS))
- [4] <https://phys.org/news/2019-03-ethiopian-airlines-mcas-boeing-max.html>
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Maneuvering_Characteristics_Augmentation_System#Flight_computer_architecture

MANEUVERING CHARACTERISTICS AUGMENTATION SYSTEM

Ivaylo Trifonov
Dolna Mitropolia, Bulgaria
E-mail: iwcho9811@gmail.com

Snezhana Nikolova
Dolna Mitropolia, Bulgaria
E-mail: snej98_@abv.bg

Abstract: The Maneuvering Characteristics Augmentation System (MCAS) is an automated flight control developed by Boeing which became notorious for its role in the two fatal accidents of the 737 MAX when in 2018 and 2019, 338 people lose their lives. After the incidents the whole fleet of Boeing 737 MAX is grounded until the problem is identified and removed.

ОПРЕДЕЛЯНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ТИПА НЕВРОННА МРЕЖА ВЪРХУ ПРОГНОЗАТА ПРИ МОДЕЛИРАНЕ НА ГОЛЯМА ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ ОТ СТОЙНОСТИ

Кирил Копаранов
ТУ-София
ФКСТ, кат. ПКТ
София, България
E-mail: kirilko@tu-sofia.bg

Даниела Минковска
ТУ-София
ФКСТ, кат. ПКТ
София, България
E-mail: daniela@tu-sofia.bg

Красин Георгиев
ТУ-София
ФТ, кат. ВТ
София, България
E-mail: krasin@tu-sofia.bg

Людмила Стоянова
ТУ-София
ФКСТ, кат. ПКТ
София, България
E-mail: lstoyanova@tu-sofia.bg

Резюме: Качеството на прогнозирането на бъдещи стойности при времеви редове е ключово за тяхното масово и широко използване при управлението и автоматизацията на широк кръг процеси. Избрани са няколко типа невронни мрежи. Адаптирани са за нуждите на задачите, които им се поставят в областта на прогнозирането на борсови котировки и са оценени получените резултати по няколко критерия за да се избере кой от тези модели е по-подходящ.

Ключови думи: времеви ред, прогнозиране, невронни мрежи, машинно самообучение, архитектура

I. УВОД

Прогнозирането на времеви редове играе решаваща роля в редица области, вариращи от прогнозиране на времето и предвиждане на земетресения до приложения в икономиката и финансите [1]. Изкуствените невронни мрежи са универсални и изключително гъвкави апроксиматори на функции, използвани за първи път в областта на когнитивните науки и инженерството. Наблюдава се тенденция за увеличаване на приложението на невронните мрежи във финансите за задачи като разпознаване на модели, класификация и прогнозиране на времеви редове [2].

Съществена отличителна черта на приложението на изкуствените невронни мрежи е възможността им да прогнозира [3], а развитието на многослойните невронни мрежи до такава степен е силно застъпено и те имат толкова подчертано отчетливи добри резултати, че дори в областта на разпознаването на изображения вече се говори за съизмеримост и съпоставимост с човешките способности и показатели по отношение на надеждността, разграничаващата характеристика и устойчивостта на смущения и шумове [4].

Някои изследователи като Бонано и колектив [5] избират корелационен критерий приложен върху показателите на ценните книги за формиране на инвестиционни портфейли, а други насочват вниманието си в установяването на зависимости между компонентите на архитектурата и времето за генериране от модела на прецизна прогноза [6].

През последните години машинното самообучение с невронни мрежи започва да се използва все повече и при моделиране на финансови времеви редове. Например Барра и колектив [7] предлагат преобразуване на входящ ред в изображение и преобразуване през съвкупност от конволюционни невронни мрежи за подпомагане на потребителя целите при взимане на решения обслужващи търговската му стратегия за почасова времева скала.

Големият брой параметри, които трябва да бъдат избрани, за да се разработи модел за прогнозиране на невронна мрежа, означава, че процесът на проектиране все още включва много опити и грешки за установяването на ключовите фактори влияещи върху точността и прецизността на тяхната работа [8]. Целта на настоящата статия е да предостави допълнителни емпирични наблюдения за избирането на подходящия тип невронна мрежа обслужваща нуждите на прогнозирането.

II. ИЗПОЛЗВАНИ НЕВРОННИ МРЕЖИ – ИЗСЛЕДВАНИ АРХИТЕКТУРИ

При проектиране на модел се избира видът и броят на слоевете, тяхната свързаност, броят на невроните и др. В настоящото изследване за да се открият по-ясно особеностите на различните архитектури е използван сравнително малък брой слоеве и скрити неврони. Активационната функция за всички архитектури е ReLU. Изходът се състои от 365 елемента. Прогнозният хоризонт се определя от броя на елементите в изходния слой.

A. Многослоен персептрон или напълно свързана мрежа

Това е традиционен тип многослойна архитектура, която се състои от така наречените плътни или напълно свързани слоеве. При тях всеки елемент от предишния слой е свързан с всеки елемент от следващия слой. Основен недостатък на тази архитектура е трудното и обучение (определяне на тегловните коефициенти).

Ще използваме възможно най-простата напълно свързана невронна мрежа с един скрит слой. Броят на

възлите в този слой ще характеризира броят на скритите състояния. Фиксираме ги на 16 за всички архитектури. Броят на входните възли съответства на изходните данни, преобразувани в последователност от признаци и исторически стъпки. Тази архитектура ще означаваме накратко с “fc”

В. Проста конволюционна мрежа

Обичайното приложение на конволюционните мрежи е при обработка на изображения, при което се ползва конволюция с двумерни филтри. За нуждите на настоящото изследване манипулираме времевият ред директно чрез едномерни филтри без междинно преобразуване към изображение.

Използваме два конволюционни слоя. Дължините на филтрите в първият слой са избрани да са пет и три, съответно за първия и за втория слой. Броят на филтрите съответства на избрания брой скрити състояния - 16. След конволюционните слоеве са добавени усредняващ слой и линеен слой за постигане на необходимия брой прогнози. Ще се използва означението “cnn”.

С. Рекурентна мрежа с дълга краткосрочна памет.

При рекурентната мрежа освен входните данни към модела едновременно се подава и съхраненият във вътрешната памет изход-резултат от предходната стъпка. Позволява предаването на информация от голям брой последователни стъпки. Възниква като инструмент за анализ на текст.

Използваме еднослойна невронна мрежа с дълга краткосрочна памет с избрания брой скрити състояния – 16, последвана от линеен слой. Накратко я означаваме със стандартното съкращение “lstm”.

Д. ResNet базирана невронна мрежа (остатъчна).

Остатъчната невронна мрежа (ResNet) съдържа преки пътища, които позволяват да се прескочат някои слоеве [9]. Типичните модели ResNet са реализирани с пропускане на два или три слоя. Тази архитектура позволява ефективно обучение дори и при много дълбоки невронни мрежи. Биологичен аналог са пирамидалните клетки в мозъчната кора.

Съществува идеологическа връзка между методът за предотвратяване на преобучеността Dropout предложен от Сривастава и колектив в [10] и концепцията на ResNet създадена от Хе и колектив в [9]. Има изследователи, които използват ResNet като му възлагат класификационна задача за разпознаване на криви и фигури и така се опитват да генерират прогнозни стойности в сферата на търговията с валута [11].

За целите на изследването стандартна архитектура ResNet18 е модифицирана като двумерните конволюции са заменени с едномерни и е намален броят на филтрите. Размерите са адаптирани да съответстват на броя на признаците във входните данни и на избрания брой скрити състояния на входа на последния линеен слой.

III. ОПИСАНИЕ НА ЕКСПЕРИМЕНТА

За обучение на моделите използваме дневните котировки на акциите при отварянето на пазара и обема на търговията по дни на компанията “Боинг” за периода

02.01.1962 г. до 19.06.2019 г. . Източник на данните е Yahoo finance. Броят на записите е 14465.

Входните данни са мащабираны да заемат стойности между 0 и 1. Това е необходимо за улесняване обучението на модела. Всички последващи анализи се правят с мащабираните данни. Това не влияе на крайните заключения, защото не се изследват различни методи за предварителна обработка на входните данни.

За целите на пресмятанията двумерният времеви ред се преобразува в четиримерен. Данните са групирани в пакети от по 128 записа като всеки запис съдържа и избран брой предшестващи редове, т.нар. брой времеви лагове, които в това изследване са фиксирани на 20.

Прогнозираме цена на отваряне за следващите 365 дена, която е разположена в рамките на т.нар. прогнозен хоризонт. Прогнозираните стойности са оформени в съответните масиви.

За целите на оценката на резултатите данните са разделени на обучителен и тестови набор в отношение 80 : 20.

Всички изследвани архитектури невронни мрежи са конструирани с еднаква схема на последния слой, който е напълно свързан и линеен. Броят на скритите възли е фиксиран на 16. Чрез тази унификация се елиминира влиянието на сложността на линейния слой върху резултатите и се постига тяхната съпоставимост.

Оценката на качеството на резултатите се извършва по няколко критерия:

- Средно квадратична грешка на прогнозния спрямо реалния ред, посочена в (1)

$$mse_time = \frac{1}{N.T} \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T (p_{t,n} - \hat{p}_{t,n})^2, \quad (1)$$

Където $p_{t,n}$ и $\hat{p}_{t,n}$ са истинската и прогнозираната цена на елемент t от запис n, а T е прогнозния хоризонт и N е броят записи в разглеждания набор данни.

- Средна разлика между енергиите след преобразуване на Фурие, посочена в (2)

$$mean_freq = \frac{1}{N.T} \sum_{n=1}^N \sum_{t=2}^T (|P_{t,n}| - |\hat{P}_{t,n}|), \quad (2)$$

Където $P_{t,n}$ и $\hat{P}_{t,n}$ са получени чрез преобразувания на Фурие върху истинската и прогнозираната цена на запис n и първата стойност е отстранена, тъй като отразява пълната енергия на сигнала.

С този показател се оценява възможността на модела да следва колебанията на сигнала в целия честотен спектър.

- Средна разлика между сумата на всички прогнозирани и реални котировки, посочена в (3)

$$\text{mean_diff_sum} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (|P_{1,n}| - |\hat{P}_{1,n}|), \quad (3)$$

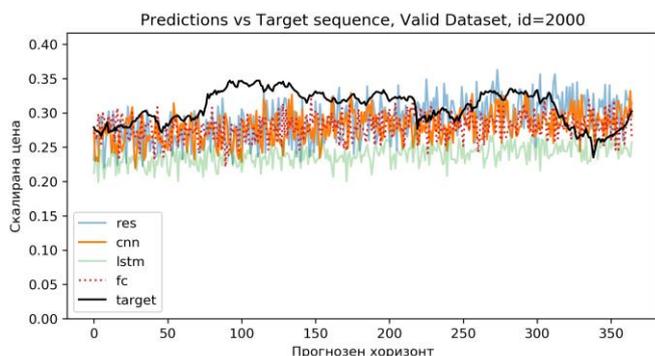
С този показател се оценява усреднената разлика между средните стойности на истинския и прогнозирувания ред.

Методиката за обучение на модела следва предложената от Хауърд и Ръдър в [12].

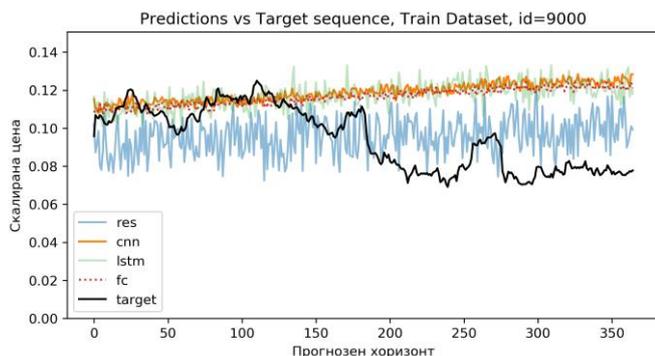
Изчисленията са извършени със софтуерни библиотеки и програмна среда: pytorch v1.7.1, fastai 2.3.1, Numpy v1.16.4, Python v.3.7 и Jupyter Notebook.

IV. РЕЗУЛТАТИ

Влиянието на типа невронна мрежа върху прогнозата при моделиране на голяма последователност от стойности се оценява числено и визуално. Използват се показателите дефинирани в т. III.



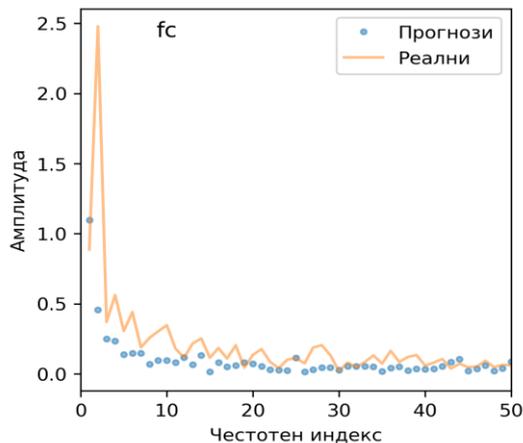
Фиг.1. Прогнозни редове за примерна точка от тестовия набор данни при различни модели



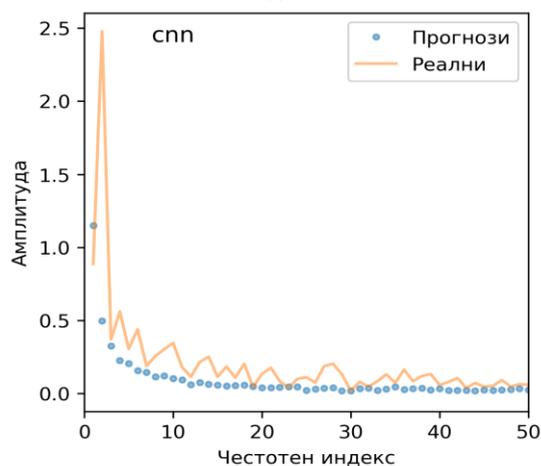
Фиг.2. Прогнозни редове за примерна точка от обучителния набор данни при различни модели

Съвпадението между прогнозния и истинския времеви редове е визуализирано на Фиг. 1 и Фиг. 2 за примерни прогнози реализирана с различни модели, съответно за тестовия и обучителен набор от данни. Прогнозните резултати се отличават съществено от реалните, което може да се очаква тъй като моделът не е обучен непосредствено преди прогнозирувания интервал. Не е направен опит за използване на разширяващ се или плъзгащ се времеви прозорец при обучението, тъй като постигането на точни прогнози е извън обхвата на настоящото изследване.

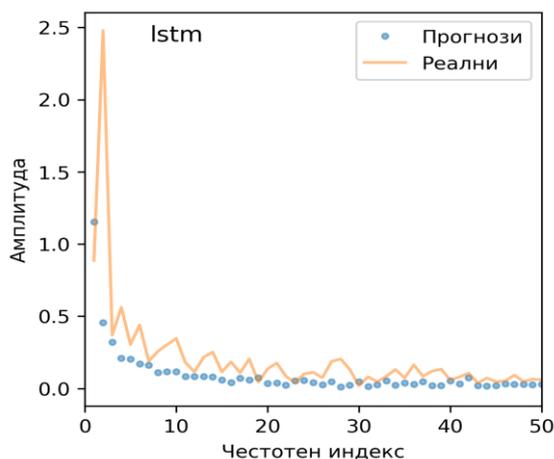
Става ясно, че при всички модели прогнозата се изменя приблизително линейно, като се наблюдава и високочестотен шум. Този аспект на прогнозата е изследван по-подробно, като е направено преобразование на Фурие на примерните редове. Честотния спектър е визуализиран на Фиг. 3. Вижда се, че нискочестотните колебания са потиснати. За сметка на това високочестотните колебания са подсилени (не е показано на графиките).



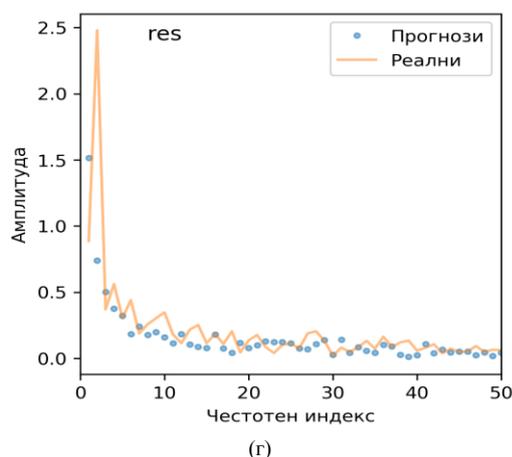
(а)



(б)



(в)


V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разгледани са четири типа невронни мрежи за нуждите на прогнозиране на дълги времеви редове. Показано е, че възможностите им за възпроизвеждане на различни качества на времевите редове не са еднакви. Нискочестотните колебания се демпфират в най-голяма степен от LSTM архитектурата и в най-малка степен от ResNet базираната. Всички архитектури вкарват високочестотен шум.

За в бъдеще може да се усъвършенстват показателите за качество на честотната форма на реда. Допълнителна работа е необходима за гарантиране на възпроизводимостта на резултатите. Предложените показатели може да бъдат приложени за оценка на по-сложни архитектури.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] V. Kuznetsov, and M. Mohri, "Theory and Algorithms for Forecasting Time Series," arXiv preprint arXiv:1803.05814, March 2018.
- [2] I. Kaastra, and M. Boyd, "Designing a neural network for forecasting financial and economic time series," *Neurocomputing* 10 (1996) pp. 215-236.
- [3] G. Zhang, B. E. Patuwo, and M. Y. Hu, "Forecasting with artificial neural networks: The state of the art," *International Journal of Forecasting* 14 (1998) pp. 35-62
- [4] R. Geirhos, C. R. M. Temme, J. Rauber, H. H. Schütt, M. Bethge, and F. A. Wichmann, "Generalisation in humans and deep neural networks," arXiv preprint arXiv:1808.08750, October 2020
- [5] G. Bonanno, G. Caldarelli, F. Lillo, S. Micciché, N. Vandewalle, and R. N. Mantegna, "Networks of equities in financial markets," *Eur. Phys. J. B* 38, pp. 363-371 (2004), DOI: 10.1140/epjb/e2004-00129-6
- [6] R. Schwartz-Ziv, and N. Tishby, "Opening the black box of Deep Neural Networks via Information," arXiv preprint arXiv:1703.00810, April 2017
- [7] S. Barra, S. M. Carta, A. Corriga, A. S. Podda, and D. R. Recuperero, "Deep learning and time series-to-image encoding for financial forecasting," *IEEE/CAA J. Autom. Sinica*, vol. 7, no. 3, pp. 683-692, May 2020, DOI: 10.1109/JAS.2020.1003132
- [8] S. Jastrzębski, Z. Kenton, D. Arpit, N. Ballas, A. Fischer, Y. Bengio, and A. Storkey, "Three Factors Influencing Minima in SGD," arXiv preprint arXiv:1711.04623, September 2018
- [9] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep Residual Learning for Image Recognition," arXiv preprint arXiv:1512.03385, December 2018
- [10] N. Srivastava, G. Hinton, A. Krizhevsky, I. Sutskever, and R. Salakhutdinov, "Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting," *Journal of Machine Learning Research* 15 (2014) pp. 1929-1958
- [11] Y. Zhao, and M. Khushi "Wavelet Denoised-ResNet CNN and LightGBM Method to Predict Forex Rate of Change," 2020 IEEE International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW), Sorrento, Italy, 11-17 November 2020, arXiv preprint arXiv:2102.04861v1, January 2021
- [12] J. Howard, and S.Ruder "Universal Language model fine-tuning for text classification," *Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Long Papers)*, pp. 328-339, Melbourne, Australia, July 15 - 20, 2018.

Фиг.3. Преобразувания на Фурие на прогнозните редове за примерна точка от тестовия набор данни при: (а) FC (б) CNN (в) LSTM (г) Res модели

Направените изводи се потвърждават от количествените оценки представени в Табл. 1 и Табл. 2. От първата колонка на Табл. 1 се вижда, че най-малка грешка във времевия домейн при обучение се получава от архитектурата с остатъчна невронна мрежа "res". При тази архитектура е най-малка и грешката в честотния домейн (втора колонка), като някои от ниските честоти са подсилени и превишават реалните.

Количествените характеристики на прогнозата с тестовия набор данни са дадени в Табл.2. Особеностите на честотните характеристики на различните мрежи се запазват, но предимството на остатъчната спрямо напълно свързаната мрежа изчезва.

ТАБЛИЦА 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРОГНОЗАТА ЗА ОБУЧИТЕЛНИЯ НАБОР ОТ ДАННИ ПРИ РАЗЛИЧНИ МОДЕЛИ

Модел	Характеристики		
	mse_time ^a	mean_freq ^b	mean_diff_sum ^c
fc	0.000206	0.0152	0.0348
cnn	0.000208	0.0210	-0.0103
lstm	0.000214	0.0157	-0.0567
res	0.000142	-0.0030	0.0355

^{a.} Средно квадратична грешка на прогнозния спрямо реалния ред

^{b.} Средна разлика между енергиите след преобразувания на Фурие

^{c.} Средна разлика между сумата на всички прогнозирани и реални котировки

ТАБЛИЦА 2 ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРОГНОЗАТА ЗА ТЕСТОВИЯ НАБОР ОТ ДАННИ ПРИ РАЗЛИЧНИ МОДЕЛИ

Модел	Характеристики		
	mse_time ^a	mean_freq ^b	mean_diff_sum ^c
fc	0.0115	0.0310	14.67
cnn	0.0137	0.0014	16.01
lstm	0.0226	0.0792	25.91
res	0.0118	-0.1490	13.58

^{a.} Средно квадратична грешка на прогнозния спрямо реалния ред

^{b.} Средна разлика между енергиите след преобразувания на Фурие

^{c.} Средна разлика между сумата на всички прогнозирани и реални котировки



DETERMINING THE INFLUENCE OF THE NEURAL NETWORK TYPE ON THE FORECAST WHEN MODELING A LARGE SEQUENCE OF VALUES

Kiril Koparanov

Department of Programming and Computer Technologies
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
E-mail: kirilko@tu-sofia.bg

Daniela Minkovska, PhD

Department of Programming and Computer Technologies
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
E-mail: daniela@tu-sofia.bg

Krasin Georgiev, PhD

Department of Aeronautics
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
E-mail: krasin@tu-sofia.bg

Lyudmilla Stoyanova, PhD

Department of Programming and Computer Technologies
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
E-mail: lstoyanova@tu-sofia.bg

Abstract: The quality of forecasting future values in time series is key to their comprehensive and widespread use in the management and automation of a wide range of processes. Several types of neural networks have been selected. They are adapted to the needs of the tasks assigned to them in the field of stock quote forecasting and the results are evaluated on several criteria to choose which of these models is more suitable.

ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ НА СИСТЕМАТА ЗА СТАБИЛИЗИРАНЕ

Мартин Симеонов
 ВВВУ“Георги Бенковски“
 Плевен, България
 E-mail: martigtobg@abv.bg

Иван Златев
 ВВВУ“Георги Бенковски“
 Ямбол, България
 E-mail: Shmeker45@abv.bg

Резюме: Стабилизиращата система представлява автоматизирана компютърна програма за осигуряване безопасността, сигурността и устойчивостта по време на полет вградена в самолета. [2]

Ключови думи: Опашка на самолет, хоризонтален стабилизатор, вертикален стабилизатор, елеватор, система за подобряване устойчивостта и управляемостта (MCAS).

I. УВОД

Целта на този доклад е запознаване със стабилизиращата система, която представлява автоматизирана компютърна програма за осигуряване безопасността, сигурността и устойчивостта по време на полет вградена в самолет Boeing 737 MAX. Тя е считана за второстепенна система за управление. Нейната роля е да поддържа зададен курс без намеса на пилота, също така предотвратява критичен ъгъл на атака и достигане до срив на самолета. Системата за стабилизиране изпълнява своята дейност чрез помощта на опашната част на самолета, но проблем точно в тази система е довел до две фатални катастрофи.

II. АНАЛИЗ И ФУНКЦИОНАЛНИ ЗАДАЧИ НА СИСТЕМАТА

A. Основни части на самолета, с които взаимодейства системата

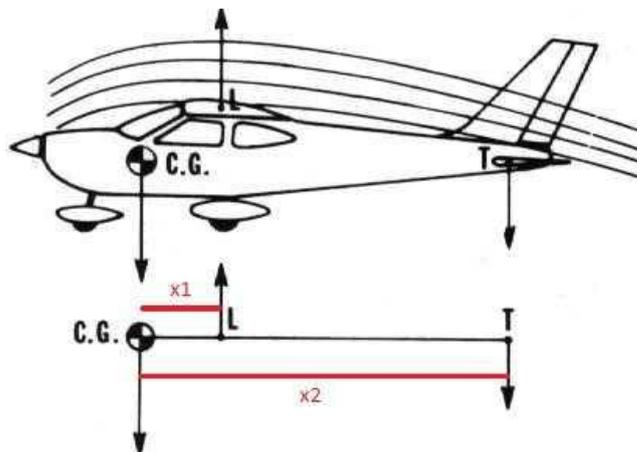
- Опашна част

Тя има две основни функции – баланс и управление. Крилото генерира подъемна сила. Аеродинамичния фокус обикновено е разположен зад центъра на тежестта (фиг.1). Създава се момент (на пикиране), който навежда носа на самолета надолу.

Хоризонталният стабилизатор се поставя с отрицателен ъгъл на атака. Така генерираната от него подъемна сила е насочена надолу (в обратна посока на подъемната сила на крилото). Разликата в разстоянията до масовия център на ЛА позволява по-малката по стойност сила от хоризонталният стабилизатор да балансира момента от много по-голямата подъемна сила на крилото [6].

На фиг.2 е показана опашка на пътнически самолет. Основните ѝ части са: вертикален и хоризонтален стабилизатор, кормило за направление и кормило за височина, в зависимост от конструкцията на опашката, там може да са разположени и двигателите на самолета.

Хоризонталният и вертикалният стабилизатор увеличават устойчивостта на ЛА съответно в надлъжно и странично движение.



Фиг.1. Надлъжна устойчивост на ЛА

Кормилото за височина се използва при управление на ЛА в надлъжния канал. Промяната на височината на полета става със съгласувано изменение на положението на кормилото за височина и тягата на двигателя.

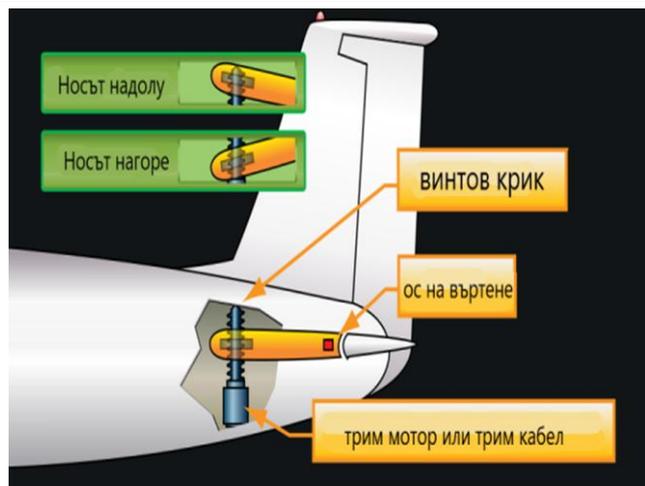
Кормилото за направление служи за демпфиране на колебанията в надлъжния канал. Промяната на посоката на полета (курса на ЛА) става с отклонение на елероните. [1].



Фиг.2. Самолетна опашка

B. Системата за подобряване на устойчивостта и управляемостта (MCAS)

Изработената от Boeing система за устойчивост и управляемост представлява софтуерен алгоритъм, който следи движенията на управляващия механизъм, контролиран от пилота, в движения на контролните повърхности на самолета.



Фиг.3

Тя служи за смекчаване на момента на самолета, поради аеродинамичния ефект на неговия по-голям, по-тежък и по-мощен CFM Двигател LEAP-1B (Фиг.4).

Заявената цел на MCAS, според Boeing, е да осигури постоянни характеристики на управлението на въздухоплателното средство при повишени ъгли на атака при определени необичайни полетни условия [2].



Фиг.4

С. Проблем на MCAS

MCAS се задейства при повишен ъгъл на атака. При полет, малко след излитане, MCAS задейства многократно хоризонталния стабилизатор с цел снижаване на самолета.

Конструктивните параметри на MCAS първоначално предвиждат автоматизирани коригиращи действия, които да се предприемат в случаи на висок ъгъл на атака и гравитационни-сили извън нормалните полетни условия. [4]

MCAS е подложен на строг контрол след фаталните катастрофи на Lion Air Flight 610 и Полет 302 на Ethiopian Airlines скоро след излитане. Глобалният флот на Boeing 737 MAX е бил заземен от всички авиокомпани и оператори, и бяха посочени редица функционални проблеми.

MCAS отклонява хоризонталния стабилизатор четири пъти повече, отколкото било посочено в първоначалния документ за анализ на безопасността.



Фиг.5

Поради размера ѝ системата се прилага към хоризонталния стабилизатор, аеродинамичните сили се противопоставят на усилията за управление на пилота, за да повдигнат носа. Докато дефектните показания на сензора за ъгъл на атака продължават, това поражда умора у пилота при опита за изтегляне на кормилото . [5]

D. Индикатор за визуален сензор на ъгъл на атака

Индикаторът за ъгъла на атака може да се използва за подпомагане при ненадеждни показания на въздушната скорост в резултат на блокирано пито или статични портове и може да предостави допълнителна информация за ситуацията и конфигурацията на полетния екипаж. (фиг.6), MCAS(фиг.7) [3]



Фиг.6



Фиг.7

III. КОМПЮТЪРЕН ИЗЛИШЪК

Към 2019 г е установено, че двата компютъра за управление на полета на Boeing 737 никога не са проверявали взаимно работата си. Тази липса на стабилност съществува от ранното прилагане и се запазва десетилетия. Актуализираната система за управление на полета използва и двата компютъра и сравнява техните резултати. Този превключвател към безотказен двуканален излишък на системата, като всеки компютър използва независим набор от сензори, е радикална промяна в архитектурата използвана на 737s след въвеждането на по-стария модел 737-300 през 1980-те.

Архитектурата на двата компютъра позволява превключване по време на полет, ако работещият компютър се провали. В ревизираната архитектура Boeing изисква двата компютъра да се наблюдават помежду си, така че всеки да може да провери другия [3].

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Boeing е стигнал до заключението, че пилотите могат да извършат процедура за изключване на двигателя, задвижващ стабилизатора, за да преодолеят движението надолу.

Сценарият също влияе при модел 737NG, въпреки че представлява по-малък риск, отколкото при MAX. На NG, преместването противodeйства на всеки неуправляван стабилизаторен вход, но тази функция се заобикаля на MAX, за да се избегне отричането на целта на MCAS.

Boeing показва също, че се съгласява с допълнителни изисквания, които FAA изисква да изпълни, и добавя, че работи за намаляване на риска за безопасността. MAX няма да бъде предложен за сертифициране, докато не бъдат изпълнени всички изисквания.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Federal Aviation Administration::Preliminary Summary of the FAA's Review of the Boeing 737 MAX737-MAX-RTS-Preliminary-Summary-v-1(PDF)
- [2] KOMITE NASIONAL KESELAMATAN TRANSPORTASI REPUBLIC OF INDONESIA 2018 - 035 - PK-LQP Final Report(PDF)
- [3] Aircraft Accident Investigation Report PT. Lion Mentari Airlines Boeing 737-8 (MAX); PK-LQP Tanjung Karawang, West Java Republic of Indonesia 29 October 2018
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_737_MAX
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Maneuvering_Characteristics_Augmentation_System
- [6] <https://aerohroniki.com>
- [7] [https://en.wikipedia.org/wiki/Stabilizer_\(aeronautics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Stabilizer_(aeronautics))

PURPOSE OF THE STABILIZATION SYSTEM

Martin Simeonov
Air Force Academy Georgi Benkovski
Pleven, Bulgaria
E-mail: martigtobg@abv.bg

Ivan Zlatev
Air Force Academy Georgi Benkovski
Jambol, Bulgaria
E-mail: Shmeker45@abv.bg

Abstract: The stabilization system is an automated computer program for ensuring safety, security and in-flight stability built into the aircraft. The role is to maintain a set course without the intervention of the pilot, also to prevent a critical angle of attack leading to the crash of the aircraft.

ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ДИГИТАЛИЗАЦИЯ НА ОБЕКТИ ОТ КУЛТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОТО НАСЛЕДСТВО С ПРИЛОЖЕНИЕ В ОБРАЗОВАНИЕТО В ПОМОЩ НА ХОРА С УВРЕДЕНО ЗРЕНИЕ

Денис Чикуртев
Институт по Информационни и
Комуникационни технологии
Българска Академия на Науките
София, България
E-mail: dchikurtev@gmail.com

Димитър Карастоянов
Институт по Информационни и
Комуникационни технологии
Българска Академия на Науките
София, България
E-mail: dimikara@abv.bg

Ава Чикуртева
Институт по Информационни и
Комуникационни технологии
Българска Академия на Науките
София, България
E-mail: avapaleva5@gmail.com

Резюме: в статията са представени технологии и устройства, които предоставят информация чрез допир. Предназначението на тези разработки е да предоставят различна информация в вид достъпен за хора с увредено зрение. Така тези хора ще имат подобрени условия и възможности за обучение, работа и достъп до информация. Представените технологии са графичен брайлов дисплей, графична тактилна плоча и метод за изграждане на графични 3Д модели. В статията е разгледано приложението на тези технологии в сферата на образованието.

Ключови думи: графичен брайлов дисплей, графична тактилна плоча, 3Д моделиране, обучение за незрящи

I. УВОД

През изминалата година дигиталните технологии навлязоха изключително в нашето ежедневие и го промениха из основи. На обикновения човек му се наложи да използва технологии не само за работа и обучение, а и за извършване на ежедневни дейности. Най-голяма трансформация към дигитализация претърпя образованието. В много от случаите образованието в дигитална среда се оказва недостъпно за хората с увредено зрение.

Само преди няколко десетилетия екраните имаха само терминали и малки настолни компютри. Комуникацията се осъществяваше чрез клавиатури и текстови операционни системи [1]. С напредването на информационните технологии се разработват по-модерни и удобни методи за взаимодействие между човек и компютър. Съвременните компютри, планшети и смартфони използват графични операционни системи, мишки и сензорен екран [2]. Други методи за взаимодействие с цифрови устройства са например разпознаване на жестове [3], графични потребителски интерфейси [4], електронни устройства като джойстици [5], виртуална реалност [6] и други.

Всички споменати по-горе методи са разработени за стандартни потребители, които не се нуждаят от специални устройства или модули. Но хората със зрителни увреждания нямат достъп чрез базирани на зрението методи за взаимодействие между човек и компютър и следователно нямат достъп до компютри, образование, научни познания и културно-историческо

наследство. Тези хора се нуждаят от специални устройства и инструменти за взаимодействие и работа с електронни устройства като планшети, смартфони, компютри и др.

Най-често срещаният метод за взаимодействие човек-компютър е гласовият интерфейс [7]. Но в обществена и шумна среда гласовите интерфейси не са достатъчно точни и удобни. За това трябва да бъдат проучени допълнителни и алтернативни методи, за да се осигурят различни възможности за избор на хората със зрителни увреждания. Разработени са специални бутони за хора с увредено зрение и са използвани брайлови символи. Тук представяме методите и инструментите, които сме разработили, за да осигурим този достъп за хора със зрителни увреждания (с намалено зрение или слепи) [8], [9]. Гласовия интерфейс няма възможността да предоставя информация за форми, цветове и изображения, като цяло. Възможност за предоставяне на такава информация е чрез тактилни устройства или модели, пресъздаващи формите.

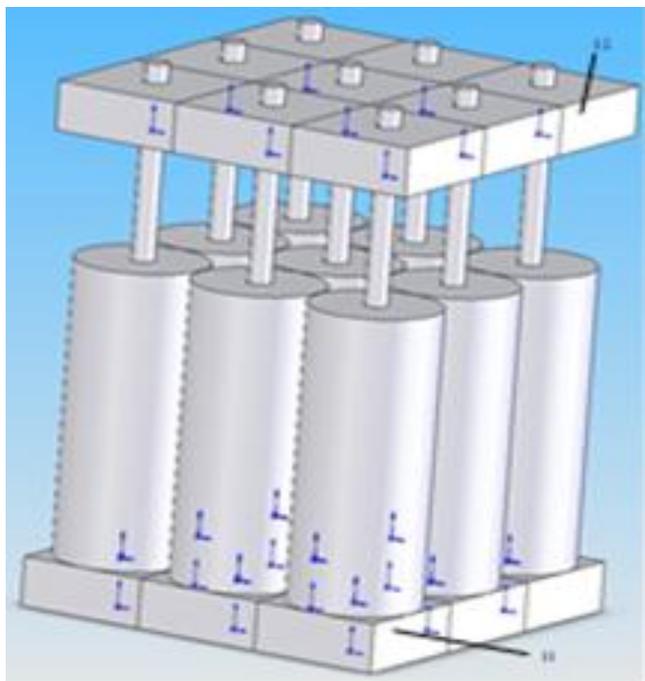
II. ГРАФИЧЕН БРАЙЛОВ ЕКРАН

Екипът разполага с прототип на брайлов екран / дисплей (фиг. 1), базиран на 5-те български патента. Тук представяме изследванията върху проектирането, оптимизирането и разработването на магнитно базиран линеен задвижващ механизъм (Фиг. 2), за да покажем предимствата на тези устройства, [10] - [11], [12].

A. Дизайн на брайловия екран

Брайловият дисплей представлява матрица, съставена от основа с фиксирани електромагнити. Те са разположени върху тях, включително външно цилиндрично магнитно ядро, в което навиващо се магнитно ядро, заключващо цилиндричното магнитно ядро от горната страна. Постава се навиваща магнитна сърцевина, заключваща цилиндричната магнитна сърцевина от долната страна. Магнитните ядра са с аксиални отвори. В пространството между намотките е поставено подвижно немагнитно цилиндрично тяло, носещо аксиално магнетизиран постоянен цилиндричен магнит и немагнитна игла. Иглата преминава аксиално през постоянния магнит и аксиалните отвори на магнитните сърцевини. От горната страна на постоянния магнит е разположен феромагнитен диск с аксиален

отвор. От долната му страна е разположен феромагнитен диск с аксиален отвор. Горният диск и горната магнитна сърцевина имат цилиндрични полюси, а долната магнитна сърцевина и долният диск имат конични полюси. Над електромагнитите е поставена решетка. Иглите минават през отворите.

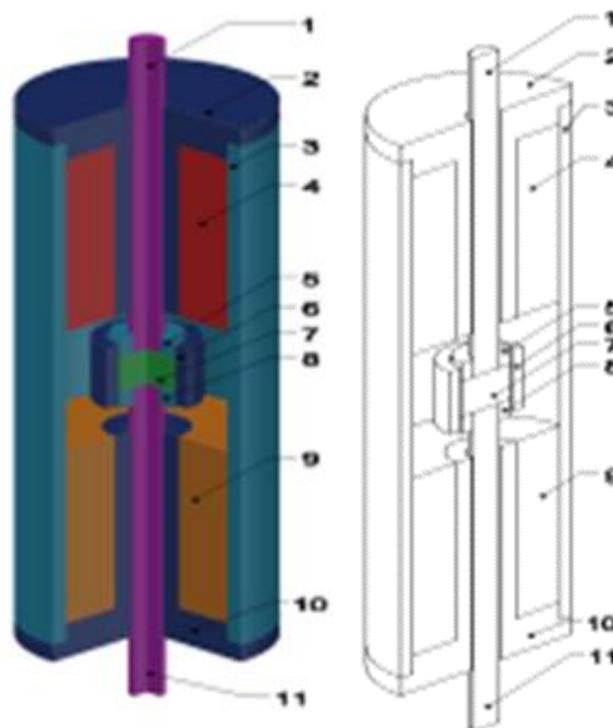


Фиг.1. Брайлова матрица на екрана

Основна геометрия на линейния електромагнитен задвижващ механизъм с постоянен магнит: 1 - Игла (вал); 2 - горна сърцевина; 3 - Външно ядро; 4 - Горна намотка; 5 - горен феромагнитен диск; 6 - немагнитна втулка; 7 - Постоянен магнит; 8 - Долен феромагнитен диск; 9 - Долна намотка; 10 - Долна сърцевина; 11 - Игла (вал).

В. Конструкция на задвижващия механизъм

Задвижването е линейно електромагнитно микро задвижване. Двигателят е постоянен магнит. Посоката му на намагнитване е по оста на ротационната симетрия. Горната и долната бобина са свързани последователно. Тази връзка се реализира така, че потокът, създаден от всеки от тях, да е в противоположни посоки в зоната на движещия се. По този начин, като изберете правилната полярност на захранването, движението на движителя ще бъде в желаната посока. Например, за да има движение на задвижващия механизъм в горната посока, горната намотка трябва да бъде подадена по начин, който създава магнитен поток на въздушната междина, който е в същата посока като този на потока, създаден от постоянния магнит. Долната намотка в този случай ще създаде магнитен поток, който е в обратна посока на магнитния поток, създаден от постоянния магнит. В този случай ще се наблюдава движение нагоре. За да има движение надолу, долната намотка трябва да се подава по такъв начин, че нейният поток да е в същата посока като потока от постоянния магнит. Тогава горната намотка ще създаде магнитен поток в обратна посока.



Фиг.2. Линейен електромагнитен задвижващ механизъм.

За да се фиксира движещата се част към брайловата точка, се използва немагнитна ос. Разгледани са и допълнителни конструктивни варианти на задвижващия механизъм, при които от двете страни - горната и долната - на подвижния постоянен магнит са поставени два малки феромагнитни диска. Този задвижващ механизъм също е енергийно ефективен, тъй като енергията се използва само за промяна на позицията на движещата се част от долната към горната и обратно. Не се използва енергия както в долното, така и в горното положение. В тези позиции двигателят се задържа неподвижно поради силата, осигурена от постоянния магнит (прилепва към сърцевината).

С. Изследване и оптимизация

Получават се характеристики на статичната сила за различни конструктивни параметри на задвижващия механизъм. Магнитното поле на конструктивния вариант на линейния задвижващ механизъм с два феромагнитни диска от двете страни на постоянния магнит се анализира с помощта на метода на крайните елементи, [13], [14]. Критерият за оптималност за оптимизация е минималната магнитна движеща сила на намотките. Факторите за оптимизация са геометрични параметри (височина на постоянния магнит, височина на феромагнитните дискове и височина на намотките). Оптимизацията се извършва при спазване на следните ограничения - зададени са минимална електромагнитна сила, действаща върху задвижващия механизъм, минимална стартова сила и общ външен диаметър на задвижващия механизъм. Минимизирането на магнитната движеща сила е в пряко съответствие с минимизирането на консумацията на енергия [15].

III. ГРАФИЧНИ ТАКТИЛНИ ПЛОЧИ

През 2015 г. екипът взе участие в изложбата „Павия. Битката. Бъдещето 1525-2015. Нищо отново не е същото“, сателитно събитие на ЕХРО 2015 Милано, Италия, [16]. Седем известни средновековни гоблени бяха показани като тактилни плочки пред широката публика, включително хора със зрителни увреждания, които могат да ги докоснат - Фиг. 3.



Фиг.3. Тактилна плочка в основата на гоблен.

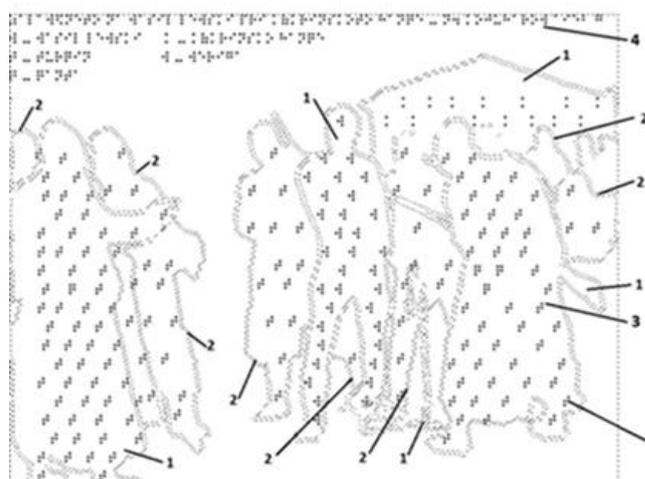
Всички тактилни плочки имат лента със заглавие и ключ на брайлово писмо, така че всеки сегмент от изображението, маркиран с брайлови символи, може да се чете и интерпретира. Посетителите можеха да движат пръстите си напред-назад, да проследяват контурите, съответстващи на брайлов клавиш, и да изследват плочите с цяла ръка.

Следващото изобретение се отнася до тактилна графична плочка за хора със зрителни увреждания, която ще намери приложение за представяне на обекти на културно-историческото наследство за потребители с увредено зрение, които чрез докосване могат да "видят" и да си представят съответната картина, икона, снимка, гоблен и други, [17], [18], [19] - фиг. 4а.

Тактилната графична плочка за хора със зрителни увреждания (фиг. 4. б) се състои от фигури (1), контури (2), брайлови символи (3) и брайлова анотация (4), съставена от полусферични изпъкнали навън пъпки (5), при които фигурите (1) са подредени на две нива върху плочката. Ниското ниво е повърхността на плочката, а високото ниво е на разстояние от повърхността на плочката. Фигурите на високо ниво (1) са плътни по цялата площ на съответната фигура (1), а фигурите на ниско ниво са очертани с контури (2). Височината на контурите (2) е равна на високото ниво. Две съседни фигури (1) върху плочката са на различни нива, като се редуват „твърда фигура с висока плътност (1)“ с „фигура с ниско ниво (1), очертана с контури (2)“, а също и вътре в зоната на всяка фигура (1) поставя се брайлов символ (3), представляващ първата буква от името на фигурата (1). В единия край на плочката се поставя пълна брайлова анотация (4) върху семантичния контекст на графичните изображения, показани на плочката. Височината на брайловите символи (3), представляващи изпъкналите пъпки (5), е равна на височината на високото ниво и контурите (2).



а) Картината с произход „Залавянето на Васил Левски“



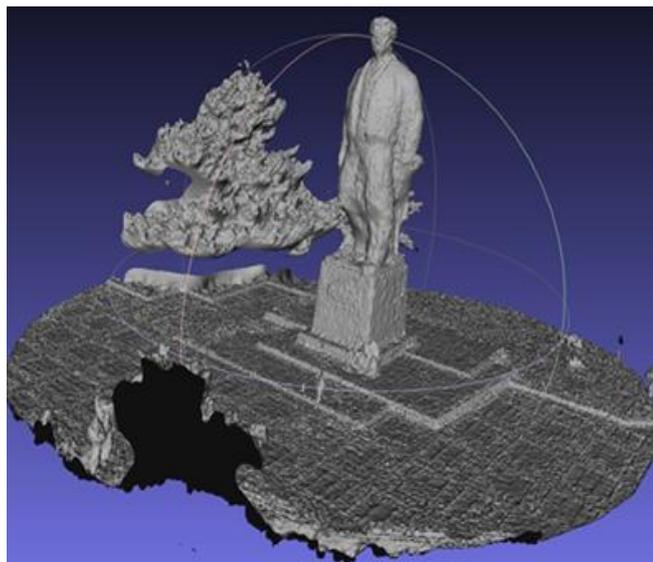
б) Тактилни елементи от плочки

Фиг.4. Тактилна графична плочка.

Предимството на тактилната графична плочка за хора с увредено зрение е, че тя може да представлява освен символи (букви и цифри) и графична информация - фигури и изображения. Друго предимство е, че той може да представи всеки статичен плосък обект на културно-историческото наследство - картина, икона, снимка, гоблен и др., Така че да може да бъде "видян" и възприет от потребител с увредено зрение чрез докосване на фигури с пръсти.

IV. 3D СКАНИРАНЕ И МОДЕЛИРАНЕ

Също така планираме да използваме дрон за създаване на 3D модели на големи културни и исторически обекти - паметници, сгради и др. Отпечатани малки 3D модели на обекти могат да служат за представяне на оригиналите, включително ако обектите са скъпи и уникални или като образователно съдържание, могат да бъдат докоснати или дадени като сувенири на децата - Фиг. 5.



Фиг.5. 10-метров паметник на Васил Левски.

3D моделите на различни обекти могат да дадат ясна представа на хората със зрителни увреждания за това какво всъщност представляват реалните обекти. Процесът на създаване на триизмерни обекти се реализира на два етапа: създаване на цифров модел на обекта и трансформиране на цифровия модел в реален. В нашия случай разглеждаме създаването на цифров модел чрез някои методи и превръщането му в реален модел чрез 3D принтер.

Съществуват различни методи за създаване на триизмерни цифрови обекти. Определяме дървесни методи по типа на използваните техники и технологии. Методите са:

- Ръчно моделиране на обекти в софтуерна среда, от скици или чертеж. Обикновено се използват CAD / CAM продукти;
- Създаване на обект чрез сканиране с лазерен скенер или дълбочинна камера и обработка на обекта с помощта на софтуерни приложения;
- Реконструкция на модел чрез обработка на цифрови изображения.

Основен проблем при всички методи за цифрово моделиране е, че трябва да се използва мощен хардуер. И тъй като крайната цел е да се сканират обекти с дрон, ще бъде трудно да се използва мощен хардуер, за да се постави върху него. Следователно трябва да изберем подходящия метод и хардуер, които да успеят в задачата за сканиране на обект.

За да постигнем тази цел, ние се фокусираме върху метода за сканиране на обект с помощта на сензор. Причината да изберем този метод е, че обикновено трябва да моделираме нестандартни обекти, за които няма чертежи или съществуващи модели. Избраният метод се състои от няколко стъпки за създаване на готов за печат модел. Необходимите стъпки са:

- Първата стъпка е да сканирате обекта със сензор за дълбочина и данните за сканиране се записват в този формат "горба".

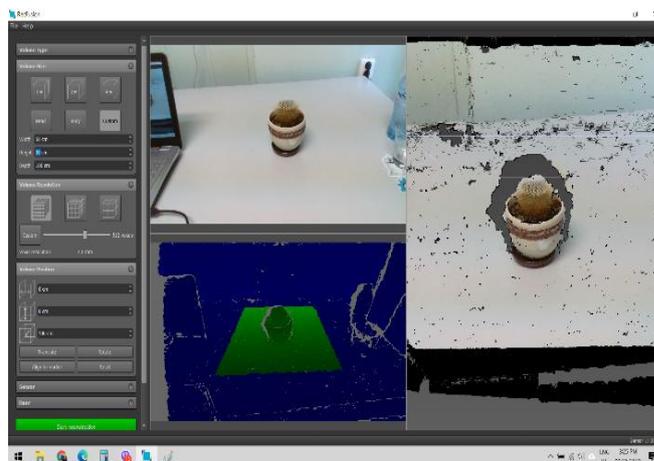
- Втората стъпка е да трансформираме данните от чантата в триизмерен модел.
- Третата стъпка е обработката на готовия модел със софтуер, за да се проектира обектът за печат.

Този метод може да бъде реализиран чрез използване на вградена система в дрона, на която да се записват данните от сензора. След това данните ще бъдат обработени от мощен компютър, за да се създаде модел на обекта.

За първоначални експерименти ще тестваме способността на камерата Intel RealSense да сканира малки обекти, използвайки метода за ръчно сканиране. Това ще ни даде представа за специфичните характеристики на сканирането на обекти с дълбочинна камера.

Съществуват редица готови приложения за 3D сканиране, които като изходен продукт дават модел в удобен формат (мрежа) за редактиране или позволяват експортирането на модела в предпочитан формат (STL, OBJ, DAE и др.). Това приложение обработва данните от сензора в реално време, което изисква използването на компютър с мощен видео контролер. Тъй като правим ръчно сканиране, в този случай това не е проблем.

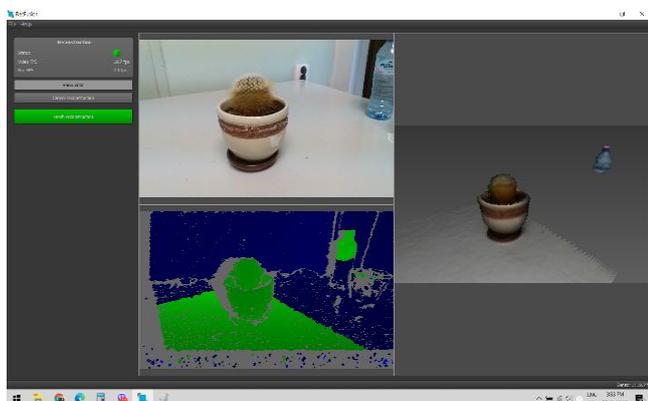
Използвали сме приложението RecFusion, [20], RealSense D435i, [21] и лаптоп с NVidia GTX 850M. Процесът на сканиране е фокусиран върху създаването на модел на малка саксия. На фигура 6 е илюстрирана първоначалната подготовка за сканиране. Приложението предоставя много опции за настройка на правилната настройка според сканирания обект. Горният ляв прозорец предава RGB видеото на камерата, долният ляв прозорец предава дълбочината на видеокамерата, а десният прозорец излъчва бъдещия резултат от процеса на сканиране. Най-важното при първоначалната подготовка е да се зададат най-добрите параметри за размерите на сканираната област и обхвата на дълбочината. В долния ляв прозорец областта за сканиране е оцветена в зелено. Това осигурява по-добър процес на сканиране и по-добри резултати.



Фиг.6. Първоначална подготовка за сканиране.

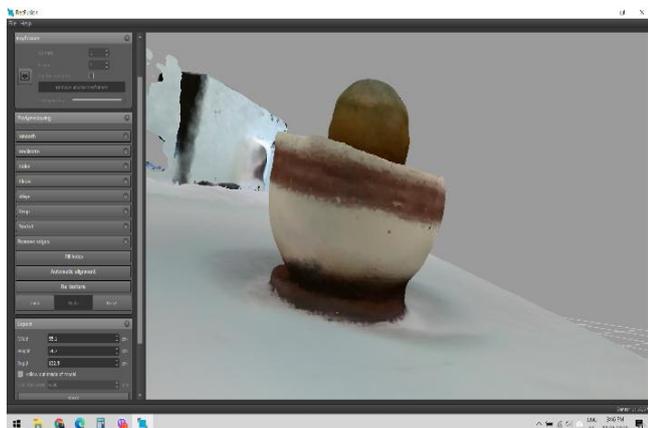
Следващата стъпка е да започнете процеса на сканиране. На фигура 7 е илюстриран процесът на

сканиране. Когато процесът е стартиран, десният прозорец предава видеоклипа на сканираното изображение. Процесът трябва да се извършва бавно според производителността на видео контролера. Приложението осигурява FPS за сензора, видеото и записите. Когато имаме ясен и добре изглеждащ обект, можем да завършим процеса. Обикновено беше необходим един пълен цикъл около обекта.



Фиг.7. Процес на сканиране в реално време

Когато реконструкцията приключи, приложението изчислява данните и създава мрежов модел на обекта. Този модел може да бъде обработен с помощта на някои допълнителни функции като гладка, десетична, цветна, изчистена и други. Има и други функции за автоматизирана обработка, като запълване на отвори, подравняване и преструктуриране (фиг. 8).



Фиг.8. Резултатът от реконструкцията в мрежов формат.

Ако моделът е достатъчно добър, накрая можем да го експортираме в друг формат, подходящ за бъдеща обработка на за 3D печат.

Формата на реконструирания модел е доста близка до тази на реалния, въпреки че сканираме доста малък обект (14 см висок, 10 см широк). Подробностите не са много ясни, но все пак се забелязва наличието на леки нередности. Това до голяма степен се дължи на ниския FPS. За да постигнете по-добри детайли, трябва да сканирате много бавно при ниски FPS или да използвате по-мощен хардуер.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хората със зрителни увреждания са голяма група граждани, на които досега е отказан достъп въз основа на визуална комуникация. Гласовите асистенти се използват като средство за възприятие. По-висока тактилна чувствителност се използва чрез брайлови книги. Досега динамичното тактилно възприятие е било достъпно само чрез брайлови терминали за брайлови символи - букви и цифри. Тук представяме три нововъведения - екран, плочки и 3Д модели, помагачи на хората с увредено зрение да имат достъп до компютри, знания, образование и култура.

БЛАГОДАРНОСТИ

Докладът е подкрепен от безвъзмездната помощ на BG NSF DN 17 / 21-2017.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Caraban, Ana, Evangelos Karapanos, Daniel Gonçalves, and Pedro Campos. "23 ways to nudge: A review of technology-mediated nudging in human-computer interaction." In Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1-15. 2019.
- [2] Shneiderman, Ben, Catherine Plaisant, Maxine Cohen, Steven Jacobs, Niklas Elmqvist, and Nicholas Diakopoulos. Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction. Pearson, 2016.
- [3] Vuletic, Tijana, Alex Duffy, Laura Hay, Chris McTeague, Gerard Campbell, and Madeleine Grealy. "Systematic literature review of hand gestures used in human computer interaction interfaces." International Journal of Human-Computer Studies 129 (2019): 74-94.
- [4] Oulasvirta, Antti, Niraj Ramesh Dayama, Morteza Shiripour, Maximilian John, and Andreas Karrenbauer. "Combinatorial optimization of graphical user interface designs." Proceedings of the IEEE 108, no. 3 (2020): 434-464.
- [5] Mahmud, Saifuddin, Xiangxu Lin, and Jong-Hoon Kim. "Interface for Human Machine Interaction for assistant devices: a review." In 2020 10th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), pp. 0768-0773. IEEE, 2020.
- [6] Zhang, FengJun, GuoZhong Dai, and Xiaolan PENG. "A survey on human-computer interaction in virtual reality." Scientia Sinica Informationis 46, no. 12 (2016): 1711-1736.
- [7] Porcheron, Martin, Joel E. Fischer, Stuart Reeves, and Sarah Sharples. "Voice interfaces in everyday life." In proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems, pp. 1-12. 2018.
- [8] Karastoyanov, D., Control of robots and other mechatronic systems, 2010, Academy Publishing House, Sofia, Bulgaria, (in Bulgarian), ISBN 987-954-322-415-9
- [9] Kantoni V., Karastoyanov D., Mosconi M., Setti A., CVML and SMART LAB at the Exhibition (Pavia. The Battle. The Future – 1525-2015, Nothing was the same again), Pavia University Press, 2016, Pavia, Italy, (in English and Italian), ISBN: 978-88-6952-035-8 (book), ISBN: 978-88-6952-036-5 (e-book)
- [10] Karastoyanov D., Braille screen, Bulgarian Patent No 66520, (2016).
- [11] Karastoyanov D., Yatchev Y., Hinov K., Balabozov I., Braille Display, Bulgarian Patent No 66734, (2018)
- [12] Gyoshev, S., Karastoyanov, D., Stoimenov, N., Cantoni, V., Lombardi, L., Setti, A. Exploiting a graphical braille display for art masterpieces (2018) Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 10897 LNCS, pp. 237-245. DOI: 10.1007/978-3-319-94274-2_33,
- [13] Karastoyanov D., and VI. Kotev. Electromagnetic Microdrives for Braille Screen: Control and Circuit Testing, Intern. Journal of Materials Science and Engineering, vol. 3, (1), March 2015, pp: 1-6, ISSN 2315-4527, doi: 10.12720/ijmse.3.1.1-6.

- [14] Karastoyanov D., L. Doukovska, V. Atanassova, Electromagnetic Linear Micro Drives for Braille Screen: Characteristics, Control and Optimization, Proc. of the Third International Conference on Telecommunications and Remote Sensing – ICTRS'14, 26-27 June 2014, Luxembourg, Grand Duchy of Luxembourg, ISBN 978-989-758-033-8, pp. 88-93, 2014.
- [15] Karastoyanov, D. Hybrid electromagnetic systems for energy efficiency of electrical systems (2018) AIP Conference Proceedings, 2022, art. no. 020016, DOI: 10.1063/1.5060696
- [16] Kantoni V., Karastoyanov D., Mosconi M., Setti A., CVML and SMART LAB at the Exhibition (Pavia. The Battle. The Future – 1525-2015, Nothing was the same again), Pavia University Press, 2016, Pavia, Italy, (in English and Italian), ISBN: 978-88-6952-035-8 (book), ISBN: 978-88-6952-036-5 (e-book)
- [17] Gyoshev S., Popov B., Karastanev St.. ICT for 3D modeling and 3D tactile visualization of sites of cultural and historical heritage. Conference proceedings, 70, Croatian society for mechanical technologies, Croatia, 2018, ISSN:1847-7917, 53-56
- [18] Karastoyanov D., Stoimenov N., Gyoshev S., Tactile graphical tile for visual impaired people., Bulgarian patent application No 112716, (2018)
- [19] Cantoni, V., Lombardi, L., Setti, A., Gyoshev, S., Karastoyanov, D., Stoimenov, N. Art masterpieces accessibility for blind and visually impaired people (2018) Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 10897 LNCS, pp. 267-274. DOI: 10.1007/978-3-319-94274-2_37
- [20] RecFusion application: <https://www.recfusion.net/index.php/en/>
- [21] Intel RealSense camera: <https://www.intelrealsense.com/depth-camera-d435i/>

INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR DIGITALIZATION OF CULTURAL AND HISTORICAL HERITAGE SITES WITH APPLICATION IN EDUCATION TO HELP THE VISUALLY IMPAIRED

Denis Chikurtev
Institute of Information and
Communication Technologies
Bulgarian Academy of Science
Sofia, Bulgaria
E-mail: dchikurtev@gmail.com

Dimitar Karastoyanov
Institute of Information and
Communication Technologies
Bulgarian Academy of Science
Sofia, Bulgaria
E-mail: dimikara@abv.bg

Ava Chikurteva
Institute of Information and
Communication Technologies
Bulgarian Academy of Science
Sofia, Bulgaria
E-mail: avapaleva5@gmail.com

Abstract: The article presents technologies and devices that provide information by touch. The purpose of these developments is to provide various information in a form accessible to the visually impaired. Thus, these people will have improved conditions and opportunities for training, work and access to information. The presented technologies are graphic braille display, graphic tactile plate and method for building graphic 3D models. The article discusses the application of these technologies in the field of education.

A MECHATRONIC DEVICE FOR AN ESTIMATION OF BIOLOGICAL PROPERTIES OF TISSUES. APPLICATION IN LAPAROSCOPIC SURGERY.

Veronika Ivanova

Robotized and Mechatronics Intelligent Systems)
Institute of Robotics, Bulgaria Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: iwanowa.w@abv.bg

Ani Boneva

Communication Systems and Services
Institute of Information and Communication Technologies –
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: ani.boneva@iict.bas.bg

Abstract: In this article is presented a device for macro- and micro-stimulation in an analysis and control of biological properties of the tissue structure. In laparoscopic surgery, it is very important to provide adequate tool –tissue force information to the surgeon. This information has to be received in real-time and synchronously with the control of the movements of the devices and it has to be the basis for the acceptance of different solutions by the control device. The macro- and micro-stimulation method presented in the paper is applied for diagnosis and detects changes in the tissue structure. It allows the real-time monitoring of the relaxation time parameter, which gives information about the structure and mechanical properties of the biological tissue. The use of macro-stimulations to control not only mechanical but also other physical processes will create opportunities for the realization of new technical solutions.

Keywords: *Laparoscopic surgery, surgical robots, tool –tissue force interactions*

I. INTRODUCTION

In laparoscopic surgery, it is very important to provide adequate tool –tissue force information to the surgeon because of the tissues have a complex and heterogeneous structure. The study of tissue properties allows the detection of deviations in a given area, which is usually an indication of the presence of diseases. The requirement for fast and operative determination of the presence of an anomaly in the tissue structure requires the development of simplified direct methods for search and analysis, without the need for complex processing of the measurement results.

Most biological tissues are composite materials (include materials with different structures) with inhomogeneous and anisotropic properties, which can vary from point to point, and the force response may differ in different directions.

Tissues are viscoelastic in nature - they have both elasticity characteristic of solids and viscosity characteristic of liquids. To describe the local properties of the tissues, mechanical analogies with structures including elastic and viscosity elements are used. Three main mechanical models of biological tissue are known: the Kelvin – Voight Model, the Maxwell Model, and the Standard Model [1].

These models describe the local properties of the tissues - at the point of contact of the deforming effect with the tissue. That is, it is assumed that at this point an equivalent of a specific pattern is created that corresponds to the

applied effect, analogous to the tissue. In the study of such models, problems arise with the calculation of the value of ϵ (Strain), as the value of L (determining the ratio of the change in the length of the object after force to the length before its appearance) is not known, and it may be different at different contact points. The same applies to the measurement of σ (Stress)-it depends on the direction of the deforming force.

In the study of such models, problems arise with the calculation of the value of ϵ , as the value of L is not known, and it may be different at different contact points. The same applies to the measurement of σ - it depends on the direction of the deforming force [2].

Although there are instruments that allow the measurement of these two quantities with a certain accuracy, other methods for studying the properties of biological tissues have been adopted in modern medical robots. The most famous of these are based on the use of video surveillance (endoscopes), ultrasound (video zone) and ultra-high frequency (microwave) scanning. However, their use leads to a significant increase in cost due to the need to maintain a complex infrastructure for the relevant information channels. There are also difficulties associated with the synchronization of measurements with the movements of the medical robot. There is almost always a need for additional trocars and appropriate incisions in the tissues. The trocar is a tubular structure in which the laparoscopic instrument is housed and moved. After the minimal incision, it is fixed in the patient's body and the instrument is positioned towards it, which performs its movements in it.

In this paper, it is described our efforts to solve the problem associated with inverse tissues characterizations in laparoscopic surgery. A device is considered and a method is proposed to estimate the biological properties of the tissues.

This method has some advantages over the known direct ways for biological microstructure characterization. Among the more important of them are: *i*) the analysis is made on the basis of a micro-parameter τ (which determines the type of viscoelastic environment). This parameter is measured by means of macro-screening – Force and Time individually for each macro stimulus. There is no need to measure deformation and strain, which are often difficult to

determine; *ii*) τ is the result from direct force measurements, which integrate the micro responses at every contact point for the given macro stimulus. In this context, the parameter filters the noise and reports the average relaxation time; *iii*) this method is useful for real-time diagnostics and force-feedback interacting in surgical robotics. It is possible to scan accurately the change of τ and locate precisely the areas where the parameter makes sharp changes in its value.[3]

II. ARCHITECTURE OF THE DEVICE FOR AN ESTIMATION OF BIOLOGICAL PROPERTIES OF TISSUES. INCLUDES TWO MAJOR PARTS

Architecture of the device for an estimation of biological properties of tissues includes two major parts: –i) an electromechanical platform for linear movements of a mechatronic device and ii) Modules (end-effectors) designed for diagnostic operations

A. Electromechanical platform(Heading 2)

Electromechanical platform for realization of linear movement of the device, with built-in tactile sensors for sensing the force interaction tool-tissue. It includes a bipolar hybrid linear actuator sm0, an incremental encoder en0 coupled to it, a slider consisting of two modules:

- an external part, including a cylindrical socket with a vertical pin (designed to transmit pressure to the sensors and connect the two bodies), used to couple the second module;
- inside module, where are incorporated two tactile sensors for force measuring. The second module ends with a cylindrical hole, with an internal thread, used for mounting various end-effectors of the device. On the Fig 1 is shown a mechatronic device for an estimation properties of tissues

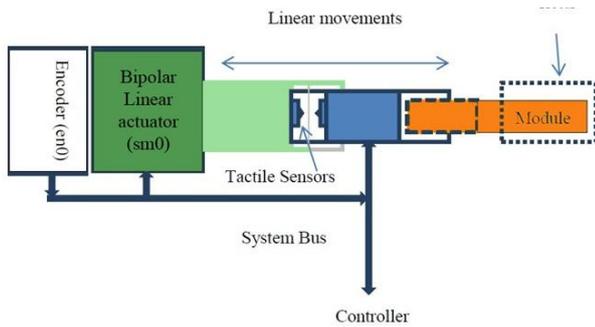


Fig. 1. A Mechatronic Device for an estimation properties of tissues

The device is described in detail in previous publications [4, 5]

B. Modules (end-effectors) designed for diagnostic operations

They are used for comparative evaluation of the current measurements of the forces of interaction between the instruments and the tissues subjected to periodic force effects by the main linear actuator (m0). These modules have different contact surface profiles and are mounted to the electromechanical platform by means of a screw thread in

their front part. On the Fig.2 are shown modules (end-effectors) designed for diagnostic operations.

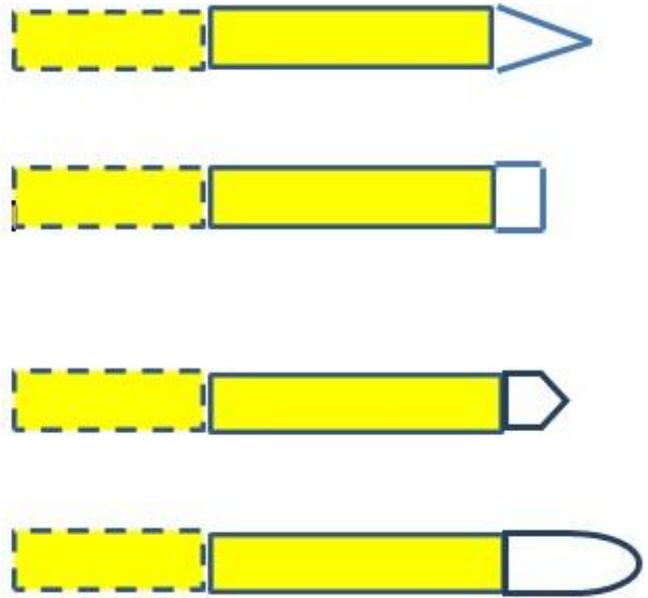


Fig. 2. Modules (end-effectors) designed for diagnostic operations

III. BIOPHYSICAL MODEL OF BIOLOGICAL TISSUES.

Maxwell's model is known, which consists of series-connected elastic and viscous elements:

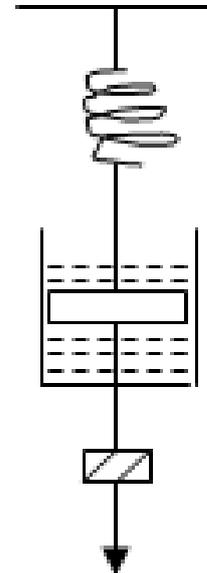


Fig. 3. Maxwell's model of biological tissue.

This model, representing in the selection of the parameters (of the elastic and viscous elements) the mechanical properties of the tissues, it will accept as a "virtual cylinder" or simply a "cylinder". The tissues can be considered as consisting of a set of virtual cylinders, each of which implements a Maxwell model [6, 7]. The mechanical pressure on a tissue at a given point and its subsequent reaction can be reduced to an action on the elastic element of a virtual cylinder starting from this point and oriented in a

direction orthogonal to the tangential plane at the point of impact. As a result of the impact, a local micro-displacement occurs in the tissue and its projection in the direction of the axis of the cylinder forms a change in its effective length. As a result of the change, in accordance with Hooke's law, a counteraction is formed, directed along the same orthogonal, in the direction opposite to the micro-displacement:

$$p = - E\delta, \tag{1}$$

- Where p is the pressure, which is a reaction of the micro-displacement in the given cylinder, applied to a unit area;
- δ is the relative deviation (from the equilibrium position) in the length of the cylinder, as a result of the implementation of the given micro-displacement;
- E is Young's modulus (modulus of elasticity), that is constant and depends on the substance in the cylinder.

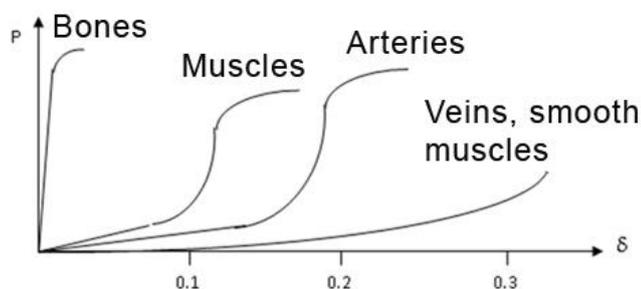


Fig. 4. Dependence of pressure p on the relative deviation δ for different tissues.

On the Fig 4 may see dependence of pressure p on the relative deviation δ for different tissues.

The combination of micro-displacement at a given point of the tissue, the formation of a counter-pressure in the cylinder corresponding to the point and a counter-force directed along its axis will be called a micro-stimulus at a given point. The sum of the counter powers at all contact points forms the tissue reaction

IV. METHODOLOGY OF MEASUREMENTS BASED ON THE USE OF MICRO-STIMULUS AND MACRO-STIMULUS

A. Micro-stimulus and Macro-stimulus.

The method of micro-stimulus is applied in the analysis of the structure of objects of different types. It is reduced to the generation of micro-stimulus - short-term effects with limited intensity, applied to the studied structure and measurement of physical parameters after cessation of effects (in Mode „Hold,“). The mechanism of micro-stimulation is the basis of the operation of the laparoscopic diagnostic tool. The role of the micro-stimulator is performed by the micro-step motor (to the linear actuator), which works with a continuously enabled driver. It implements a micro-step, which forms a translation (along the axis of the linear actuator) of the end-effectors, through them creating contacts with points of the tissue and the formation of micro-stimulus at these points. The projection of the total counterweight on the axis of the linear actuator

forms a force directed against the direction of movement of the motor. After performing each micro-step, the motor enters a holding mode when it balances the external impact, generating electromechanical force. At this point, the values of the respective built-in force sensors are measured. The totality of the performance of a micro-step by the engine, followed by a mode of holding and measuring the applied forces is called a "macro-stimulus". Each macro-stimulus generates a group of micro-stimulus at the points of contact of the end-effectors with the tissue. Time diagram of a macro stimulus may see on Fig 5

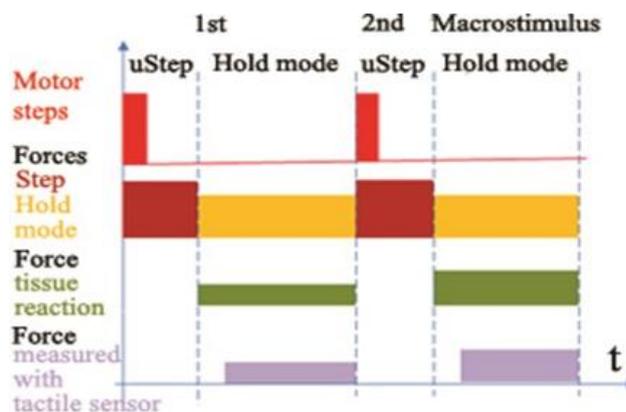


Fig. 5. Time diagram of a macro stimulus.

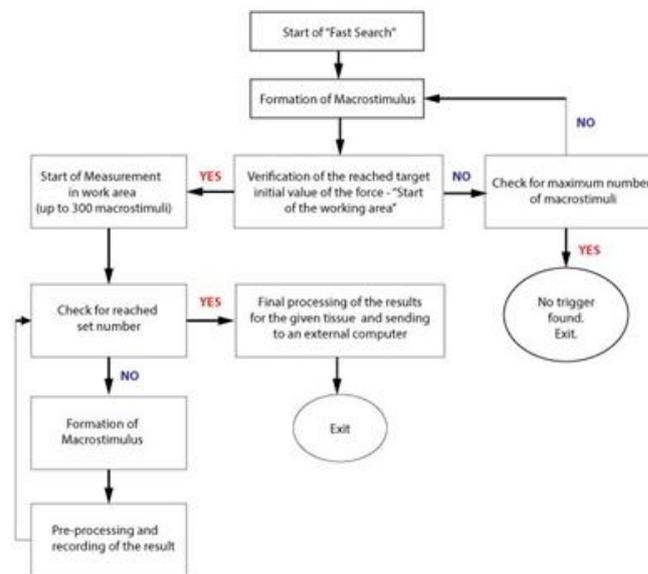


Fig. 6. Block diagram of the operation of the system in measuring the forces of tissue response resulting from the implementation of macro-impulse.

Block diagram of the operation of the system in measuring the forces of tissue response resulting from the implementation of macro-impulse can be seen on Fig.6.

B. Features in the search for areas with abnormal formations in tissue structures.

The hypothesis is that these anomalies are indicators of the presence of tumors. The task of the diagnostic procedure is their detection and fixation in the course of the movement of the end-effectors in the direction determined by the trocar. In the present work, an indirect approach to the study of

tissue structure is chosen, which is based on the use of mechanical macro-stimulus for measurement and subsequent comparative analysis of measured data with a class of reference models taken under the same initial conditions and save in a special database

The measurements of the forces generated by the tissue reaction of a given micro-stimulus significantly depend on the profile of the end effector used. Among the four end-effector profiles described, the first two are the most suitable for studying the biomechanical properties of tissues. They have axial symmetry and provide an opportunity for good diagnosis. These end-effectors will be used in the experiments illustrating the operation of the system presented in the last section.

C. Cone-shaped end-effector.

The end-effector is designed as a straight circular cone, with a height H and an angle between the height and the cone forming α . The axis of the cone coincides with the axis of the Linear Actuator. On Fig. 7 is shown a cone-shaped end effector.



Fig. 7. A cone-shaped end-effector

A Contact point of the cone surface with the tissue is shown on Fig.8.

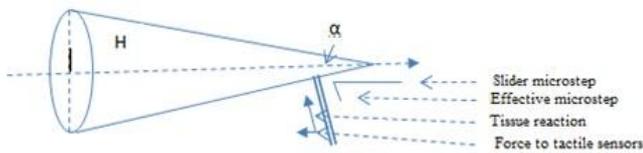


Fig. 8. A Contact point of the cone surface with the tissue

Each point of contact of the cone surface with the tissue forms a cylinder, along which a micro-stimulus is formed when the corresponding macro-stimulus is performed. This creates, along the normal to the surface, a micro-displacement of length:

$$L_{step} \cdot \sin \alpha, \tag{2}$$

Where L_{step} is the length of the displacement of the slider of the linear actuator caused by a micro-step of the stepper motor. In the subsequent period of holding in the operation of the stepper motor, at the point of contact, a reaction force of the tissue is formed, whose projection along the axis of the cone, together with the forces generated by the other contact points is summed and measured with tactile sensors. It can be shown that with a homogeneous tissue structure, the force measured by the tactile sensors follows the dependence:

$$F = (\tan \alpha)^2 h^2 \pi \cdot k, \tag{3}$$

Where: k is coefficient;
 h is the end point of the cone movement, respectively;
 F is the force measured by the tactile sensor.

In the presence of an anomalous region, a deviation from the typical curve of the measured force values (that in the

reference models) is formed due to the different value of the Jung modulus for such a region. Visually, this deviation is observed in the first micro-stage in which it is reported. The use of the cone-shaped end-effector allows the detection of abnormal areas with high reliability, because after the first contact of a point on the surface of the cone with a suspicious point of tissue, a series of contacts with this point on other surface points, in subsequent micro-stimulus. The projection in the direction of the axis of the cone of the sum of the force reactions of the tissue at all contact points forms the force measured by the tactile sensors and the graph of this force reflects the anomaly.

D. A Cylindrical end effector.

The end effector is designed as a straight circular cylinder, with radius R. The axis of the cylinder coincides with the axis of the slider of the Linear Actuator. A cylindrical end effector may see on Fig,9.



Fig. 9. A Cylindrical end effector

Each point of contact of the front end (circle) on the surface of the cylinder with the tissue initiates a virtual cylinder, on which a micro-stimulus is formed, when the corresponding macro-stimulus is performed by the motor. A Contact point of the surface with the tissue may see on Fig.10.

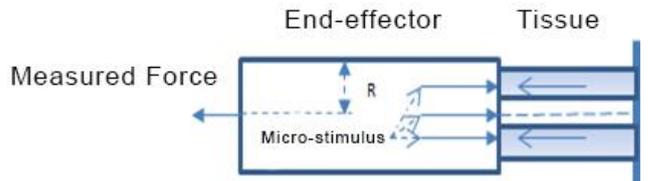


Fig. 10. A Contact point of the surface with the tissue

In the subsequent retention period in the operation of the stepper motor, at the point of contact, a tissue reaction force is formed, parallel to the end-effector axis, which together with the forces generated by the other contact points is summed and measured with the instrument's tactile sensors. It can be shown that with a homogeneous tissue structure, the force measured by the tactile sensors follows the dependence:

$$F = hR^2 \pi \cdot k, \tag{4}$$

Where:

- k is coefficient;
- h is the end point movement of the cylinder;
- R is the radius of the straight circular cylinder;
- F is measured force by the tactile sensor.

In an anomalous area of tissue, there is a deviation in the typical curve of the measured strength values (compared to the reference models) due to the different value of Young's modulus for such an area. The peculiarity of this end-effector is that it detects anomalous areas only in the space limited by the cylindrical channel of its movement. It stops the presence of deviations from the reference models, but cannot accurately fix their position, only registers their availability.

V. EXPERIMENTS AND RESULTS

Some experiments with a cylindrical end effector are provided. The results of the experiments can be seen in graphical form on the following figures. The results show the operation of the device - contact search, registration of contact on the tip of the tool with a surface, accounting for the strength of the interaction, plotting the results, comparing the results with others stored in the program.

End effector parameters: $R = 4 \text{ mm}$.

Experiment 1.

Muscle tissue.

Initial strength: 100 g.

Number of micro-steps: 300.

Length of the micro-step: 24 micrometers.

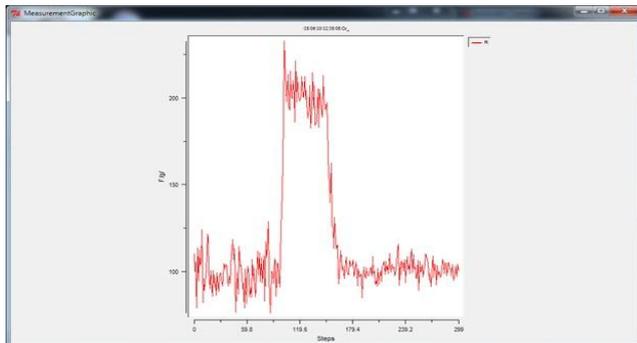


Fig. 11. Measured scan results.

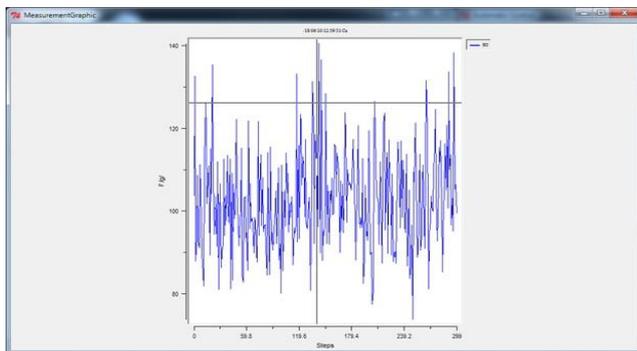


Fig. 12. Reference measurement (Sample) 1

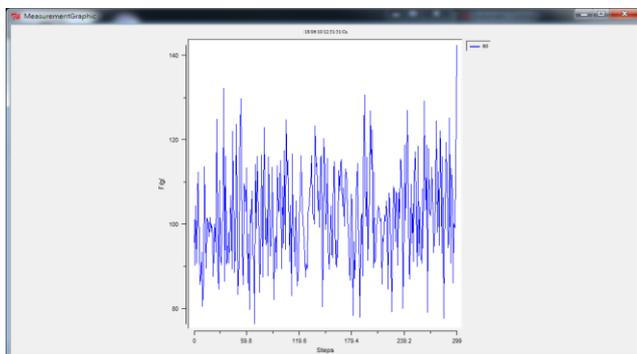


Fig. 13. Reference measurement (Sample) 2

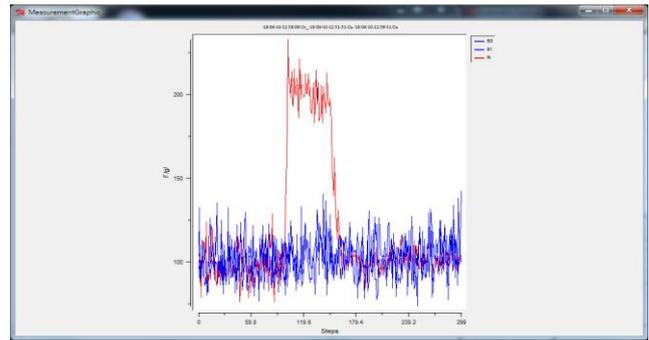


Fig. 14. Comparative graphics.

VI. CONCLUSINS

It is very important to provide adequate tool-tissues force information to the surgeon during laparoscopic procedures. This information has to be received in real-time and synchronously with the control of the movements of the devices and it has to be the major for the acceptance of different solutions by the control device. The macro- and micro-stimulation method presented in the paper is applied for diagnostic purposes and detects changes in the tissue structure. It allows the real-time monitoring of the relaxation time parameter, which gives information about the structure and mechanical properties of the biological tissue. The use of macro-stimulations to control not only mechanical but also other physical processes will create opportunities for the realization of new technical solutions.

REFERENCES

- [1] N. O'Zkaya, Margareta Nordin, "David Goldsheyder, Dawn Leger, Fundamentals of Biomechanics: Equilibrium, Motion, and Deformation", ISBN 978-1-4614-1149-9, E-ISBN 978-1-4614-1150-5, Springer, DOI 10.1007/978-1-4614-1150-5, pp. 1- 286, 2012
- [2] V. Ivanova , D. Bachvarov, A. Boneva, "A Smart Laparoscopic Instrument with Different Applications. International Journal of Bioautomation.", (Scopus) Vol 24 Issue 4, ISSN: 1314-2321 (on-line) 1314-1902 (print), DOI: 10.7546/ijba.2020.24.4.000723, pp. 403-417., 2020.
- [3] http://biomed.bas.bg/bioautomation/2020/vol_24.4/files/24.4_08.pdf
- [4] V. Ivanova , D. Bachvarov, A. Boneva, R.Andreev , N. Dobrinkova, "System for analysis and control of mechanical properties of biological tissues", Utility Model., Registration № 3323/31.10.2019. p 6293, (in Bulgarian),
- [5] www.bpo.bg/images/stories/buletini/binder-2019-11-15.pdf
- [6] V. Ivanova, "Laparoscopic device for restore sense of touch", Mechanics of Machines, Technical University –Varna ISSN 0861-9727, Vol. 99, No.4, pp. 46-50, 2012
- [7] V. Ivanova , K., Koleva, R., Mihailov, I., Beniozef, "Family tools for robot –assisted surgery", Proceedings in Manufacturing Systems, Romanian Academy Publishing House , Vol.8 Issue 2, ISSN 2067-9238., pp117-122, 2013, www.icmas.eu
- [8] G. Dagnini, "Laparoscopy and Imaging Techniques", ISBN-13: 978-3-642-74647-5, E-ISBN-13: 978-3-642-74645-1, Springer, DOI:10.1007/978-3-642-74645-1, pp. 1- 205, 2012.
- [9] D. Knudson, "Fundamentals of Biomechanics", ISBN 978-0-387-49311-4, E-ISBN 978-0-387-49312-1, Springer, pp. 1- 250, 2007.

ESTIMATING EFFECTIVE MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR UAV MISSION TASKS

Momchil Kurtev

IR-BAS

Sofia, Bulgaria

E-mail: ml_kurtev@yahoo.com

Vasil Trenev

IR-BAS

Sofia, Bulgaria

E-mail: vtrenov@gmail.com

Abstract: The applicability of specific machine learning (ML) algorithms, for unmanned aerial vehicle (UAV) intelligent management, is analyzed and discussed in the paper. Feasible artificial intelligence (AI) control mechanism, for a set of UAV mission tasks execution, is considered. The potentials of a variety of ML algorithms, to complete particular tasks, are analyzed. Strengths and weaknesses of each algorithm, according to the task demands and UAV control system computational and electric power resources, are identified and considered. Favorite algorithms for particular tasks are suggested. Their deployment on edge devices is examined.

Keywords: machine learning, AI, UAV, image-recognition

I. INTRODUCTION

In recent years the unmanned air systems (UAS) have vastly increased their popularity. Whether in the area of entertainment and recreation, industrial inspections or military operations, the unmanned systems are becoming an ever more valuable addition to the productivity of many organizations. The wider use of such technology has created demand for designing smarter and more efficient systems for task specific purposes such as navigation, surveillance, object detection and collision avoidance [1]. A major role for this technological uplift is played by machine-learning (ML) algorithms and real-time data acquisition from remote sensing equipment. This report aims at examining different ML techniques and their applicability to UAS and unmanned air vehicles (UAVs) in particular. We present specific tasks for which they are employed and note some computational and energy restrictions as well general pros and cons of the various methods used. Furthermore, we demonstrate deployment of such models on edge device (Raspberry Pi 4) that can be used as an embedded system for drones for the purposes of object detection and tracking.

There are several aspects to the increasing demand for UAVs. The market has grown significantly in the past few years. This is driven mainly through the cheaper production and assembly and economies of scale achieved, as well as the advancement in software and hardware technology that allows stacking of smaller and more powerful equipment on board the UAVs.

With the growing market naturally the usage has grown and this is easily seen by the increased content on the social media and the web in general of drone images and video material and the creation of many group of interest in the field [2]. This wider popularity poses some risks, as the influx of new users in the field increases the threat of collisions with other drones, ground object and living beings. In order to mitigate these risks several regulations have

already been proposed and in Europe in particular there has already been some legislative framework that has taken place that EU states should adhere to such as regulations (EU) 2019/947 and (EU) 2019/945. [3].

II. MACHINE LEARNING CLASSIFICATION

Building of analytical models, by automatic analyzing of data, is the essence of the ML technology. The ML algorithms are able to find insights, trends or patterns in complex data, and can be very usefully applied to large (multi-dimensional, multi-variable) datasets. Sustained yield of data enables continuous improvement of the analytical model and adaptation to the complex, variable, real-world environment. Therefore, sophisticated ML models may support automatic decision making, which is an essential AI feature.

With the advancement of hardware and software solutions, as well as the wide availability of data and data generation, various of machine learning techniques were able to be developed and their applications examined. There are however, several main groups of Machine learning under which most techniques could be classified. These are supervised, unsupervised and reinforcement learning [4].

Supervised learning – Supervised learning is one of the most widely used types of learning in the field of machine learning research. It accounts for a process of learning by training a model on annotated data where the “supervisor” has labelled the data with the expected outcome and thus, instructs the algorithm and “teaches” it about the features that constitute the outcome event or class. This type of learning is most often used for solving classification problems. [5]. A typical field of supervised learning is regression analysis, where real values are assigned to an outcome event; another popular usage is in time-series analysis where the values represent predictions of future events. [6]. One of the most important steps for supervised learning is the feature extractions and selection. Usually the features represent qualities that are associated with the outcome “target” variable. Features that have high correlation with the outcome variable are considered as stronger and have better descriptive power when it comes to predicting the class/event. For example, a giraffe would be associated with a long neck and yellow-brown colour whereas, a bird will have wings and a beak as well as feathers as oppose to fur.

Unsupervised learning on the other hand is a process of “learning without a teacher” [7]. On contrary to supervised learning here to goal is to infer properties of a certain probability density function without the use of “teacher”. It therefore, does not require any labelling prior to modelling.

The algorithms instead divide the data into statistically similar groups. Amongst the most popular algorithms are k-means, as well as other clustering techniques.

Reinforcement learning – This is a process of learning through experiencing. In this type of machine learning the agent, does not learn from pre-labelled data, instead it learns from “trial and error”. Each correct move is rewarded and each wrong move gets penalised, thus the algorithm optimizes a reward function. In this way it yields and optimal solution to the problem. Also a real time updating is conducted, hence the predictions become more accurate with the more iterations being ran. A good example for this is a game of chess. If the computer only plays 5 games it will not learn much about the different possible moves, however if it plays 1000 games it will have a good approximation for how to act in an optimal way in order to win.

III. MACHINE LEARNING ALGORITHM SELECTION

The application of the ML technology has some difficulties and drawbacks however. The quality of the ML models performance depends sufficiently from the quantity and the quality of analysed data. The acquisition of huge amounts of high quality real world data, for training the models, usually is long and expensive activity. Although, the process of model building is sufficiently computerized, the type of the ML algorithm and its parameters must be set and adjusted at the development stage, by the developer. Therefore, the selection of the specific algorithms, for building of the ML models, substantially influence the models adequacy (applicability, capability, quality) to the tasks that must be performed by the drone. Furthermore, there is a fast growing variety of ML algorithms at present [8], which additionally complicates the process of choosing proper algorithm for a particular drone task.

Taxonomy of essential ML algorithms, as well as ML: approaches, domains, types of learning, and training data, are shown in Table 1.

IV. MACHINE LEARNING FOR UAV APPLICATIONS.

The AI capabilities of the ML models empower their usage in a variety of applications that operate autonomously in rapidly changing (complex) environments, as intelligent robots and vehicles. For instance the self-driving cars and cobots operate safely in close proximity with humans, which behaviour can be unpredictable. Drones usually operate in complex environments too. Therefore, the application of ML technology to drones is very perspective area of development.

A. Navigation

For the purposes of navigation the main tasks to be solved are related to path planning estimation. For this task there are several approaches found in the literature. In [9] a deep reinforcement learning is used in order to find the optimal path for drone to move across an unknown environment. The RL algorithm enables the drone to successfully navigate from an arbitrary position and reach a final destination in the shortest way possible. Classical methods for such tasks like potential fields [10] could solve such problems.

TABLE 1: TAXONOMY OF ML ALGORITHMS

Taxonomy of ML Algorithms				
Type of Learning	Training Data	ML Domain	ML Approaches	Some Essential ML Algorithms
				Deep Learning // Shallow Neural Networks // Other
From Data	Labeled Dataset	Supervised Learning (SL)	Classification	DL // CNN/RNN // LiR/CT/NB/SVM/GMM
			Regression	DL // CNN/RNN // LoR/RT/NeNgh/SVM/GMM
	Unlabeled Dataset	Unsupervised Learning (UL)	Clustering	K-means/AP/H/A/DBSCAN
			Association	GAN/K-means/AeNN
From Experience	Environment (States, Actions, Rewards)	Reinforcement Learning (RL)	Value based	DQN/C51/QR-DQN/HER/D DPG/TD3/SAC/MARL // QL
			Policy based	DDPG/TD3/SAC // PG/A2C/A3C/PPO/TRPO
			Model based	Learn the model: MBMF/MBVE // WM/I2A Given the model: Alpha Zero

(Abbreviations: A2C-Advantage Actor Critic; A3C-Asynchronous Advantage Actor-Critic; AeNN-Autoencoder Neural Network; AP-Affinity Propagation; C51/QR-DQN-Q-learning algorithms based on DQN; CNN-Convolution Neural Network; CT-Classification Tree; DBSCAN-Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise; DDPG-Deep Deterministic Policy Gradient; DL- Deep Learning; DQN-Deep Q-Network; GAN-Generative Adversarial Network; HA-Hierarchical Agglomerative; HER-Hindsight Experience Replay; I2A-Imagination-Augmented Agents; LiR-Linear Regression; SVM-Support Vector Machines; LoR-Logic Regression; MARL-Multi-Agent Reinforcement Learning; MBVE-Model-Based Value Expansion; MBMF-Model-Based Deep Reinforcement Learning with Model-Free Fine-Tuning; NB-Naive Bayes; NeNgh-Nearest Neighborhood; PG-Policy Gradient; PPO-Proximal Policy Optimization; QL-Q learning; RNN-Recurrent Neural Network; RT-Regression Tree; SAC-Soft Actor Critic; TD3-Twin Delayed DDPG; TRPO-Trust Region Policy Optimization; WM-World Models;)

However, in an environment where training data is not sufficient, RL is suitable, since it relies only on data coming from the surroundings and it tries to maximise a rewards function (numerical values) that accounts for its performance - the higher the value the better the performance. In the case study [9] a Q-learning algorithm is employed, which is one of the most widely used in research. For the estimation of the algorithm we need several elements. S → list of finite states possible. A → finite set of actions. T → transition probability function, the probability of agent moving from state sk to sk+1. R → rewards function, representing the reward an agent gets for moving from one state to another. The goal of the agent it to maximize the rewards function on each consecutive move from one state to another. Each move and the reward associate with it is recorded in a database called

Q-table. This table is updated iteratively and is used to adjust movements during the learning episodes, so that the optimal path is found in the context of path planning. The update of the most optimal new state is done using the Bellman equation.

B. Surveillance and monitoring

In the context of monitoring and surveillance drones are often used for analysing invasive grass classification and other agricultural activities [11]. Supervised learning algorithm known as eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) for building the classifier is used for distinguishing between invasive grass and other vegetation. This is commonly used algorithm for classification that employs tree ensembles, which are known as weak learners. Many such trees are used and the method of “boosting” combines the results from each tree. This technique yields quite significant accuracy in terms of classifying grass types. (97% accuracy as in the case study). Some drawbacks are the many iterations needed for finding optimal hyper-parameters optimization. Random search and other more complex methods like HyperOpt. are used for this purpose. However, these may take some time to find an optimal model. Also tree methods tend to over-fit, so a balanced model should be chosen based on validation techniques, such as cross-validation. Other complications may arise in the usage of this model for photos with lower quality like in cloudy weather or high altitude.

C. Collision avoidance

With the increased popularity of UAVs, and the wider use of drones even in populated areas the concerns of mid-air collisions is becoming more and more prominent. Classical systems for sense and avoid (SAA) can be classified in two types according to the technology used for sensing and the information being exchanged. The two types are cooperative and non-cooperative methods. The cooperative methods are used to a large extent within the commercial airlines. These include systems of communications with other aircraft such as, traffic-alert and collision avoidance system (TCAS) and automatic dependent surveillance-broadcast (ADS-B) [12]. For the non-cooperative methods on the other hand, the UAV does not need to be equipped with devices for transmitting and sharing the information with aircraft that is within the same airspace. They can be used to detect other aircraft or ground targets via LIDAR or optical sensors like cameras for example. The latter are very suitable for UAVs as they are light weighted and low-cost and can be mounted to different types of drones (multi-rotor or fixed-wing). With the increase of popularity of Computer Vision (CV) and machine learning they can be effectively used to tackle the problems of collision avoidance as discussed in Lai and Huang [13]. Models such as two-stage model, like the region proposal variations of Convolutional neural networks (R-CNN) could be used, however in the case study a You Only Look Once (YOLOv3) model is used to detect an intruder and two approaches to estimating the distance are proposed - training a CNN and a deep neural network (DNN) for creating a distance model. The estimate of the distance between the two UAVs is dependent on the size of the bounding boxes and hence the pixel size, the smaller the box the further away to object is. The YOLO model proves reliable and fast for short-range UAV detection, however some concerns about real-time deployment are raised. Between the two distance

models the CNN is preferred mainly due to altitude related errors concerning the DNN and as well as sensitivity to bounding boxes accuracy.

D. Object tracking and recognition

Object detection is a method often used within the UAV systems, as it enables the UAVs to extend their “smart features” for example the DJI intelligent modes [14]. The object detection in the context is used as an active track mode. This function makes possible the live track of objects, such as people by selecting the object and the drone would follow it. Suitable ML models for completing this task are vision based model the different types of Convolutional Neural Networks (CCNs) and derivatives of such like R-CNN, Faster-RCNN, YOLO (You Only Look Ones) and Single Shot Detectors (SSDs). In the classical CNN setup for image classification a neural network with several layers is used - Convolution layers, pooling layers and fully connected layers. They are based on multilayer perceptron networks. The convolutional layers may vary in terms of numbers (depth of network). They employ a convolution kernel that moves across the image and performs convolutions and takes the dot product of each input from the kernel.

While these are good for general image classification the task of drawing bounding boxes on objects and detecting more than one object at a time is more complex task that is more efficiently handled by models such as the YOLO and SSDs. Both take a single shot of the image in contrast to region suggestion such as the R-CNN and Faster-RCNN that use a two step approach to classification, firstly a region of detection is proposed and then the detection is performed, in the former methods YOLO and SDD, the classification is applied on a single snapshot made, hence the name. A pre-trained neural network (backbone) is used for semantic extraction of features and then the SSD head (convolutional layer) is used for the final detection, where instead of sliding windows approach a grid cell is used to split the image and detect the object in each cell. These networks are much faster, although not as accurate as the region proposal models [15].

Taxonomy of the applicable ML algorithm domains, in regard to drone activities and tasks, potential for ML automation, is shown in table 2.

TABLE 2: TAXONOMY OF ML ALGORITHMS APPLICABLE TO FLIGHT TASKS

Taxonomy of ML Algorithms Applicable to Flight Tasks		
Drone Activities	Flight Tasks Potential for ML Automation	ML Algorithm Domains
Monitoring & Analyzing	Object Recognition	SL/DSL
	Environment Surveillance	SL/DSL
	Target & Resources Allocation	RL/DRL, SL, DSL
Planning	Path Planning	RL/DRL, SL, DSL
	Event Scheduling	RL/DRL
Optimizing	Operation Management	RL/DRL
	Power & Energy Management	RL/DRL
Control & Acting	Obstacle Avoidance	RL/DRL, SL/DSL
	Target Tracking	RL/DRL, SL/DSL
	Team (Crew) Work	RL/DRL, SL/DSL
	Services & Goods Delivery	RL/DRL, SL/DSL

(Abbreviations: SL-Supervised Learning; DSL- Deep Supervised Learning; RL-Reinforcement Learning; DRL-Deep Reinforcement Learning.

The table shows that DSL have to be used for the tasks that require recognition; DRL - for the tasks that require prediction based on experience, performance improvement or optimization. SL and RL must be used for more simple tasks.

V. ML MODELS DEPLOYMENT ON EDGE DEVICES

Although there is not too much literature on the specifics about running machine learning models on UAV platforms and the dedicated hardware specifications. There are several papers that make analysis of the above. For example in [16] that examines different mini computers and FPGA boards for use on board the UAVs. In this report we build upon out previous work on the subject where different hardware and software was examined. We aim at finding an optimal solution possible in the light of minimising the cost of computing and still get a effective solution to the problems of object detection on board a UAV, which could be used for tracking similar to “active track” or “follow-me” modes on some drones. Furthermore, it can be used for image classifications and risk assessment of certain situation like collision avoidance, autonomous landing or surveillance, where the drone will have an autonomous or semi-autonomous ability to take actions according to the situation.

For the live deployment a Raspberry Pi 4 model B with 8GB LPDDR4-3200 SDRAM memory was used, with Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC processor at 1.5GHz. This is a low cost and efficient development platform used for many robotic applications. The new and more powerful board enables good real-time performance. See fig. 2. Also a Pi Camera is connected to the 2-lane MIPI CSI camera port.

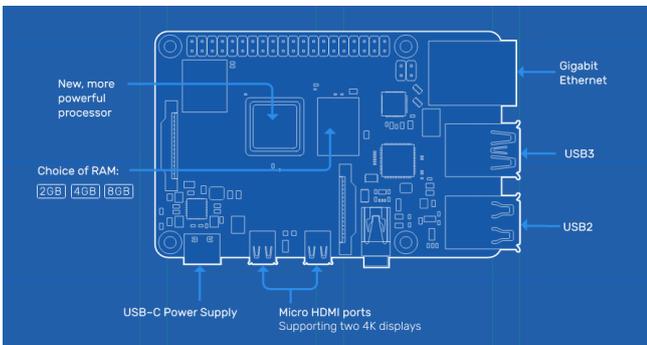


Fig. 2. Raspberry Pi 4 B (source: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>)

The models deployed are two models from the Tensorflow (TF) model zoo [17][18] originally developed by Google. SSD MobileNet v1 Quantized model and the SSD MobileNet v3. Both models are deployed using Python programming language and the Tensorflow lite version, which is a lighter version of TF. The interpreter of TF lite allows for fast deployment of models that are pre-trained and the final weights are exported in the form of frozen graphs, files with the weights and parameters needed for using the model. These are then directly used for detecting objects via a Raspberry Pi camera [19]. Other key libraries used are OpenCV - python library for manipulation of the images and enabling a live stream data acquisition and processed data output. See fig. 3.

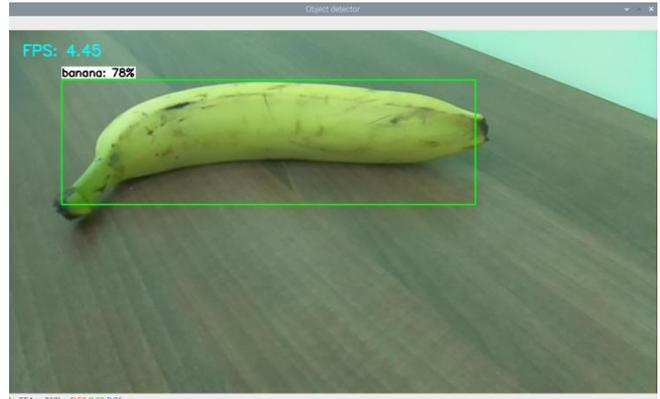


Fig. 3. SSD MobileNet v1 Quantized model output

The two models were tested and their performance compared. The speed of inference and frames per second (FPS) are estimated from the average live video feed outputs, whereas, the accuracy measured in terms of precision and recall is estimated on a test “unseen” dataset with 76 pictures of a pedestrian walking from the Kitti dataset [20], with a probability threshold of 60%. The percentage was increased in order to accommodate better for the false classification for some objects, hence reducing the “false positive” outcomes.

As expected we see that the SSD MobileNet v1, which is quantized is much faster with time of inference 180-223 ms and 4.5 – 4.7 frames per second (FPS) on average. In terms of accuracy, it achieves worse performance when compared to SSD MobileNet v3 model. See tables 3 and 4.

TABLE 3: MODEL PERFORMANCE (FPS AND TIME OF INFERENCE)

Model	Frames per second (FPS)	Time of inference (ms)
ssd_mobilenet_v1_quantized_coco	~ 4.5 – 4.7	~ 180 – 223
ssd_mobilenet_v3_large_coco	~ 2.7 – 3	~ 240 – 315

TABLE 4: MODEL PERFORMANCE (PRECISION AND RECALL)

Model	Precision	Recall
ssd_mobilenet_v1_quantized_coco	0.947	0.24
ssd_mobilenet_v3_large_coco	1	0.26

The precision was calculated by taking all “true positive” (TP) and dividing them by the TP plus the “false positive” (FP).

$$\text{Precision} = (\text{True Positive}) / (\text{True Positive} + \text{False Positive})$$

Whereas the Recall was calculated by the following formula:

$$\text{Recall} = (\text{True Positive}) / (\text{True Positive} + \text{False Negative})$$

Since, the 76 test images were not labelled, no IoU (Intersection over Union) is calculated in order to differentiate the TP vs. FP [21]. Instead the images were manually review by only considering one class from the model detection (i.e. person). For the SSD MobileNet v1 one image was found to be falsely classed from a total of 19 accurately detected. Where the bounding box of a person is

not matched with the actual object at all, hence it does not comply with the “ground true” object as seen on the fig. 4.



Fig.4. Falsely classed person (False Positive)

The SSD MobileNet v3 detected a person accurately in 20 images out of 20 total detections, hence having a precision of 1 and a recall of 26%.

The results are aligned with the expectations, since the quantized SSD v1 is generally faster due to the quantization, where weights are converted from floating point to integers with 8-bits precision, however it is less accurate. On the other hand, the SSD v3 Large COCO is a more complex model with higher latency but more accurate, as also seen in the TF model zoo statistics.

VI. CONCLUSIONS

In the first part of this report we discuss the different types of machine learning fields. A variety of algorithms are presented and their application for specific UAV tasks is examined. In the second part, in a prove-of-concept work we demonstrate that machine learning algorithms for object detection are viable for deployment on edge devices, which could be used for onboard real-time applications. As further work we plan to also use different, more specialized hardware for computer vision tasks like the Nvidia Jetson Nano [22], and to integrate the module with Pixhawk autopilot [23]. Furthermore, onboard tests will be conducted within the center of competence “QUASAR” [24] laboratories complex, where the device could be mounted on a UAV and its ability tested.

REFERENCES

- [1] Mittal, P., Singh, R., & Sharma, A. (2020). Deep learning-based object detection in low-altitude UAV datasets: A survey. *Image And Vision Computing*, 104, 104046. doi: 10.1016/j.imavis.2020.104046
- [2] High times: why drone photography offers a different view of travel. (2021). Retrieved from <https://www.theguardian.com/travel/2016/jun/17/why-drone-photography-offers-a-different-view-of-travel>
- [3] Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems (Regulation (EU) 2019/947 and Regulation (EU) 2019/945) | EASA. (2021). Retrieved from <https://www.easa.europa.eu/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems-regulation-eu>
- [4] Ayodele, Taiwo. (2010). Types of Machine Learning Algorithms. 10.5772/9385.
- [5] Cunningham, Pdraig & Cord, Matthieu & Delany, Sarah. (2008). Supervised Learning. 10.1007/978-3-540-75171-7_2.
- [6] Hochreiter, S. (2021). Retrieved from http://www.bioinf.jku.at/teaching/current/ws_mlsvl/ML_supervised.pdf
- [7] Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. H. (2009). The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. 2nd ed. New York: Springer.
- [8] Part 2: Kinds of RL Algorithms — Spinning Up documentation. (2021). Retrieved from https://spinningup.openai.com/en/latest/spinningup/rl_intro2.html#a-taxonomy-of-rl-algorithms
- [9] H. X. Pham, H. M. La, D. Feil-Seifer and L. Van Nguyen, "Reinforcement Learning for Autonomous UAV Navigation Using Function Approximation," 2018 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR), 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/SSRR.2018.8468611.
- [10] elia nadira, Sabudin & Omar, Rosli & Hailma, Che Ku Nor. (2016). Potential field methods and their inherent approaches for path planning. 11. 10801-10805.
- [11] Sandino, J., Gonzalez, F., Mengersen, K., & Gaston, K. J. (2018). UAVs and Machine Learning Revolutionising Invasive Grass and Vegetation Surveys in Remote Arid Lands. *Sensors* (Basel, Switzerland), 18(2), 605. <https://doi.org/10.3390/s18020605>
- [12] Romli, Fairuz & King, Joshua & Li, Leihong & Clarke, John-Paul. (2008). Impact of Automatic Surveillance-Broadcast (ADS-B) on Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS) Performance. 10.2514/6.2008-6971.
- [13] Lai, Y., & Huang, Z. (2020). Detection of a Moving UAV Based on Deep Learning-Based Distance Estimation. *Remote Sensing*, 12(18), 3035. doi: 10.3390/rs12183035
- [14] DJI Intelligent Flight Modes. (2021). Retrieved from <https://www.heliguy.com/blogs/posts/dji-intelligent-flight-modes>
- [15] How single-shot detector (SSD) works? | ArcGIS for Developers. (2021). Retrieved from <https://developers.arcgis.com/python/guide/how-ssd-works/>
- [16] Hossain, and Lee. “Deep Learning-Based Real-Time Multiple-Object
- [17] Detection and Tracking from Aerial Imagery via a Flying Robot with GPU-Based Embedded Devices.” *Sensors*, vol. 19, no. 15, 2019, p.3371., doi:10.3390/s19153371.
- [18] tensorflow/models. (2021). Retrieved from https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/tfl_detection_zoo.md
- [19] EdgeElectronics/TensorFlow-Lite-Object-Detection-on-Android-and-Raspberry-Pi. (2021). Retrieved from https://github.com/EdgeElectronics/TensorFlow-Lite-Object-Detection-on-Android-and-Raspberry-Pi/blob/master/Raspberry_Pi_Guide.md
- [20] (2021). Retrieved from <https://projects.raspberrypi.org/en/projects/getting-started-with-picamera/1>
- [21] The KITTI Vision Benchmark Suite. (2021). Retrieved from http://www.cvlibs.net/datasets/kitti/raw_data.php?type=person
- [22] How the Compute Accuracy For Object Detection tool works— ArcGIS Pro | Documentation. (2021). Retrieved from <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/image-analyst/how-compute-accuracy-for-object-detection-works.htm>
- [23] NVIDIA Jetson Nano For Edge AI Applications and Education. (2021). Retrieved from <https://www.nvidia.com/en-us/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-nano/>
- [24] Products | Pixhawk. (2021). Retrieved from <https://pixhawk.org/products/>
- [25] “QUASAR”, (2021). Retrieved from <http://quasar.bg>

МРЕЖОВА СИГУРНОСТ ПРИ ОТДАЛЕЧЕНО ПРОГРАМИРАНЕ НА ПРОМИШЛЕНИ РОБОТИ

Борян Владимир
Технически университет - София
София, България
E-mail: boryan.vladimirov@gmail.com

Резюме: Разгледани са основните протоколи за трансфер на данни, при отдалечено програмиране на промишлени роботи. Посочени са решения за отдалечено програмиране на промишлени роботи през компютърна мрежа чрез клиент сървър система.

Ключови думи: индустриални мрежи, мрежова сигурност, контролери, промишлени роботи, индустриални мрежови контролери, PLC контролери, клиент сървър система, софти, системи с отворен код

I. УВОД

Изправени пред предизвикателствата на Industry 4.0, много промишлености прибегват до търсене на технически решения, за предпазване на предаваната информация при отдалечено програмиране и обслужване на производственото оборудване.

Известни са редица случаи на повреда на производственото оборудване, вследствие на неототоризиран, злонамерен достъп. Примери за това са:

- Злонамерен код, (троянска програма), се вмъква в системния софтуер на дадена SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) система, причинявайки манипулиране на позициите на клапаните и компресорните изходи, за да се предизвика масивна експлозия на природен газ по трансибирския газопровод [1].
- Компютърен вирус Stuxnet, поразяващ работата на индустриални контролери PLC Siemens и SCADA системи, е довел до спиране на около 1000 центрофуги в ядрената централа Натанц в Иран през юни 2010, вируса е класифициран от Symantec като „W32.Stuxnet Dossier” [3, 4].
- През 2005 г., компютърен вирус Zotob [5] атакува едновременно 175 големи корпорации, включително Caterpillar, General Electric, Daimler Chrysler и United Parcel Service. Тринадесет завода на Daimler Chrysler трябваше да бъдат затворени, поради спиране на техните поточни линии, в следствие на тези атаки. Компютърният червей е определен с произход Турция и е свързан с измама с кредитни карти [6].

Според [2] SCADA и DCS (Distributed Control System) разпределените системи за управление, са сравнително лесни за неототоризиран злонамерен достъп (хакване) от страна хакери.

Целта на настоящата работа е да даде насоки и технически решения за проектиране на мрежова

сигурност, при пренос на данни, свързани с програмиране на различни роботизирани системи чрез използване на хардуерни и софтуерни продукти с отворен код.

II. ОТДАЛЕЧЕНО ПРОГРАМИРАНЕ НА ПРОМИШЛЕНИ РОБОТИ

Съществуват множество технически решения, чрез които се изгражда вътрешна затворена компютърна мрежа и се осигурява среда за защитено програмиране и управление на производствено оборудване, изпълняващо дадена производствена програма.

Тези технически решения осигуряват, удобство при работа с дадена машина и защита от неототоризиран достъп, който да доведе до повреда на обработвания детайл или самата машина.

Съществуващите технически решения при отдалечено програмиране на промишлени роботи може да се разделят в следните групи:

A. Софтуерни системи.

Софтуерните системи са специализирани компютърни системи, използвани за проектиране на различни приложения за роботизирани системи, които *разширяват функциите на съществуващите софтуерни продукти и езици за програмиране на различните производители на промишлени роботи, като: Wave, AL, ACL, AML, APT, ARCL, ZDRL, HELP, Karel, CAP 1, MML, RIPL, MCL, RAIL, RPL, VAL, IBL, Ladder Logic и др.* [14].

Особен интерес предизвикват системи с отворен код (open source), които не са обвързани с даден производител на оборудване и могат да се използват за проектиране на различни приложения и отдалечено програмиране на промишлени роботи [15]. В тази група *nonadam Robot Operation System* [7, 8, 9] *Common, Emacs Lisp* [10, 11, 12, 13], *SLIME* [16], *dLife* [17], *MIARN (Modules for Intelligent Autonomous Robot Navigation)* [18], *MARIE- Mobile and Autonomous Robotics Integration Environment* [19], *OpenRDK* [20], *OpenRTM* [21], *OROCOS* [22], *OPRoS* [23], *RoboDK* [24], *Robotics Toolbox for MATLAB* [25], *Player/Stage Project* [26], *Pyro - Python Robotics* [27], *Robot Intelligence Kernel* [28], *Gazebo* [29], *RobotRun Software* [30] и др.

B. Хардуерни системи.

Хардуерните системи, използват допълнителни мрежови устройства свързани с мрежовите карти на контролерите на промишлените роботи. По този начин се изгражда защитена и криптирана връзка при отдалечено програмиране на промишлени роботи.

III. МРЕЖОВА СИГУРНОСТ

Введени в края на 60-те години на миналия век, PLC контролери са проектирани за да заменят по-скъпите и сложни системи базирани на контактно релейна логика, системи. През 80-те години DCS се наложиха в автоматизираните производствени системи, оборудвани с работни станции, заместващи големите системи за управление. Цели производствени линии и процеси могат да бъдат свързани чрез индустриални кабелни/шини мрежи (Modbus TCP/IP, Profibus, Fieldbus, ProfiNET и др.), за да осигурят мониторинг и контрол на операторското място. С въвеждането на все по модерни технологии и усъвършенствани от към комуникационна гледна точка устройства, предаващи информация по WLAN, WiFi и Ethernet, управлението на промишлени работи и системи, става все по мобилно и user friendly насочено, лесно за програмиране и управление от гледна точка на техническата поддръжка.

Отдалеченото управление на промишлени работи, най-често се осъществява чрез използване на мрежови комуникационни технологии, базирани на общия комуникационен протокол Common Industrial Protocol (CIP). CIP е протокол, който интегрира контролни и комуникационни услуги, както и възможности за маршрутизация, базирана на Ethernet мрежи и Интернет.

Всеки протокол се различава от нивата в OSI модел [31] който използва, физически слой (physical layer) и data link and network. Основните протоколи са:

- EtherNet/IP – Ethernet Industrial Protocol е изграден върху стандартен TCP/IP (IEEE 802.3) и комуникациите използват съществуващата мрежова инфраструктура. Технологията за физически слой Ethernet се използва заедно TCP и UDP портове (44818 и 22222). Основното му предимство идва от увеличаване на скоростта на трансфер в Ethernet от 10Mbit/s до 100Mbit/s и 1 Gbit/s и повече. EtherNet/IP осигурява интернет и корпоративна свързаност с дистанционен достъп /управление/.
- ControlNet: Изграден на собствен физически слой и слой за данни. Протокола използва единична медийна връзка с RG-6 коаксиални кабели и шини. Той разполага с 5Mbit/s скорост на качване/изтегляне на данни, P2P от точка до точка /point-to-point/ комуникация.
- DeviceNet: Използва Controller Area Network (CAN-bus) като основа на физически слой и слоя за данни. CAN шината се състои от хостов процесор, приемно-предавател, свързани с два кабела тип crossover /усукана двойка/ RJ-45. Скоростта на предаване на данни преминава от 1Mbit/s на 40 m до 20Kbit/s на 1200 m. DeviceNet използва режима master/slave – може да има до 64 възела и физическата мрежа може да осигурява захранване на устройствата с ограничена консумация.
- PLC [32] базирани решения за управление на индустриални работи – традиционните роботизирани приложения разчитат на връзката

между устройство и външен PLC, разположен в кутията с контролера. Днес все по-голям брой съвременни индустриални иновации като тези, произведени от различни технологични лидери предлагат работи които да включват стабилен PLC софтуер в контролера на работата.

- VPN достъп [33, 34, 35, 36] – връзките с виртуални частни мрежи VPN (Virtual Private Network) се използват широко за осигуряване на безопасен метод за отдалечен достъп до мрежата на дадено предприятие. VPN е компютърна мрежа, логически изградена чрез криптиране, използваща физическа и програмна инфраструктура на по-голяма обществена мрежа, най-често Интернет. Този вид връзка наподобява връзката P2P и това се постига, чрез капсулиране на данните. Тъй като данните са криптирани, когато преминават през обществената мрежа, те остават частни, не могат да бъдат прочетени от никой (освен, ако не разполага с ключа за криптирани).

Използвани протоколи за криптиране на данните могат да бъдат използвани т. нар. тунелиращи протоколи, някои от които са публично достъпни:

- IPSec [37] – закодиращ протокол с който се цели идентификация, взаимно доверие и целокупност на информацията между две машини. За разлика от други закодиращи протоколи като например SSL, IPSec е реализиран върху TCP/IP – протокол стека (ниво 3 от OSI модела). Архитектурата на IPSec е описана в RFC2401 и RFC4301. Те описват основни части на протокола: удостоверяващо начало AH (Authentication Header), вграден закодиращ товар ESP (Encapsulated Security Payload), както и разменен интернет ключ IKE (Internet Key Exchange) за размяна на сесийни ключове.
- L2TP [38] – използван само за отдалечен достъп.
- L2F [39] – тунелиращ протокол.
- PPTP – протокол на Microsoft използващ P2P криптиране на Microsoft.
- VPN тунел – представлява логическа връзка от точка до точка, която представлява идентификация и криптиране на данни от едната крайна точка на тунела до другата страна. Едно от решенията е също употреба на SSL VPN, чрез което се предоставя достъп до ресурсите на информационната система на компания за криптирана връзка.
- DMZ [40] или демилитаризирана зона в компютърната сигурност е физическа и логична подмрежа, която съдържа или разкрива услугите в мрежата на дадена организация към външна ненадеждна мрежа, най-често интернет. Целта на DMZ е да се добави допълнителна защита към вътрешната мрежа (LAN): външен мрежови възел може да „види“ само това което е разкрито от DMZ, докато останалата част от мрежата се намира зад защитна стена.

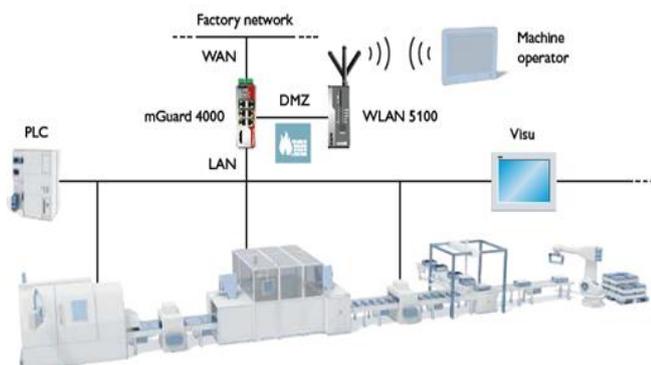
- NAT – Network Address Translation

IV. МЕТОДИ НА МРЕЖОВА СИГУРНОСТ ПРИ РАЗЛИЧНИ ПРОИЗВОДИТЕЛИ НА ПРОМИШЛЕНИ РОБОТИ.

Съществуват специфични индустриални решения, които са по-малко известни от наложилите се в ИТ света. Те се използват най-вече от доставчиците на индустриален контрол, но има погрешно схващане че индустриалните мрежи остават независими от ИТ мрежите, или че ИТ защитните стени са достатъчни.

Наличието само на една защитна стена (Firewall), като достъп към цялата производствена мрежа е недостатъчна защита. Дистанционната поддръжка и диагностика от интернет доставчици чрез комплексно оборудване, стана популярна, защото е далеч по икономична, от диагностиката извършвана от сервизен специалист на място, за да разреши възникналия технически проблем. В миналото за това са използвани специални модеми, за осигуряване на достъп, а те са известни с това, че предоставят незащитен достъп до мрежата от неоторизирани лица. Идеалното решение би било това, което отказва достъп, дори на доставчиците на оборудване, освен в случаите когато самите доставчици го изискват и самата връзка е строго поверителна (със съответните идентификационни протоколи), чрез използване на определени цифрови сертификати.

Поддържани производители на индустриални роботи със собствени приложения за VPN достъп са съответно: ABB [41], Aubo [42], Automata (EVA robot) [43], Comau [44], Doosan [45], Epson robotics [46], Fanuc [47], Hanwha [48], Kawasaki robotics [49, 50], Kuka [51], Mitsubishi Electric [52], Nachi [53], Omron [54], OTC Daihen [55], Panasonic robotics [56], Sawyer [57], Staubli [58], Universal Robots(UR+) [59], Yaskawa (Avatrax solution) [60] и KEBA [61].



Фиг.1 Примерна структура на VPN Ethernet мрежа изградена с Phoenix Contact LAN mGuard 4000 и WiFi WLAN5100 рутери [69]

Някои подобни индустриални решения, вече са налични на глобалния пазар, те включват VPN технически решения и продукти като: Phoenix Contact FL mGuard TM [62] (фиг.1), Byers Tofino [63], Siemens Scalance [64], Weidmüller IE [65], защитна стена Emmerson Delta V [66], Hirschmann Eagle mGuard TM [67], KBE C6 [68] и др.

V. ОТДАЛЕЧЕНО ПРОГРАМИРАНЕ НА ПРОМИШЛЕНИ РОБОТИ ПРЕЗ КОМПЮТЪРНА МРЕЖА ЧРЕЗ КЛИЕНТ СЪРВЪР СИСТЕМА

При предаване на данни, трябва да бъде изградена надеждна, логическа верига с установяване на връзка между комуникаращите процеси или приложения на отдалечените хостове. Създаване на сесия остава едно и също, независимо от процеса. TCP [70] идентифицира всички процеси и приложения от по-горен слой като използва адрес на порт (сокет). TCP използва тези адреси на портове за да разграничи един процес от друг в един и същи хост, което осигурява правилно доставяне и обработка.

Ако даден потребител иницира сесия с отдалечен хост, използвайки име на хост вместо IP адрес, трябва да бъде извършено някакъв тип преобразуване на имена, което да асоциира името на хоста с адрес от мрежовия слой до крайното местоназначението (ако е в същата подмрежа) или на шлюза. След научаване на адреса на мрежовия слой на IP хоста на местоназначението, ARP протокола преобразува този адрес в MAC адрес за локално доставяне. След като завърши този процес на преобразуване на адреси, TCP има достатъчно информация, за да започне процеса на създаване на сесия. Адресът на източника от мрежовия слой и клиентски порт/сокет от една страна и адресът местоназначението от друга от мрежовия слой и сървърен порт/сокет от друга, формират т. нар. сокет двойка (socket pair) [72]. Създаване на сесия започва със задаването от TCP клиента на бит, известен като SYN бит, в TCP хедъра (header заглавна част), който иницира запитване за синхронизация с TCP процес на местоназначението. TCP сесията на приемащия хост трябва да потвърди (ACK) приемането на това SYN запитване и да изпрати негово собствено SYN запитване. Това SYN също трябва да бъде потвърдено от предишния хост.

A. Създаване на клиент сървър система чрез използване на Common LISP и Emacs LISP.

При създаване на клиент-сървър система (фиг.2) се използват основните команди usocket - (usocket: socket-listen, usocket: socket-accept) [73, 78].

Примерни решения за създаване на компютърна мрежа, за отдалечено програмиране на промишлени роботи, чрез клиент сървър система, с използване на Common LISP и Emacs LISP са разгледани по-долу.

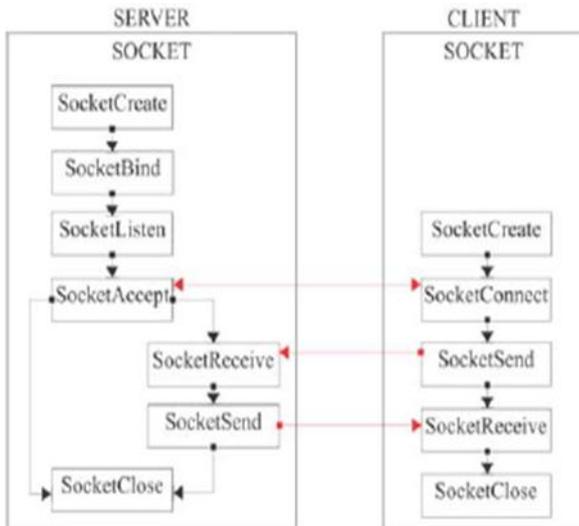
- TCP/IP клиент-сървър система

Сървърна система:

```
(defun create-server (port)
  (let* ((socket (usocket:socket-listen "127.0.0.1" port))
        (connection (usocket:socket-accept socket :element-type
'character)))
    (unwind-protect
      (progn
        (format (usocket:socket-stream connection) "Hello
World~%")
        (force-output (usocket:socket-stream connection)))
      (progn
        (format t "Closing sockets~%")
        (usocket:socket-close connection)
        (usocket:socket-close socket))))))
```

Клиентска система:

```
(defun create-client (port)
  (usocket:with-client-socket (socket stream "127.0.0.1" port :element-
type 'character)
    (unwind-protect
      (progn
        (usocket:wait-for-input socket)
        (format t "Input is: ~a~%" (read-line stream)))
      (usocket:socket-close socket))))
```



Фиг.2. Основна структура на Client-Server сокет система.

- UDP/IP клиент сървър система

Сървърна система:

```
(defun create-server (port buffer)
  (let* ((socket (usocket:socket-connect nil nil
:protocol :datagram
:element-type '(unsigned-byte 8)
:local-host "127.0.0.1"
:local-port port)))
    (unwind-protect
      (multiple-value-bind (buffer size client receive-port)
        (usocket:socket-receive socket buffer 8)
        (format t "~A~%" buffer)
        (usocket:socket-send socket (reverse buffer) size :port receive-port
:host client)
        (usocket:socket-close socket))))
  Клиентска система:
```

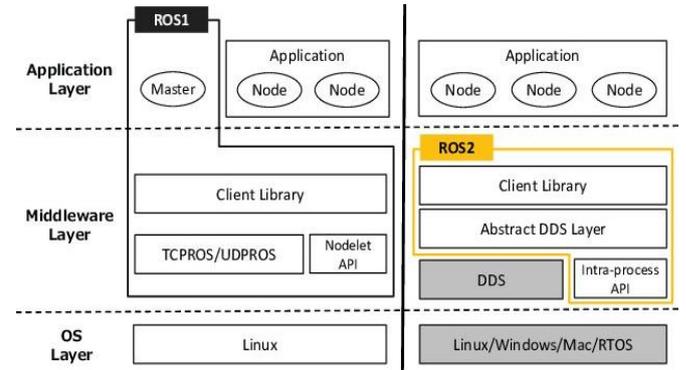
```
(defun create-client (port buffer)
  (let ((socket (usocket:socket-connect "127.0.0.1" port
:protocol :datagram
:element-type '(unsigned-byte 8))))
    (unwind-protect (progn (format t "Sending data~%"
(replace buffer #(1 2 3 4 5 6 7 8))
(format t "Receiving data~%"
(usocket:socket-send socket buffer 8)
(usocket:socket-receive socket buffer 8)
(format t "~A~%" buffer))
(usocket:socket-close socket))))
```

В. Използване на ROS за изграждане на клиент сървър система.

При ROS (Robotic Operation System) клиент сървър системата се изгражда чрез използването на TCPROS и UDPROS (фиг.3).

TCPROS е транспортен слой за съобщения и услуги. Той използва стандартни TCP/IP сокети за транспортиране на данни и съобщения. Входящите връзки се получават чрез TCP Server Socket с хедър

съдържаща тип данни за съобщението и информация за маршрутизация. UDPROS [77] се използва съответно за съобщения при стандартни UDP/IP сокети



Фиг.3. Основна структура при ROS клиент-сървър сокет система [77]

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С увеличаване на сложността на индустриалните мрежи се увеличават и заплахите за тяхната сигурност, а проектиращите подобни технически решения, трябва да вземат в предвид всякакви видове заплахи, за да осигурят, сигурността на предаваната информация.

Отдалеченото програмиране на промишлени работи се базира, на сигурна мрежова връзка чрез криптиращи информацията, мрежови устройства, обезпечаващи сигурността на предаваната информация.

Предимството от използването на системите с отворен код е, че са свободни за доизграждане и технологично развитие, според потребностите на потребителите.

При използване на VPN криптиращи устройства се залага на сигурността на предаваната информация, като по този начин се предотвратява възможността за загуба или неоторизиран достъп до чувствителна информация.

В настоящият момент сигурността на индустриалните мрежи, не може да бъде пренебрегвана, в резултат на което на пазара се предлагат все повече решения, на приемлива цена.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] SCADA Systems and the Terrorist Threat,” Joint Hearing, House of Representatives, One Hundred Ninth Congress, First Session, October 18, 2005 http://www.fas.org/irp/congress/2005_hr/scada.pdf
- [2] Larsen, Jason, “Breakage,” SCADA Security Presentation to the Black Hat 2008 Conference, Washington DC, available at <http://www.blackhat.com/presentations/bh-dc-08/Larsen/Presentation/bh-dc-08-larsen.pdf>
- [3] Shadow of Stuxnet <https://www.hsd1.org/?view&did=792239>
- [4] Stuxnet: What Has Changed? <https://www.mdpi.com/1999-5903/4/3/672/pdf>
- [5] Bots Infest 175 Companies In Year's Biggest Attack - InformationWeek
- [6] Zotob worm linked to credit card fraud ring - CNET
- [7] ROS project <https://www.ros.org/about-ros/>
- [8] Robot Operating System, A.Koubba, 2019-2020, The complete reference(Volume 3) part 5 – ROS Remote: Using ROS on Cloud to Access Robots Remotely – p.569 - 604
- [9] ROS Robot Programming, 22 Dec 2017, Y.S. Pyo, H.C. Cho etc., Robotic Co Ltd, Republic of Korea - <https://www.pishrobot.com/wp->



- content/uploads/2018/02/ROS-robot-programming-book-by-turtlebot3-developers-EN.pdf
- [10] Reading: Reading Free Ebooks | PDF Book (pdfpremiumfree.com)
- [11] GNU EMACS LISP manual - https://www.gnu.org/software/emacs/manual/html_node/elisp/
- [12] Online GNU EMACS LISP compiler - [https://www.tutorialspoint.com/execute_lisp_online.php/Emacs Lisp \(Elisp\) Online Compiler & Interpreter - Replit](https://www.tutorialspoint.com/execute_lisp_online.php/Emacs Lisp (Elisp) Online Compiler & Interpreter - Replit)
- [13] The Common lisp cookbook Diving in- O'Reily,Collective, 31.03.2021 - <https://lispcookbook.github.io/cl-cookbook/common-lisp-cookbook.pdf>
- [14] Industrial automation and robotics, A.K.Gupta and etc.,2017, Mercury learning and information , Dulles VA 20166, chapter – 16. Robot programming, Types of robot Language
- [15] Remote_control_of_a_standard_ABB_robot_system_in_real_time_using_the_Robot_Application_Protocol_RAP <https://www.researchgate.net/publication/238559146>
- [16] SLIME - <https://common-lisp.net/project/slime/doc/html/>
- [17] dLife- <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/2157136.2157151>
- [18] MIARN (Modules for Intelligent Autonomous Robot Navigation) - <https://sourceforge.net/projects/miarn/>
- [19] MARIE-<https://introlab.3it.usherbrooke.ca/mediawiki-introlab/index.php?title=MARIE&setlang=fr>
- [20] OpenRDK - <http://openrdk.sourceforge.net/>
- [21] Open RTM project - <https://www.openrtm.org/openrtm/>
- [22] OROCOS project - <https://orocos.org/>
- [23] OPRoS - https://handwiki.org/wiki/Software:Open_Platform_for_Robotic_Services
- [24] RoboDK - <https://robotdk.com/>
- [25] Robotics Toolbox for MATLAB - <https://petercorke.com/toolboxes/robotics-toolbox/>
- [26] Player/Stage Project - <http://playerstage.sourceforge.net/>
- [27] Pyro -Python Robotics - <https://trr.engineering.asu.edu/project/vex/>
- [28] Robot Inteligence Kernel - <https://patents.google.com/patent/US7620477B2/en>
- [29] Gazebo - <http://gazebo.org/>
- [30] RobotRun Software - <https://pages.mtu.edu/~kuhl/robotics/>
- [31] OSI model - https://bg.wikipedia.org/wiki/OSI_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB
- [32] Programmable logic controllers, Frank D.Petruszella – 4th ed. 2011, McGraw-Hill
- [33] Проектиране на мрежова сигурност – 2-ро изд., М.Каео, 2006, Софт Прес
- [34] CCNA Security, учебно ръководство за EXAM 210-260, Т.Макмилан, 2018, Алекс Софт
- [35] CCNP Routing and Switching, ROUTE 300-101, Том 1-2 официално ръководство за сертифициране, К.Уолъс, 2019, Алекс Софт
- [36] СЕН – сертифициран етичен хакер вресия 10, М. Грег, О. Сантос, Алекс Софт 2020
- [37] IPsec - <https://en.wikipedia.org/wiki/IPsec>
- [38] L2TP - https://en.wikipedia.org/wiki/Layer_2_Tunneling_Protocol
- [39] L2FP - https://en.wikipedia.org/wiki/Layer_2_Forwarding_Protocol
- [40] Demilitarized zone - [https://en.wikipedia.org/wiki/DMZ_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/DMZ_(computing))
- [41] VPN to ABB robotic - https://library.e.abb.com/public/b770b444607f4286a05b8d895123926a/ABB_Robotics_Remote_Access_datasheet_FINAL_LOW.pdf
- [42] VPN to AUBO robotic https://www.robots.ch/downloads/AUBO_i5_MANUALV4.3_v1.1.pdf
- [43] VPN to Automata EVA robotic <https://docs.automata.tech/v2.1.0/manuals/technical-reference.pdf>
- [44] VPN to COMAU robot - http://nfs.gongkong.com/u_files/robot/zl/C5G%E6%8E%A7%E5%88%B6%E5%8D%95%E5%85%83.pdf
- [45] VPN to Doosan robotic - <https://www.doosanrobotics.com/>
- [46] [https://files.support.epson.com/far/docs/epson_rc_pl_70_users_guide-rc700a_rc90_t\(v73r4\).pdf](https://files.support.epson.com/far/docs/epson_rc_pl_70_users_guide-rc700a_rc90_t(v73r4).pdf)
- [47] <https://www.ixon.cloud/knowledge-hub/remote-access-control-for-fanuc-robots>
- [48] <https://www.ixon.cloud/knowledge-hub/remote-access-data-services-hanwha-robots>
- [49] <https://global.kawasaki.com/en/corp/rd/magazine/178/pdf/n178en07.pdf>
- [50] <https://global.kawasaki.com/en/corp/rd/magazine/178/pdf/n178e.pdf>
- [51] https://www.nebbiolo.tech/wp-content/uploads/2019/10/USE-CASE-1-KUKA-Connect-v2019_08_09.pdf
- [52] https://bg3a.mitsubishielectric.com/fa/bg/dl/9193/CR750_CR751_CR760_Controller_Troubleshooting_bfp-a8871v.pdf
- [53] <https://core.ac.uk/download/pdf/52100632.pdf>
- [54] <https://industrial.omron.eu/en/solutions/packaging/white-papers/vpn-white-paper>
- [55] https://www.daihen.co.jp/en/products/welder/software/IFR-800_Owners_manual_rev2_e.pdf
- [56] <https://industry.panasonic.eu/products/factory-automation/automation-devices-solutions/human-machine-interfaces/platform-service/corvina-cloud>
- [57] https://learn.skillman.eu/pluginfile.php/1195/mod_resource/content/0/Intera_5_User_Guide_Getting_Started_20170302_RevB.pdf
- [58] https://www.agilent.com/cs/library/usermanuals/Public/G5415-90049_DDUG_EN.pdf
- [59] https://www.universal-robots.com/media/1226290/weiss_wsg_interfacing_universal_robots.pdf
- [60] <https://www.motoman.com/en-us/integration/partners/axatrx>
- [61] https://www.keba.com/file/downloads/industrial-automation/brochures/KEBA_KePlastFolder_E_web.pdf
- [62] <https://www.phoenixcontact.com/en-in/products/industrial-communication/industrial-routers-and-cybersecurity>
- [63] <https://www.tofinosecurity.com/>
- [64] <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/scalance.html>
- [65] [https://catalog.weidmueller.com/procat/Group.jsp?jsessionid=1DAD638C6D296ECCEDA04691B255?groupId=\(%22group22756682504179%22\)&page=Group](https://catalog.weidmueller.com/procat/Group.jsp?jsessionid=1DAD638C6D296ECCEDA04691B255?groupId=(%22group22756682504179%22)&page=Group)
- [66] <https://www.emerson.com/en-us/automation/deltav>
- [67] https://hirschmann.com/en/Hirschmann_Produkte/Industrial_Ethernet/security-firewall/EAGLE_One_Security_Router/index.phtml
- [68] <https://www.kebamerica.com/products/industrial-vpn-router/>
- [69] https://www.phoenixcontact.com/assets/downloads_ed/global/web_dw_l_promotion/52003209_DE_EN_Industrial_Ethernet_LoRes.pdf
- [70] https://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol
- [71] https://en.wikipedia.org/wiki/User_Datagram_Protocol
- [72] https://en.wikipedia.org/wiki/Network_socket
- [73] <http://ftp.gnu.org/gnu/emacs/windows/emacs-27/>
- [74] https://www.gnu.org/software/emacs/manual/html_node/elisp/Processes.html
- [75] <https://gist.github.com/jclosure/cb34dbd813c6bd1e3c4e128ad87d69c7>
- [76] <https://www.emacswiki.org/emacs/tcp-client.el>
- [77] <http://wiki.ros.org/ROS/TCPROS>
- [78] <https://sinax.be/blog/lisp/programming-network-sockets-in-lisp.html>
- [79] <https://cybersecurityrobotics.net/disrupting-ros-communications-by-attacking-underlying-network-protocols/>
- [80] <https://futurism.com/the-byte/hacking-robots-easy>
- [81] <https://ieeexplore.ieee.org/document/8276850>
- [82] https://orbilu.uni.lu/bitstream/10993/39278/1/ROSploit__IEEE_IRC-certified.pdf



NETWORK SECURITY FOR REMOTE PROGRAMMING OF INDUSTRIAL ROBOTS

Boryan Vladimirov
Technical university of Sofia
Sofia, Bulgaria
E-mail: boryan.vladimirov@gmail.com

Abstract: The main protocols for data transfer in remote programming of industrial robots are considered. Solutions for remote programming of industrial robots via a computer network via a client server system are indicated

УПРАВЛЕНИЕ НА АКТУАТОР ЗА АКТИВНА ЛАКЪТНА ОРТЕЗА

Емил Петров
Институт по Роботика – БАН
София, България
E-mail: epetroff@abv.bg

Силвия Ангелова
ИБФБМИ – БАН
София, България
E-mail: sis21@abv.bg

Пламен Райков
Институт по роботика - БАН
София, България
E-mail: plamen.raykov@abv.bg

Резюме: Настоящата работа разглежда управлението на актуатор за активна лакътна ортеза. Информативно е показан общия вид на механиката на ортезата. Обоснован е изборът на актуатор и контролер. Представени са основни функции от приложно – програмния интерфейс предлаган от производителя, както и текущия потребителски софтуер за управление на актуатора. Очертани са бъдещите насоки в разработването на активна лакътна миоортеза.

Ключови думи: лакътна ортеза, актуатор, контролер, приложно-програмен интерфейс

I. УВОД

Прекаран мозъчен инсулт пораждащ двигателен дефицит в горните крайници, вродени мускулно-ставни проблеми, транспортни травми, спортни травми и др. причиняват недостатъчно добра функционалност на крайниците, инвалидизация и некомфортен начин на живот. Ето защо рехабилитацията още от началния стадий на заболяванията е много важна. Раздвижването на долните или горните крайници основно се извършва в лечебни заведения, рехабилитационни и балнео-лечебни центрове. Пациентите рядко прибегват до индивидуален физиотерапевт. Връщането към нормален живот на тези пациенти с проблеми в ставно-мускулната система на горните крайници е значима социална цел [1,2].

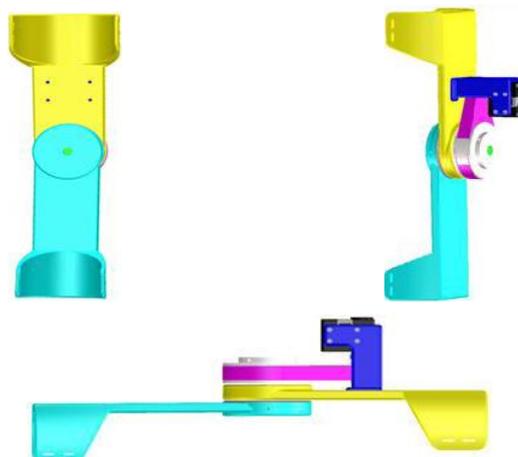
В днешно време има голямо разнообразие от активни ортопедични устройства с различни структури и изпълнения. За разлика от пасивните ортези, активните имат способността да увеличават и да поддържат мускулната сила на крайника, подпомагайки процеса на рехабилитация. Ортезата е механично устройство, прикрепено към тялото, за да поддържа част от тялото, да коригира анатомичното положение, да защити част от тялото или да подпомогне движението за подобряване на функцията на тялото. Ортезата позволява функционален капацитет и независимост на позата, което не е възможно без нея. Основната функция на активната ортеза е да поддържа крайника и да подпомага активно движенията на пациента. Активните устройства [3,4,5] осигуряват помощ при движение и притежават поне един задвижващ механизъм, като по този начин те са в състояние да произвеждат движение на горния крайник. Такава помощ се изисква, ако пациентът е твърде слаб, за да изпълнява специфични упражнения.

Механиката на активна ортеза на лакътна става обикновено е с една степен на свобода – флексия/екстензия - и рядко има възможност за пронация и супинация и/или движения на пръстите. Активните ортези могат да бъдат задвижвани от електрически двигатели, изкуствени мускули задвижвани от сгъстен

въздух или да се използват хидравлични системи. Пневматичните и хидравличните системи са съпроводени с обемисти компресори и дълги маркучи, електрическите са обемни и тежки. С развитието на технологиите се появяват иновативни, мощни, леки и с по-малки габарити електрически двигатели и съответно по-леки и с голям капацитет батерии. По този начин ортезата може да комбинира в себе си всички необходими компоненти и да бъде използвана като автономно изделие [6,7].

II. МЕХАНИКА НА ОРТЕЗАТА

Като механика ортезата се състои от две рамена, които се закрепват към мишницата и предмишницата на пациента чрез подходящи ремъчни елементи [8]. Двете рамена са свързани в областта на лакътната става чрез шарнир (с една ротационна степен на свобода) осигуряващ флексия и екстензия. Двигателят е закрепен за неподвижното рамо (мишница) на ортезата. За да се повиши общия въртящ момент е добавена ремъчна предавка понижаваща оборотите на двигателя. Размерът на желаните ъгли на движение и безопасността по време на работа се осигуряват чрез механични ограничители. CAD моделът на лакътната ортеза е представен на фиг.1. Горното рамо на устройството се използва и като корпус за електронни модули. [8]. На фиг.2. е показана снимка на прототипа на ортезата с монтирани актуатор и редуктор.



Фиг.1. CAD модел на активна лакътна ортеза



Фиг.2. Прототип на орезката с монтирани актуатор и редуктор

III. АКТУАТОР И КОНТРОЛЕР

За задвижване на орезката е избран електрически актуатор. Пазарът предлага голямо разнообразие от такива актуатори [9]. Важните изисквания при избор на актуатора на орезката (АО) са:

- Достатъчен въртящ момент, вкл. чрез външен редуктор [10];
- Безопасно захранващо напрежение;
- Обратна връзка по позиция и скорост;
- Възможност за прецизно управление в различни режими;
- Габарити и тегло, позволяващи интегрирането на актуатора в механиката на орезката.

Последните две от гореизброените изисквания предполагат интегриран актуатор (т.нар. “серво”), който включва в себе си двигател, абсолютен и/или инкрементален енкодер, локален контролер с комуникационни възможности, силов блок, редуктор и механична структура, позволяваща лесен монтаж и окабеляване.

От предлаганите на пазара интегрирани електрически актуатори бе избрана серията Dynamixel на фирмата Robotis [11]. Тя удовлетворява основните изисквания към АО изброени по-горе и предлага голямо разнообразие на модели. Нещо повече, фирмата предлага и главен контролер за управление на един или повече актуатора със съответния API (Application Programming Interface). От предлаганите модели бе избран Dynamixel XH430-W350-T [12] като оптимален спрямо изискванията към АО (фиг. 3). Управлението му се осъществява по сериен канал от главен контролер. Основните му технически характеристики са:

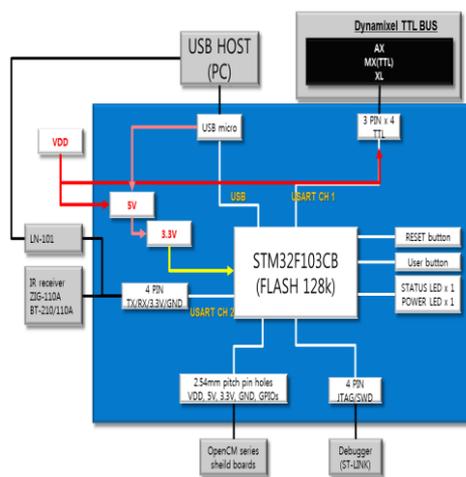
- Захранващо напрежение (V) - 10.0–14.8;



Фиг. 3. Актуатор Dynamixel XH430-W350

- Максимален момент (N·m) - 3.40 (12V);
- Максимален ток (A) – 1.36;
- Датчик за позиция – безконтактен, абсолютен (12 bit, 360 deg);
- Размери (WxHxD) (mm) - 28.5 x 46.5 x 34.0;
- Тегло (g) - 82.00.

Както бе споменато по-горе, фирмата Robotis предлага главен контролер за сервото Dynamixel XH430-W350-T. Това е контролерът OpenCM9.04 [13]. Структурната му схема е показана на фиг. 4.



Фиг. 4. Структурна схема на OpenCM9.04

IV. ПРОГРАМНО ОСИГУРЯВАНЕ

A. Приложно програмен интерфейс

Фирмата Robotis предлага Application Programming Interface (API) за голяма част от своите изделия. Основните функции от API, които се използват при изграждането на потребителския софтуер, могат да се обособят в следните основни направления:

- Инициализация на комуникацията с актуатора:


```
bool init(const char* device_name = "/dev/ttyUSB0", uint32_t baud_rate = 57600, const char **log=NULL);
```
- Проверка за наличие на актуатор Dynamixel и връщане информация за типа му:


```
bool ping(uint8_t id, uint16_t *get_model_number, const char **log = NULL);
```

- Задаване режим на работа на актуатора – управление по ток, момент, скорост, позиция и др.:

```
bool setCurrentControlMode(uint8_t id, const char
**log = NULL);
```

```
bool setTorqueControlMode(uint8_t id, const char
**log = NULL);
```

```
bool setVelocityControlMode(uint8_t id, const char
**log = NULL);
```

```
bool setPositionControlMode(uint8_t id, const char
**log = NULL);
```

- Получаване на данни за текуща скорост и позиция:

```
bool getPresentPositionData(uint8_t id, int32_t*
data, const char **log = NULL);
```

```
bool getPresentVelocityData(uint8_t id, int32_t* data,
const char **log = NULL);
```

Повече информация за API на актуаторите Dynamixel може да се намери в [14].

В. Приложен софтуер и текущи резултати

На настоящия етап от работата по проекта са реализирани следните функции на АО:

- Задаване на начална позиция на актуатора;
- Задаване на максимална скорост, съобразно избраните параметри на PID регулатора;
- Задаване на крайна позиция на актуатора;
- Задаване на брой флексии/екстензии;
- Изпълнение на движение съобразно зададените параметри и отчитане на ъгъла в ставата, като за целта е използван енкодера на сервото и са взети предвид преводните отношения в и извън него.

Текущите резултати по разработката са показани на фиг. 5а и фиг. 5б.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описаното по-горе управление на актуатор за активна лакътна ортеза е в процес на разработка, като бъдещата работа по проекта предвижда:

- експерименти с променливо натоварване на ортезата, измерване на електрически и времеви параметри и модифициране на потребителския софтуер съгласно резултатите от измерванията;
- изграждане на комуникационен канал между автономно работещ контролер и външно устройство;
- създаване на операторски интерфейс, позволяващ удобна и нагледна работа с ортезата;
- въвеждане на обратна връзка от електромиографски сензор(и), тоест използване и на електрическите сигнали от повърхностно разположените мускули за управление на актуатора;

- въвеждане на мерки за повишаване безопасността при експерименти с хора.

Фиг. 5а. Параметризиране на движението на актуатора

```

COM4
Send

Angle range 0 - 140deg, angle = (current rel. position)/(140*5)

Begin (up) absolute position: 4965
Begin (up) relative position: (0deg)0
End (down) relative position = 7964 (140deg)

Current abs. pos.: 4965
Current rel. pos. (degrees): 0.00
Current abs. pos.: 4972
Current rel. pos. (degrees): 0.12
Current abs. pos.: 6248
Current rel. pos. (degrees): 22.55
Current abs. pos.: 7350
Current rel. pos. (degrees): 41.93
Current abs. pos.: 9279
Current rel. pos. (degrees): 75.84
Current abs. pos.: 11150
Current rel. pos. (degrees): 108.73
Current abs. pos.: 12838
Current rel. pos. (degrees): 138.40
Current abs. pos.: 13956
Current rel. pos. (degrees): 158.05
Current abs. pos.: 13286
Current rel. pos. (degrees): 146.28
Current abs. pos.: 11995
Current rel. pos. (degrees): 123.58
Current abs. pos.: 10557
Current rel. pos. (degrees): 98.30
Current abs. pos.: 8839
Current rel. pos. (degrees): 68.10
Current abs. pos.: 7287
Current rel. pos. (degrees): 40.82
Current abs. pos.: 5687
Current rel. pos. (degrees): 12.69
Current abs. pos.: 3876

 Autoscroll  Show timestamp
Newline 57600 baud Clear output
  
```

Фиг. 56. Измерване на текущия ъгъл при флексия и екстензия

БЛАГОДАРНОСТИ

Дейностите, описани в настоящата работа, са финансирани от научноизследователски проект КП-06-М47/6 с тема „Теоретично изследване и експериментална верификация на активността на мускулите на горния човешки крайник без и с използване на активна лакътна мио-ортеза“ - Фонд Научни Изследвания “Конкурс за финансиране на фундаментални изследвания на млади учени и постдокторанти – 2020 г.”

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Buckwalter, J. A., 1996. Effects of early motion on healing of musculoskeletal tissues. *Hand Clinics* 12, 13-24.
- [2] Bernhardt, J., Godecke, E., Johnson, L., Langhorne, P., 2017. Early rehabilitation after stroke. *Current Opinion in Neurology* 30, 48-54.
- [3] Maciejasz, P., Eschweiler, J., Gerlach-Hahn, K., Jansen-troy, A., Leonhardt, S., 2014. A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* 11, 11-3.
- [4] Tiboni, M., Borboni, A., Faglia, R., Pellegrini, N., 2018. Robotics rehabilitation of the elbow based on surface electromyography signals. *Advances in Mechanical Engineering* 10, 1-14.
- [5] Rzyman, G., Szkopek, J., Redlarski, G., Palkowsk, A., 2020 Upper Limb Bionic Orthoses: General Overview and Forecasting Changes. *Applied sciences* 10, 1-22.
- [6] Benitez, L.M., Will, N., Tabie, M., Schmidt, S., Kircher, E., Albiez, J., 2013b. An EMG-based assistive orthosis for upper limb rehabilitation. In: *International Conference on Biomedical Electronics and Devices*. Science and Technology Publication. Spain, 323-328.
- [7] Ripel, T., Krejsa, J., Hrbacek, J., Cizmar, I., 2014. Active elbow orthosis. *International Journal of Advanced Robotic Systems* 11, 1-10.
- [8] Ribagin S., Raykova P., Raikova R., 2019. Mechanical design of an active elbow orthosis prototype. XXVIII МНТК “АДП-2019”, Сборник Доклади от Двадесет и Осмата Международна Научно-Техническа Конференция “Автоматизация на дискретното производство”, Созопол – юли 2019, 171-174.
- [9] <https://robocademy.com/2020/04/13/how-to-choose-an-actuator-for-your-robot/>
- [10] Minh, V., Tamre, M., Safonov, A., Musalimov, V., Kovalenko, P., Monakhov, I., 2019. Design and implementation of a mechatronic elbow orthosis. *Octa Press*, 1-8.
- [11] <https://robotis.us/dynamixel/>
- [12] https://www.robotis.us/dynamixel-xh430-w350-t/?_ga=2.5191795.1112940204.1613892299-366394703.1613892299
- [13] <https://manual.robotis.com/docs/en/parts/controller/openmc904>
- [14] https://manual.robotis.com/docs/en/software/dynamixel/dynamixel_w

ACTIVE ELBOW ORTHOSIS ACTUATOR CONTROL

Emil Petrov
Institute of Robotics - BAS
Sofia, Bulgaria
E-mail: epetroff@abv.bg

Silviya Angelova
IBPhBME - BAS
Sofia, Bulgaria
E-mail: sis21@abv.bg

Plamen Raykov
Institute of Robotics - BAS
Sofia, Bulgaria
E-mail: plamen.raykov@abv.bg

Abstract: The work makes a short view at the actuator control of an active elbow orthosis. The general appearance of the orthosis mechanics is shown. The choice of actuator and controller is considered. The main functions of the application program interface offered by the manufacturer as well as the current user software for actuator control are presented. The future guidelines in the development of active elbow orthosis are outlined.

СТРУКТУРА И ОРГАНИЗАЦИЯ НА СПЪТНИКОВА КОМУНИКАЦИОННА СИСТЕМА

Красимир Терзиев
 Институт по информационни и комуникационни
 технологии - БАН
 София, България
 E-mail: krasimir@orbitalconnect.com

Димитър Карастоянов
 Институт по информационни и комуникационни
 технологии - БАН
 София, България
 E-mail: dimikara@abv.bg

Резюме: Статията разглежда елементите и начина на действие на спътниковите комуникационни системи. Описани са основни наземни и космически модули на спътниковата връзка. Представена е организацията на комуникационните процеси в космическата връзка.

Ключови думи: спътник, комуникации, антена, телепорт, транспондер.

I. УВОД

Сателитните връзки и мрежи имат важна роля в глобалните комуникации. Те са част от световната телекомуникационна мрежа. Тяхното безспорно предимство е, че осигуряват моментална комуникация до най-отдалечени и недостъпни места (не е нужно изграждането на кабелна инфраструктура, а е нужна само една приемна и/или предавателна антена), не се влияят от природни бедствия на земната повърхност (земетресения, наводнения и други), предоставят връзки и интернет до морета и океани (стандартните кабелни мрежи не могат да свържат морски плавателни средства), както и че изпращат данни от една до много точки едновременно - point to multipoint (докато повечето комуникации са point to point), [1], [2].

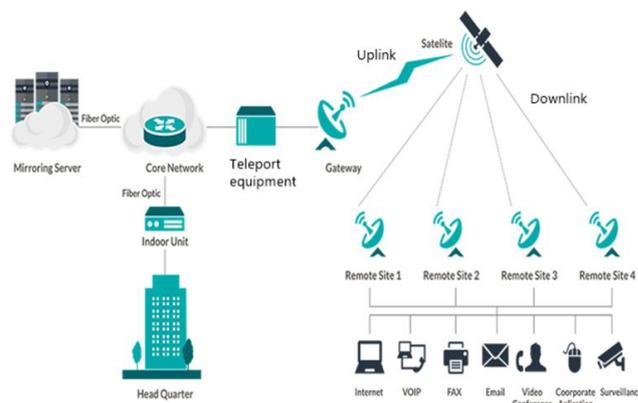
Несъмнено това са технологични предимства, които на този етап не могат да се заменят от нито една друга конвенционална комуникационна технология. Не случайно този тип връзки се използват и във висок процент за специфични проекти – като военни мисии, осигуряване на комуникационни свързаност по време на бедствия и аварии, както и морски Интернет и връзка.

Тяхната роля е изключително важна за осигуряването на свързаност с недостъпни точки и за осигуряване на глобално телекомуникационно покритие. В допълнение освен интернет трафика и преноса на данни, те дават възможност и достъп до телевизионно съдържание на домакинства, които са в отдалечени и недостъпни райони. Бързото организиране на мрежата и надеждната и високоскоростна връзка със спътника ги прави една от най-бързо развиващите се индустрии в 21 век.

II. СТРУКТУРА НА СПЪТНИКОВА КОМУНИКАЦИОННА СИСТЕМА

Спътниковата комуникация включва два основни сегмента – космически и наземен. Наземният сегмент включва приемо-предавателна станция и отдалечен клиентски терминал. Космическият сегмент включва спътник, състоящ се от основни компоненти (захранване, механически компоненти, рефлектори, излъчватели,

соларни панели, батерии, охлаждане, мотори за позициониране) и комуникационната част (антени и транспондери) – Фигура 1, [3].



Фиг.1. Компоненти на спътниковата комуникация

A. Наземен сегмент

Един от най-съществените компоненти за осъществяване на пренос до спътник е наземния сегмент или наземната станция, наречен още Gateway или Телепорт. Той се състои от най-общо казано от антенно поле за получаване и изпращане на данни до сателити, които са видими, според географското положение, както и оборудването към тях, с което се обработва сигналът до и от космическия сегмент / спътниците /. Хардуерът, който се използва са различни типове приемници, модулатори, модеми, суитчове, хъбове и много други. Трябва да се добави, че важна част от самата наземна мрежа е и ГТС антената – тя следи орбитата на сателита в реално време и има функция за насочване и прецизиране на позицията му. Освен това чрез нея се прави и телеметрия и дистанционен мониторинг и контрол. От английски език – Telemetry & Tracking and control antenna.

Тук ще разгледаме експлицитно антените, които са характерни за спътникова комуникация и предаване на данни до отдалечен терминал.

Можем да ги различим, според принцип на действие, режим на работа, според конструкцията, материала, честотния обхват, насоченост и начин на захранване.

Антените се различават освен спрямо марката / производителите, но и според размерите, което е от голямо значение за силата на сигнала и ефективността им, както и в честотния спектър, в който работят. В

допълнение всяка една от тях използва и различно оборудване за приемане, предаване, обработване, усилване на сигнала, отопление и др.

Всяка една част от гореспоменатите е ключова за осъществяването на надеждна и качествена спътникова телекомуникационна връзка. Тук ще упоменем само част от елементите.

- **Amplifier /BUC – Усилвател/ Block up convertor** – Обикновено се приема като понятие, че Усилвателите се експлоатират в Телепорт станцията, а BUC към remote или така наречен клиентски терминал. Използва се основно за излъчването на сателитния сигнал от антената до космическия сегмент. Основната му функция е да преобърне сигнала от по-ниска L band честота / 950Mhz – 1950Mhz /, която е характерна за вътрешното indoor оборудване и пристигащо от модема, в по-висока комерсиална честота – най-често C band /, KU или KA band.

- **LNB – Low Noise block convertor** – противоположно на BUC или Усилвателя, Low Noise block convertor следва да приеме слабия сигнал от спътника и да го преобърне в по-нисък честотен спектър – L band, като същевременно го усилва, предавайки го към кабелната вътрешна мрежа до модема.

- **Feedhorn / облъчвател** – когато се получава сигнал от спътника, той се отразява от рефлектора / сателитната антена до облъчвателя, който вече отвежда получения сигнал до LNB, за да се обработи по нататък от вътрешната мрежа. Той се намира винаги насочен към фокусната част на антената и е свързан към LNB.

- **Рефлектор на антената** - това е част от антената, която отразява получените радио електромагнитни лъчи и ги подава към облъчвателя.

- **Wave guide / вълновод** – Това е частта от антената, която транспортира електромагнитната вълна от облъчвателя до LNB. Без него е невъзможно приемането на сигнала от антената.

- **OMT / Orthomode Transducer** – това е частта, която разделя приемането и предаването на сигнала и е непосредствено след feedhorn-а / облъчвателя.

- **Отопление на антената** – Използва се на места, на които температурите падат под нулата и е възможно замръзването на компоненти и прекратяването на правилното функциониране на антената, впоследствие и интерференции на сигнала. Прилагат се различни типове отопления, като най-често то се прикрепя в задната част на антената, като то се активира при определение условия – най-често при по-ниски температури.

Описаните по-горе елементи са основна част от спътниковите връзки. На Фигура 2 е показана предавателна антена, която е част от Телепорт, която изпраща данни до спътника. На Фигура 3 са показани основни части от антената.

В допълнение към антенното поле, което е значима част за реализирането на сателитната връзка, към него следва да се добави, че е задължително присъствието на голям брой компоненти и допълнителен хардуер, който е

част от цялостната телекомуникационна среда и мрежа. Част от допълнителното оборудване са:



Фиг.2. Предавателна антена



Фиг.3. Основни части на антената

- **Модем** – названието му идва от думите модулатор и демодулатор. Във веригата, която разглеждаме, неговата основна функция е да преобразува bit-рейтове във радио сигнали и обратно. В допълнение те също биха могли да спестят и сателитен капацитет и едновременно и разходите за услугата, която се предлага, в зависимост от използваната технология и компоненти. Той се използва при услуги за пренос данни.

- **Модулатор** – модулаторът преобразува данните в радио вълни и добавя точна информация в електрическа или оптична вълнова форма – създава така наречения сателитен канал / satellite carrier. Модулацията е по-просто казано процесът на промяна на входящия сигнал в carrier, който модулира и енкодира точните данни в потока, който следва да се получи от обратната страна.

- **Демодулатор** – той има точно обратната функция на модулатора. Задачата му е да демодулира или с други думи да декодира изпратената информация през радио вълните и да ги преработи с цел получаване на подходящата и съществена информация от input източника.

- Up convertor / Down convertor – когато разглеждаме услугата от гледна точка на наземната станция, често имаме и отделно оборудване, което има за цел да конвертира base band сигнала от L band към по-висок комерсиален up convertor – C band, KU band, KA band и обратно да го конвертира към по-нисък такъв L band от по-високите честоти – down convertor.
- IP / network switch – когато говорим за глобална мрежа и връзката им към останалите наземни комуникационни мрежи, не можем да не разгледаме и функцията на суча. Нарича се още switching hub, bridging hub и функцията му е да свърже вътрешната компютърна мрежа и хардуер с крайното устройство, като изпраща и приема пакети от устройствата от двете страни на мрежата.
- Router – Нарича се още маршрутизатор. Ролята му е съществена в комуникационните мрежи, защото той рутира или разпределя пакетите, които идват от различните мрежи, по конкретен начин, който е заложен/конфигуриран предварително. Той е маршрутизатор според заложените IP адреси/таблицы.

В. Космически сегмент

Космическият сегмент включва изкуствения спътник, наречен още сателит, който се извежда в орбита, за нуждите на телекомуникационните услуги. Функцията му е да приема сигнали от земята и да изпрати / отрази същите към друга предварително зададена точка или локация – Фигура 4.



Фиг.4. Изкуствен спътник

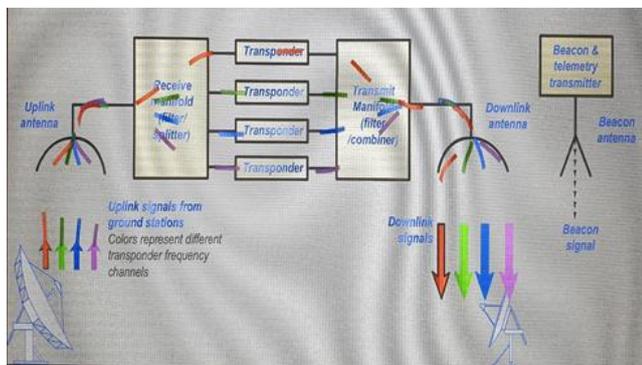
Спътниците търпят бурно развитие и прогрес. Към днешна дата над 1000 изкуствени спътника са около земята. Размерите им са много различни, като варират от така наречените Cube satellites – само 4 инча и 2 паунда и могат да се хванат и вдигнат с две ръце до такива с тежест 10 тона и 34 метра дължина. Принципно всеки един от тях се изстрелва от специална ракета, в която сателитът се съгва и постепенно се разгръща, след като достига определена височина. Част от ракетата пък от своя страна изгаря в атмосферата.

По-долу са описани основните компоненти на един спътник, както и процесите, които се случват при приемането и предаването на радио сигнали. Най-общо, два са основните елементи – BUS (захранване, механически компоненти, охлаждане, мотори за

позициониране, съпорт функции) и Payload (комуникационната част – транспондерите и антените).

- Части на BUS сегмент
 - Рефлектори – това са антените, които са инсталирани на спътника, които приемат сигналите от земната станция и ги предават към feedhorn / облъчвателя. Те се използват също и за насочването към специфична зона на покритие / downlink / към земята, изпращайки приетите сигнали към финалната дестинация.
 - Feedhorn / облъчвател – компонент, който има същата функция, както при предавателните наземни антени. Той получава сигнала, изпратен от рефлектора / антената на спътника и я насочва за пренос към транспондера, за да се изпрати обратно към земята.
 - Соларни панели – енергията, която се използва от сателита се осигурява от соларните панели. Понякога сателитите преминават през сянка на земята и соларните панели спират да произвеждат мощност. Това обаче е предвидено от производителя, като са осигурени и батерии с висок капацитет, които да генерират достатъчно енергия за безпроблемното функциониране на спътника.
 - Ракетен двигател – използва се, след като се изстреля сателита за правилното позициониране на точна орбита.
 - Thrusters / малки йонни ракети – те са важна част от сателита, защото периодично имат задачата да държат сателита на правилна и прецизна позиция, за да не се промени покритието му / зоната на покритие на земята. Освен това, ако се налага промяна на позицията му, също чрез тях тя се променя. Това се случва, след като те подават гориво няколко пъти на седмица или месец. Те променят обикновено позицията на сателита с +/- 0.1 до 0.5 градуса от неговата орбитална позиция. В повечето случаи живота на сателита зависи точно от тях. След като им свърши горивото, сателитът заема наклонена / inclined орбита.
 - Сензори – те постоянно следят позицията на земята и слънцето. Използват се да ориентират спътника в пространството и същевременно да могат антените му да са насочени към точна локация към земята.
 - Momentum wheel / Импулсно колело – има функцията на жirosкоп, който подпомага стабилната позиция на спътника към земята. Зоната на покритие на сателитната платформа понякога се променя минимално, точно предвид тези периодични корекции и това може хипотетично да наруши връзката с терминали / клиентски антени, които се намират по периферията на лъча и зоната на покритие.
- Части на Payload сегмент
 - Транспондер – това е частта от сателита, който изпълнява функцията му точно, според неговото предназначение – а именно да приема и предава данни. Той е най-важната част, чрез която се пренася телекомуникационен сигнал от и към земята. Това е така наречения payload, който всъщност е и комерсиалната страна при сателитните оператори. Те продават на крайните клиенти точно транспондери в конкретни MHz

и по този начин успяват да реализират крайни печалби, разбира се, ако постигнат добри margin-и на сделката. Те имат за цел да усилят слабия сигнал, получен от земята, да го конвертират в подходяща честота за обработка и downlink и да го изпратят обратно с по-висока сила към земята през feedhorn. Всъщност те приемат канали от честоти, преобразуват ги в по-ниска честота, усилят ги и ги изпраща обратно към земята.



Фиг.5. Транспондер и предаване на данни

- Beacon telemetry antenna / transmitter – сигналната антена изпраща сигнал до земята, който дава данни за статуса на сателита, както и подпомага правилното следене на ТТС антената от земята. Това се прави с цел да се следи състоянието на спътника.

Сателитите имат най-често между 20 и 40 транспондера, както и работят в две поляризации. Животът на един спътник средно е между 10 и 15 години. Основните причини за прекратяването му на дейност са липсата на гориво във thrusters / малки йонни ракети, грешка в някой от основните компоненти като електроника, соларни панели или контролираща система. Възможно е също сателитният оператор да използва дадената орбитална позиция за друг нов или съществуващ спътник. След като горивото намалее, сателитът заема inclined orbit / наклонена орбита, като това все пак дава възможност да продължи функционирането му, но доста по неефикасно от гледна точка на връзка с наземните антени. Когато горивото свърши на 100%, той се засилва към Graveyard / гробищна орбита, където се превръща в космически боклук.

От своя страна клиентите мигрират към други активни спътници, чрез които услугата продължава да работи. Ако операторът не може да предостави услуга, клиентите пък имат право да се прекратят взаимоотношенията.

Сателитите се изстрелват в орбита чрез launch vehicle / ракета носител.

На английски се наричат expandable multistage rockets или разглобяема много етапна ракета. Сателитът е в сгънато положение в самата ракета, като по този начин се съхранява преди достигането му до крайната цел / орбита.

Има още други компоненти, които не разглеждаме тук, но описаните по-горе обясняват най-важните части,

които са жизненоважни за функционирането на сателитната връзка. По този начин се придобива ясна представа за начина на функциониране и комуникация с изкуствен спътник.

III. ОРГАНИЗАЦИЯ НА СПЪТНИКОВА КОМУНИКАЦИОННА СИСТЕМА

Еднопосочната комуникация между наземния сегмент през спътника и до конкретната целева дестинация / клиентски терминал се нарича симплекс. Тези връзки са еднопосочни и изпращат данни само към отдалечения терминал. Двупосочните връзки осъществяват пренос на информация от едната точка към другата и обратно – те се наричат дуплекс, [4].

В наземната станция / Телепорта се модулира сигналът в конкретен честотен спектър, като предварително той е конвертиран от baseband сегмента / L Band /. Той може да бъде аналогов, както и цифров. За да се излъчи аналогов сигнал, обикновено се използва FM. Когато се модулира цифров сигнал се употребява PSK – BPSK, QPSK, 8PSK, 16 APSK и т.н.

Gateway антената / Телепорт антената изпраща сигнала до съответната сателитна платформа. Спътникът приема сигнала, през рефлектор и feedhorn, като своевременно го конвертира в подходяща честота, след което го усилява чрез Upconverter и го подава обратно към целевия клиентски или отдалечен терминал или терминали.

Приемната антена на земята получава този сигнал, конвертира го към по-нисък честотен спектър чрез LNB / L band / и се изпраща до модем или друго устройство, за да се получи и обработи по нататък в base band на оператора или клиента. Информацията се предава и приема чрез използването на сателитни носещи / carriers. В много от случаите всеки един сателит има възможност да предава няколко сигнала едновременно, използвайки технологията TDMA / time division multiplexing / или FDM / frequency division multiplexing /. Всяка една от сателитна носеща може да предава също няколко канала. Сигналът се мултиплексира предварително в baseband до единичен сигнал, след което се излъчва до сателита, който пък го предава към наземната приемна антена. Терминологията, която се прилага в този случай е MCPC или multiple channels per carrier / понякога се нарича multiple connection per carrier/. Когато се излъчват няколко канала в един поток, често се заема и голяма честотна лента от сателитния оператор. Точно обратното е вярно при използване на SCPC връзки.

Когато не се извършва мултиплексиране на ниво base band / оборудването на оператора или headend /, тогава се предава един канал в потока и имаме SCPC или single channel per carrier. Процесът е доста по-лесен за разлика от MCPC, като най-често се прилага при излъчването на аналогови сигнали.

Друг тип технология е TDMA – time division multiplexing, който се използва при изпращане на данни до няколко дестинации. Този начин дава възможност на потребителите да използват същата честота, която всъщност разделя сигнала на няколко времеви слота. Ползвателите се редуват през много кратки интервали,

като използват абсолютно същия заложен и предефиниран слот.

За да функционират спътниковите комуникации е необходимо да се спазва определен честотен спектър. Освен това те трябва да спазват и работят в пълно съответствие международните регулации, които се определят и контролират от Международния телекомуникационен съюз (International Telecommunication Union – ITU) ITU е създадена през 1934 година и е със седалище в гр. Женева, Швейцария. В съюза членуват 193 държави и над 700 организации от частния сектор. ITU има три главни направления като функции:

- Radiocommunications - Разпределение и използване на радиочестотния спектър и спътниковите орбити
- Standardization - Стандартизация на телекомуникационните услуги
- Development – Развитие, подобряване и разширяване на телекомуникационните услуги

Основните характеристики и параметри на спътниковите комуникационни системи, които се следят от ITU са: избор на честота, максимална излъчена мощност, орбитално местоположение на спътника. Целта на тези мерки е намаляването на интерференциите между различните мрежи и системи, излъчващи в един честотен спектър, без значение къде се намират – дали на земята или във въздуха и космическото пространство. За да се планират правилно сателитните мрежи, светът е разделен на три региона:

1. Регион 1 – Европа, Африка и бившия СССР и Монголия
2. Регион 2 – Северна и Южна Америка и Гренландия
3. Регион 3 – Азия, Австралия и югозападен Пасифик

Радио спектърът е в основата на изграждането и осъществяването на надеждна комуникационна връзка, както и за оборудването, което следва да се използва при организирането на този процес. Важно е да се отбележи, че честотата е релевантна към дължината на вълната. Средата на разпространение на вълната също е важен фактор за сателитните комуникации, предвид различните интерференции, които можем да срещнем, преминавайки голямото разстояние до геостационарния спътник. Тя се отличава с коаксиални вълни, атмосферата на земята и космическото пространство. Най-честите загуби се получават от отражението на радио вълните от йоносферата.

Общо казано, колкото по-ниска е честотата, толкова по-добри са параметрите на разпространението му, но колкото по-висока пък е честотата, толкова по-голям е и наличния честотен капацитет. Това от своя страна води до повече данни, които могат да се предадат между двете или няколко точки. При някои сегменти като MSS / mobile satellite service /, наличието на сигнал и съответно покритие е от съществено значение, а не толкова обема данни и поради тази причина се използва ниска честота. Например в морския VSAT е необходима 100% наличност на интернет услугата, защото ако настъпи

бедствено положение, екипажът следва да може да изпрати спешна нотификация, за да се спаси например плавателното средство и персонала на борда. В сегменти като DTH се изисква висок наличен сателитен капацитет, поради което се прилагат основно по-високи честоти – KU band например, [5].

Най-широко използваните обхвати са C band, KU band, KA band, VHF и L band.

VHF – приложението му е основно за определени навигационни услуги, а също и за пренос на данни от метео сателити. Любителите също го ползват на практика за провеждането на различни научни тестове и експерименти.

L band – тази лента практически е ограничена между 1GHz – 2 GHz, което я лимитира от гледна точка на капацитети и данни, които могат да се трансферират. Тя обаче е незаменима предвид ниската честота, която осигурява сигурна връзка и 100% комуникация, ако има покритие на сателита. Най-често тя се прилага в корабните и морските плавателни средства, като термините са част от мрежата на сателитните оператори Thuraya, Iridium, Inmarsat.

C band е по-нисък банд, който гарантира сигурен пренос, дори и при лоши атмосферни условия, като предимството му е надеждността, но е скъп и е толкова практичен предвид по-големите размери на антената, съответно по-скъпото му приложение.

KU band се използва най-често, защото балансът между надеждност и приложимост е запазен. Тук можем да осигурим сравнително добра цена за потребителски хардуер и услуга, която почти не се влияе от времето. Тоест използва се доста често в сателитните технологии.

KA band – в последните години, с оглед ограничения вече капацитет и нарастването на интереса към сателитните технологии, операторите получиха лиценз за използването на KA band честотата. Тя е най-високата комерсиална такава и има най-голяма възможна честотна лента и респективно обем данни, които могат да се пренесат. Уязвима е разбира се от атмосферните условия и поради тази причина, лъحوвете са силно концентрирани в spot-ове, но това я прави ограничена от към покритие. Използва се основно за фиксирани VSAT или за морски VSAT с регионални покритие.

На фиг. 6 е представено международното разделяне на радио честотния спектър.

Radio Frequency Band Designations

IEEE Standard Radar Band Nomenclature

DESIGNATION	FREQUENCY	WAVELENGTH
HF	3 - 30 MHz	100 m - 10 m
VHF	30 - 300 MHz	10 m - 1 m
UHF	300 - 1000 MHz	100 cm - 30 cm
L Band	1 - 2 GHz	30 cm - 15 cm
S Band	2 - 4 GHz	15 cm - 7.5 cm
C Band	4 - 8 GHz	7.5 cm - 3.75 cm
X Band	8 - 12 GHz	3.75 cm - 2.50 cm
Ku Band	12 - 18 GHz	2.50 cm - 1.67 cm
K Band	18 - 27 GHz	1.67 - 1.11 cm
Ka Band	27 - 40 GHz	1.11 cm - 0.75 cm
V Band	40 - 75 GHz	7.5 mm - 4.0 mm
W Band	75 - 110 GHz	4.0 mm - 2.7 mm
mm Band	110 - 300 GHz	2.7 mm - 1.0 mm

Фиг.6. Радио честотен спектър

Сателитният честотен спектър разделя честотите на предаване и приемане с цел избягването на интерференции. Те също се прецизно определени от ITU в конкретна честота, [6].

- C band – 5.85 – 7.075GHz uplink и 3.4 – 4.2GHz downlink,

- KU band -13.75 – 14.8GHz uplink и 10.7 – 11.7GHz downlink,

- Ka band – 28.0 – 30.0GHz uplink и 17.7 – 19.7GHz downlink.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Днес живеем в дигиталната ера, в която технологията води до промяна в почти всяка индустрия, независимо дали става въпрос за използването на смартфони, автоматизация за подобряване на операциите, облачни изчисления за сътрудничество, анализ на данни за извличане на прозрения. Интелигентното използване на технологиите се превръща в неразделна част от успеха в бизнеса. Обаче никоя индустрия не е така движена от технологията, колкото е банкирането.

Лесно е кажем, че банкирането става по-автономно за клиента. Макар че някои клиенти на банката все още избират да получат парите си в клон и да ги депозират, много от тях прибегват до удобството да могат да правят депозити чрез мобилното приложение на банката или дори през банкомата..

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стефан Желев, Спътникови комуникации, Университетско издание „Епископ Константин Преславски“, Шумен 2012
- [2] Комуникации на море и световна морска система за бедствия и безопасност, Чавдар Александров и Соня Тончева, Издателска къща „СТЕНО“, Варна 2019г.
- [3] Global VSAT Training - <https://gvftraining.org/>
- [4] Eutelsat official web site - <https://www.eutelsat.com/en/home.html>
- [5] VIVACOM / Satellite services web site – <https://www.vivacom.bg/bg/business/uslugi-za-dostavchici/satelitni-uslugi>
- [6] International Communications Union – <https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>

STRUCTURE AND ORGANIZATION OF A SATELLITE COMMUNICATION SYSTEM

Krasimir Terziev
Institute of Information and Communication Technologies
Sofia, Bulgaria
E-mail: krasimir@orbitalconnect.com

Dimitar Karastoyanov
Institute of Information and Communication Technologies
Sofia, Bulgaria
E-mail: dimikara@abv.bg

Abstract: The article discusses the elements and mode of operation of satellite communication systems. Basic terrestrial and space modules of the satellite connection are described. The organization of the communication processes in the space connection is presented.

ПРОГРАМИРАНЕ И УПРАВЛЕНИЕ НА АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА КОМПОСТ

Слав Димитров
Технически университет
София, България
E-mail: sbd@tu-sofia.bg

Димитър Тотев
Технически университет
София, България
E-mail: ditotev@gmail.com

Ренета Димитрова
Технически университет
София, България
E-mail: rkd@tu-sofia.bg

Резюме: Обект на настоящата разработка е новосъздадена технология за производство на компост. Целта е създаване на автоматизирана система за производство на компост, чрез програмиране и разработване на електрическо управление за ускорение на процеса за производство на компост в култивирана среда.

Ключови думи: автоматизирана система, компост, управление, програмируем логически контролер, програмиране, програмен код.

I. УВОД

За постигане на целта е необходимо разработване на следните основни компоненти:

- Проектиране на ново електрическо табло.
- Проектиране на нова електрическа апаратура.
- Разработване на нова управляваща програма.
- Създаване на SCADA система за наблюдение на процеса.
- Създаване на архив на данни на основни параметри.

II. ПРИНЦИП НА РАБОТА НА НОВОСЪЗДАДЕНАТА ТЕХНОЛОГИЯ

Процесът на компостиране е екзотермичен и аеробен. За внасяне на необходимото количество въздух се използва аерационна система, състояща се от центробежни вентилатори и разпределителни аерационни канали. Аерацията на куповете се извършва с цел охлаждане и доставка на кислород през интензивната фаза на компостиране и фазата на стабилизация. През фазата на зреене не се извършва принудителна аерация. Работата на вентилаторите зависи от фазата на компостиране, температурата на компоста и съдържанието на кислород.

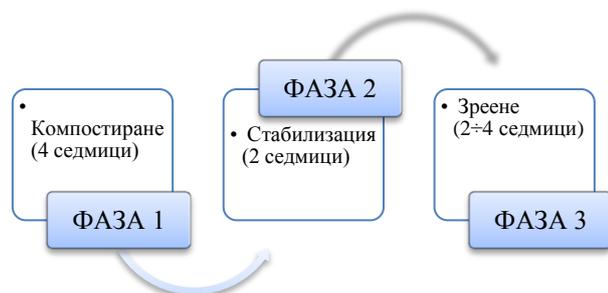


Fig. 1. Процес на компостиране

A. Описание на фаза „Компостиране“

Фаза „Компостиране“ продължава четири седмици (28 денонощия) и се разделя на няколко под фази:

- Под фаза „Старт“.
- Под фаза „Стерилизация“.
- Под фаза „Интензивно компостиране“.

Под фаза „Старт“ и включването на вентилаторите започва след формирането на купа. В тази под фаза започва повишаване на температурата на компоста и изчерпване на кислорода. Продължава до достигане на температурата на компоста до 50° [C] (около два дни в зависимост от външната температура и материала, който е компостиран). До достигане на тази температура се използва времеви контрол на вентилатора. В цикли с обща продължителност 30 [min], вентилаторът работи 12 [min]. Запис на данни за температурата през 4 [h]. Запис на данни за съдържанието на кислород през 12 [h].

При достигане на температура 50° [C] започва под фаза „Стерилизация“. В нея за работата на вентилаторите се използва контрол на зададена температура. През под фазата „Стерилизация“ се поддържа температура в купа средно 57,5° [C] за период от три дни, за да се унищожат всички бактерии или вируси. При повишаване на температурата до 60° [C] вентилаторите се включват и се изключват при 55° [C]. Запис на данни за кислорода през 8 [h].

След три дни при средна температура 57,5° [C] започва под фаза „Интензивно компостиране“. През под фазата на интензивно компостиране за работата на вентилаторите се използва контрол на зададената температура и контрол на съдържанието на кислород.

През тази под фаза в купа следва да се поддържа температура между 50° [C] и 55° [C] (включване на вентилаторите при достигане на 55° [C] и изключване при достигане на 50° [C]) за неопределено време, но около 25 денонощия. По време на интензивната под фаза вентилаторите не бива да са спрени от работа за повече от 30 [min], освен ако кислородът в купа е недостатъчен. Съдържанието на кислород трябва да е над 12%.

В тази под фаза се извършва двоен контрол на работата на вентилаторите – първо работят в температурен диапазон 50°÷55° [C] и второ работят при съдържание на кислород под 12%.

Завършването на активната фаза се осъществява чрез понижаване на температурата в компоста до около $40^{\circ}\pm 45^{\circ}$ [C]. При достигане на тази температура се подава сигнал за край на фазата.

В. Описание на фаза „Стабилизация”

Втора фаза „Стабилизация” продължава две седмици (14 денонощия). За работа на вентилаторите се използва контрол на зададената температура и контрол на съдържанието на кислород. През тази фаза в купа следва да се поддържа температура между $40^{\circ}\pm 45^{\circ}$ [C]. Съдържанието на кислород трябва да е над 7%.

В тази фаза се извършва двоен контрол на работата на вентилаторите – първо работят в температурен диапазон $40^{\circ}\pm 45^{\circ}$ [C] и второ работят при съдържание на кислород под 7%.

Завършването на фаза „Стабилизация” се индикира от понижаване на температурата в компоста в порядъка $35^{\circ}\pm 38^{\circ}$ [C]. При достигане на тази температура се подава сигнал за край на фазата. Запис на данни за кислорода през 24 [h].

При работа на вентилаторите и продължаване на повишаване на температурата до достигане на 85° [C] да се включи аларма за опасност от пожар.

Куповете за общо три броя (фаза 1 и фаза 2). Всеки куп преминава през посочените фази и под фази през различен период от време, т.е. следва да има самостоятелна система за контрол на работата на вентилатора към всеки куп.

С. Описание на фаза „Зреене”

Фаза „Зреене” се осъществява след плочно преместване в неаерирана зона. Крайния продукт, а именно компоста е готов обикновено в рамките на две до четири седмици.

III. РАЗРАБОТВАНЕ НА ОСНОВНИТЕ КОМПОНЕНТИ

А. Електрическата схема и електрическото табло

За създаване на електрическата схема на електрическото табло (фиг. 2) е използвана програмна среда “EPLAN” (фиг. 3). Всички използвани елементи за изработване на електрическата апаратура за изобразени на графичната електрическа документация.



Fig. 2. Електрическо табло на автоматизираната система

Показано е и правилното електрическо свързване на всички сензори и актори. За създаването на SCADA системата е използван език от високо ниво и платформата е създадена конкретно за системата за компост (фиг. 4). SCADA системата позволява контрол и мониторинг на целия процес и записване на данни на основните параметри. За изработване на програмен код е използвана среда “SoMachine Basic” (фиг. 5). “SoMachine Basic” е специализиран софтуер за програмиране на контролери Shneider и периферни към него устройства, като позволява използване на различни видове визуализация. Това включва компютърни системи или външен дисплей. Също така позволява използването на външни устройства, управлявани посредством различни протоколи. Програмата притежава вътрешна диагностика, която помага на програмиста лесно да поправя грешките си.

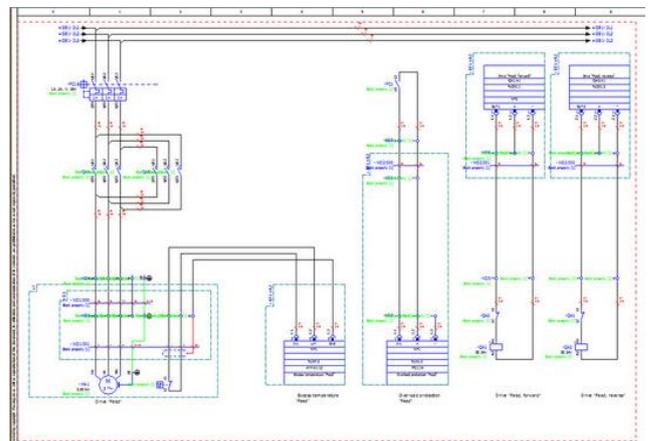


Fig. 3. Среда за електрическа схема EPLAN

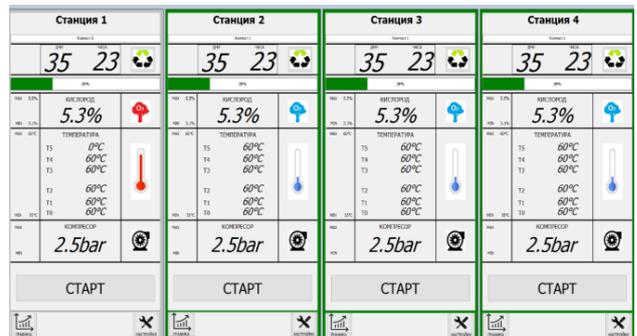


Fig. 4. SCADA система за визуализиране на процеса

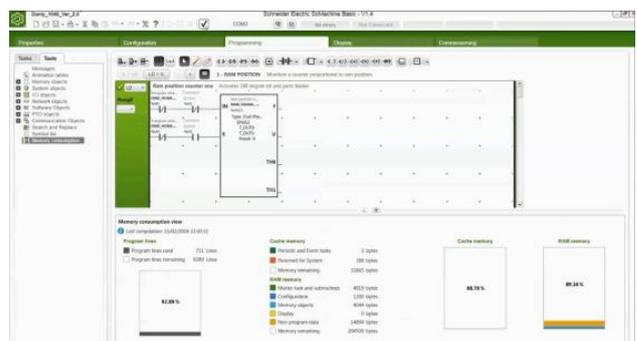


Fig. 5. Среда за създаване на програмен код

В. Основна използвана апаратура



Fig. 6. Контролер M221

ТАБЛ.1. ХАРАКТЕРИСТИКА:	
Гама на продукта	Modicon M221
[Us] номинално захранващо напрежение	24 VDC
Дискретен номер на вход	14 Дискретен вход в съответствие с IEC 61131-2
Вид дискретен изход	Транзистор
Дискретен номер на изход	10 Транзистор
Дискретно напрежение на изход	24 V DC
Дискретен изходен ток	0.5 A



Fig. 7. Импулсно захранване

ТАБЛ.2. ХАРАКТЕРИСТИКА:	
Входно напрежение:	Монофазно, 100 до 240 VAC, 50/60 Hz
Изходно напрежение:	24 VDC
Изходен ток:	2,5 A
Изходна мощност:	60 W
Промяна на изходното напрежение, %	От -10 до +15
Ефективност при 230 VAC вход, %:	88
Размери Ш x Д x В, mm :	32x110x90



Fig. 8. Индустриално устройство TCSESU083FN0

С. Извадка от създадената електрическа схема

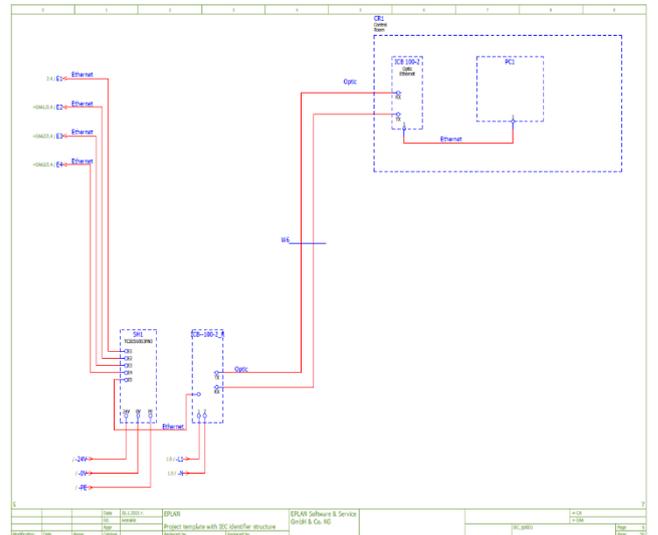
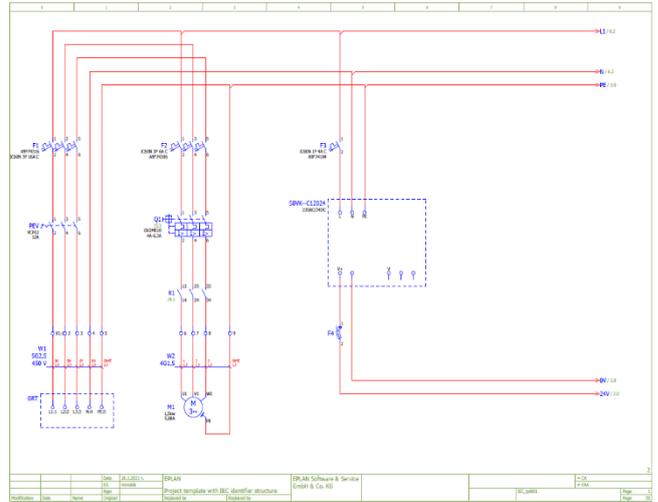
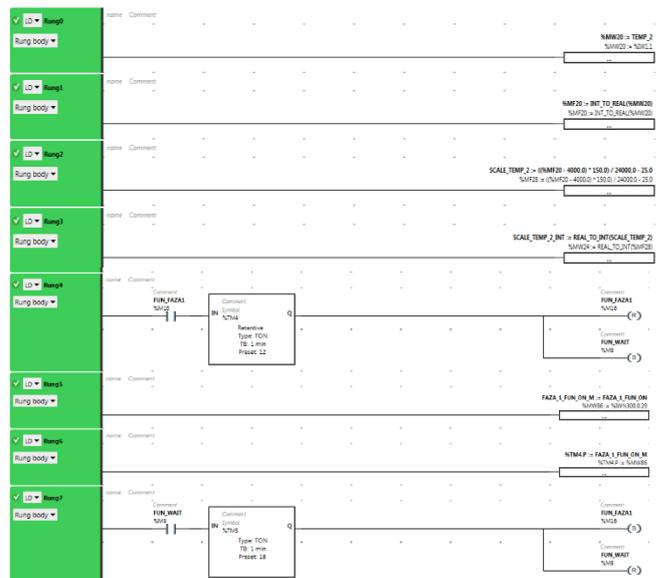


Fig. 9. Извадка от създадената електрическа схема

Д. Извадка от разработения програмнен код



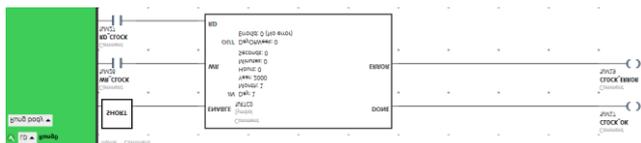


Fig. 10. Извадка от разработения програмен код

Е. Създаване на SCADA система за наблюдение на процеса

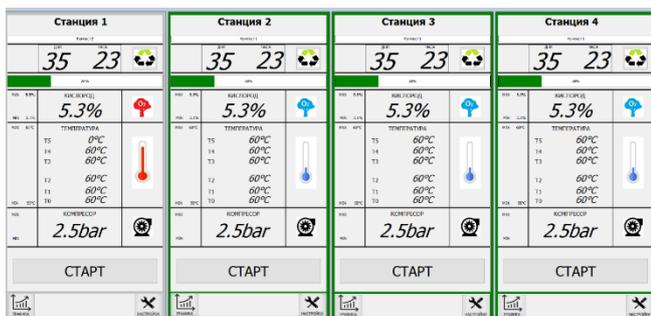


Fig. 11. SCADA система

IV. ИЗВОДИ:

- Създадена е автоматизирана система за производство на компост увеличаваща свойството на компостиране с осем пъти.
- Създаден е цикъл за работа на автоматичен режим.
- Разработена е електрическа схема и електрическо табло.
- Създадена е SCADA система за наблюдение на процеса.
- Представен е програмен код за управление

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] С. Димитров, Й. Стоянов и Д. Генчев, “Програмиране и управление на автоматизиран комплекс за игра на шах”, XXVIII МНТК „АДП – 2019”, Созопол, 29.06 – 02.07.2019 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство”, бр.1/юли 2019г., ISSN: 2682-9584, (194-200).
- [2] С. Димитров, “Програмиране и управление на обмен дозатор”, XXVIII МНТК „АДП – 2019”, Созопол, 29.06 – 02.07.2019 г., Списание „Автоматизация на дискретното производство”, бр.1/юли 2019г., ISSN: 2682-9584, (280-285).
- [3] M. Kambushev, N. Chivarov, A. Marinov and R. Dimitrova, “Approbation of a mathematical model of a specialized mechatronic system”, XI National conference with international participation, Electronica 2020, 23 – 24 July 2020 Sofia, Scopus, IEEE Xplore Digital Library, Scopus database (IEEE Conference record # 50406), 9305150.
- [4] S. Dimitrov, L. Dimitrov, R. Dimitrova and S.Nikolov, “Examination of the process of automated closure of containers with screw caps”, International Conference on Information Technologies ICIT-2019: Information and Communication Technologies for Industry and Research, 7-8.02.2019, Saratov, Russia, Springer International Publishing, DOI 10.1007/978-3-030-12072-6_41, ISBN 9783030120726 (online), 9783030120719 (print), pp. (502-514).
- [5] S. Nikolov, R. Dimitrova and L. Dimitrov, “Mathematical model of displacements in tools used in boring operations on machining centers”, 25th IEEE International Conference on PROBLEMS OF AUTOMATED ELECTRIC DRIVE Theory and practice PAEP 2020, September 21-25, 2020, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyyi National University, Ukraine, Scopus, (9240838).
- [6] <https://www.se.com/bg>
- [7] <https://rota.bg>
- [8] <https://www.festo.com>

AUTOMATED COMPOST SYSTEM PROGRAMMING AND MANAGEMEN

Slav Dimitrov
 Technical University
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: sbd@tu-sofia.bg

Dimitar Totev
 Technical University
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: ditotev@gmail.com

Reneta Dimitrova
 Technical University
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: rkd@tu-sofia.bg

Abstract: This electronic document is a template and already defines the components of your paper [title, text, heads, etc.] in its style sheet. Do Not Use Symbols, Special Characters, Footnotes, or Math in Paper Title or Abstract.

АЛГОРИТМИ ЗА КОНТРОЛ НА ЗАДРЪСТВЕНИЯТА В КОМУНИКАЦИОННИТЕ МРЕЖИ

Чавдар Костадинов
ВА „Г. С. Раковски“
Катедра Комуникационни и информационни системи
София, България
E-mail: ch.kostadinov@rncd.bg

Резюме: В статията са разгледани най-разпространените алгоритми, които се използват за преодоляване на задръстванията, получаващи се при преминаване през много комуникационни устройства на информация. Представена е последователността на работа на всеки един от разгледаните алгоритми.

Ключови думи: комуникационни мрежи, алгоритми за контрол на задръстванията, критерии за ефективност

I. УВОД

Има множество алгоритми за контрол на задръстванията, които се ползват от маршрутизиращите устройства при предаването на информация.

Чрез промяната на няколкото управляващи времеви интервала, TCP (Transmission Control Protocol) може да подбира времето за реакция на различни събития от страна на хостовете-кореспонденти. За целта хостовете непрекъснато определят средното време за преминаване на сегментите в двете посоки (round trip times). Те записват времената на изпращане на сегментите и времената на получаване на съответните потвърждения, изчисляват разликите и определят средното време за преминаване на сегментите през мрежата, по което настройват своите времеви интервала.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

Основните функции на TCP са: потвърждаване и повторно предаване (Acknowledgments and retransmissions), установяване на съединение (Establishing a TCP connection), затваряне на съединение (Closing); алгоритми за контрол на задръстванията (TCP congestion control algorithms).

Множество алгоритми за контрол на задръстванията в IP мрежата са предложени, но на практика са възприети четири от тях [1] – бавен старт (slow start), избягване на задръстванията (congestion avoidance), бързо повторно предаване (fast retransmit) и бързо възстановяване (fast recovery).

Бавният старт се реализира в днешните мрежи, за разлика от по-старите решения, които разчитат на бързо предаване в началото на връзката, докато не е изчерпан прозореца. Бързото предаване веднага след установяване на транспортното съединение, води до претоварване на транзитните рутери и до увеличаване на вероятността за загуба на IP пакети, а следователно и до загуба на TCP сегменти. При бавния старт, източникът предава един TCP сегмент и изчаква потвърдението, като измерва времето за неговото получаване. Ако потвърдението

(сегмент с вдигнат флаг ACK) не се забави, предавателят предава последователно два сегмента. Ако тяхното потвърждение не се забави, предавателят предава три сегмента и т.н. Този ръст на активността на предавателя е плавен и “изследва” състоянието на мрежата. Забавянето на потвържденията означава претоварване на транзитните рутери и източникът започва да намалява бавно своята скорост.

Избягване на задръстванията се постига, като се има предвид, че вероятността за загуба на пакети в слой IP, която се дължи на грешки в тях, на практика не превишава 1% от всички предадени пакети. Това означава, че закъснението на пакетите се дължи в 99% от случаите на задръствания в транзитните рутери. Протоколът TCP има два индикатора за загуба на сегмента: 1) изтичане на тайм-аута без да е получено потвърждение (ACK); 2) получаване на множество ACK за един TCP сегмент. Когато установи трайно задръстване по тези критерии, алгоритъмът за избягване на задръстванията намалява големината на прозореца, с което трайно намалява възможностите на предавателите да въвеждат големи количества информация, без получаване на съответните потвърждения.

Бързо възстановяване означава, че източникът на TCP сегменти не изчаква изтичането на тайм-аута за получаване на определено потвърждение, ако получи няколко поредни потвърждения на предишния сегмент. Тогава той повтаря непотвърдения сегмент преди изтичане на тайм-аута (фиг. 1). Това повишава гъвкавостта на протокола TCP и му позволява да реагира бързо на случайни загуби на пакети, когато те не се дължат на задръствания в мрежата, а на грешки в маршрутизирането или повишено ниво на шума в линиите.

Конвенцията за именуване на алгоритмите за контрол на задръстванията (CCA) е възникнала в доклад от 1996 г. от Кевин Фол и Сали Флойд [14].

Предложена е една възможна класификация според следните свойства:

1. Вида и количеството отзиви, получени от мрежата;
2. Постепенна разгръщаемост в текущия интернет;
3. Аспектът на производителността, който цели да подобри: продуктови мрежи с голяма честотна лента (B); връзки със загуби (L); справедливост (F); предимство пред късите потоци (S); връзки с променлива скорост (V); скорост на конвергенция (C);

ТАБЛИЦА 1

КЛАСИФИКАЦИЯ НА АЛГОРИТМИ ЗА ИЗБЯГВАНЕ НА ЗАДРЪСТВАНИЯ

Вид	Обратна връзка	Необходими промени	Ползи	Проверка
(Нов) Рено	Загуба	-	-	Забавяне
Вега	Забавяне	Подател	По-малко загуба	Пропорционално
Висока скорост	Загуба	Подател	Висока честотна лента	
БАИК	Загуба	Подател	Висока честотна лента	
КУБИЧЕН	Загуба	Подател	Висока честотна лента	
C2TCP	Загуба / забавяне	Подател	Ултра ниска латентност и висока честотна лента	
NATCP	Многобитов сигнал	Подател	Почти оптимална производителност	
Еластик-TCP	Загуба / забавяне	Подател	Висока честотна лента / къси и дълги разстояния	
Ажиле-TCP	Загуба	Подател	Висока честотна лента / късо разстояние	
Н-TCP	Загуба	Подател	Висока честотна лента	
БЪРЗ	Забавяне	Подател	Висока честотна лента	Пропорционално
Съставен TCP	Загуба / забавяне	Подател	Висока честотна лента	Пропорционално
Уестууд	Загуба / забавяне	Подател	L	
Джърси	Загуба / забавяне	Подател	L	
VBR	Забавяне	Подател	BLVC, Bufferbloat	
КЛЕМ	Многобитов сигнал	Приемник, рутер	V	Макс-мин
TFRC	Загуба	Подател, Получател	Няма препредаване	Минимално забавяне
ХСР	Многобитов сигнал	Изпращач, получател, рутер	BLFC	Макс-мин
VCP	2-битов сигнал	Изпращач, получател, рутер	BLF	Пропорционално
MaxNet	Многобитов сигнал	Изпращач, получател, рутер	BLFSC	Макс-мин
JetMax	Многобитов сигнал	Изпращач, получател, рутер	Висока честотна лента	Макс-мин
ЧЕРВЕН	Загуба	Рутер	Намалено забавяне	
ECN	Еднобитов сигнал	Изпращач, получател, рутер	Намалена загуба	

Критерият за справедливост, който се използва.

Някои добре известни механизми за избягване на задръстванията са класифицирани по тази схема и са представени в табл. 1 [25].

□ TCP Тахо и Рино. Алгоритмите TCP Тахо и Рино бяха кръстени на варианти на операционната система 4.3BSD, в които всеки от тях се появи за първи път (кръстени са на езерото Тахо и близкия град Рино, Невада). Алгоритъмът Тахо се появява за първи път в 4.3BSD-Тахо, а по-късно е предоставен на лицензианти, които не са част от 4.3BSD Networking Release 1; това осигури широкото му разпространение и изпълнение.

Подобрения бяха направени в 4.3BSD-Reno и впоследствие бяха пуснати за обществеността като Networking Release 2, а по-късно и като 4.4BSD-Lite. Докато и двата считат времето за повторно предаване (RTO) и дублиращите се ACK като събития при загуба на пакети, поведението на Тахо и Рино се различава главно в това как реагират на дублиращи се ACK, а именно:

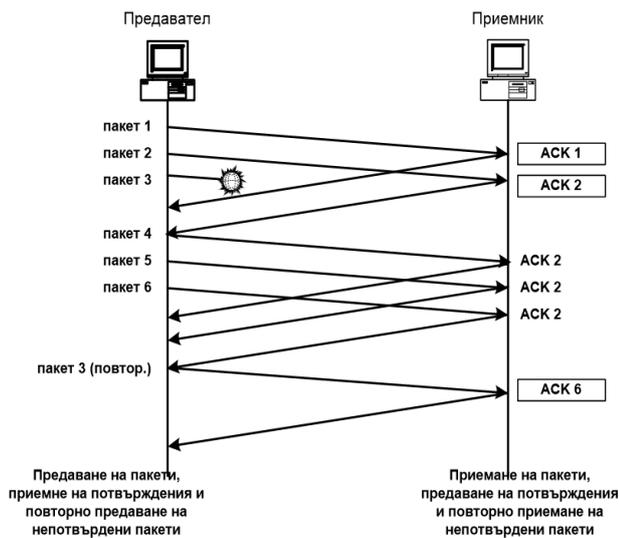


Fig. 1. Механизъм за потвърждаване и повторно предаване на сгрешени сегменти в TCP

- При Тахо, ако са получени три дублиращи се АСК (т.е. четири АСК, потвърждаващи един и същ пакет, които не се пренасочват към данни и не променят рекламирация прозорец на приемника), Тахо извършва бързо препредаване, задава прага за бавен старт на половината от текущия прозорец на задръстванията, намалява прозореца на задръстванията на 1 MSS, и се връща в състояние бавен старт [20].

- При Рино, ако се получат три дублиращи се АСК, Рино ще извърши бързо препредаване и ще пропусне фазата на бавен старт, вместо да намали наполовина прозореца на задръстванията (вместо да го зададе на 1 MSS като Тахо), като зададе прага за бавен старт, равен на новия прозорец на задръстванията и влезе във фаза, наречена бързо възстановяване [21].

И в Тахо и в Рино, ако АСК изтече (RTO таймаут), се използва бавен старт и двата алгоритъма намаляват прозореца на задръстванията до 1 MSS.

- TCP Вегас. До средата на 90-те години, всички зададени TCP изчаквания и измерени закъснения за двупосочно пътуване се основават само на последния предаден пакет в предавателния буфер. Изследователите от Университета в Аризона Лари Питърсън и Лорънс Бракмо въведоха TCP Вегас (кръстен на град Лас Вегас, Невада), в който бяха зададени времеви изчаквания и измервани закъснения за обратно пътуване за всеки пакет в предавателния буфер. В допълнение, TCP Вегас използва добавки в прозореца на задръстванията. В сравнително проучване на различни TCP ССА, TCP Вегас изглежда най-гладкото, последвано от TCP КУБИЧЕН [17].

- TCP Вегас не е широко разпространена извън лабораторията на Лари Питърсън, но е била избрана като метод за контрол на задръстванията по подразбиране за фирмуера DD-WRTv24 SP2 [13].

- TCP Нов Рино е дефиниран от RFC 6582 (който замества предишните дефиниции в RFC 3782 и RFC

2582), подобрява повторното предаване по време на фазата на бързо възстановяване на TCP Рино. По време на бързото възстановяване, за да се поддържа прозорецът за предаване пълен, за всеки дублиран АСК, който се връща, се изпраща нов неизпратен пакет от края на прозореца на задръстванията. За всеки АСК, който постига частичен напредък в пространството на последователността, подателят приема, че АСК сочи към нова дупка и се изпраща следващият пакет отвъд предния номер ACKed.

Тъй като времето за изчакване се нулира винаги, когато има напредък в предавателния буфер, Нов Рино може да запълни големи дупки или множество дупки в пространството на последователността – подобно на TCP SACK. Тъй като Нов Рино може да изпраща нови пакети в края на прозореца на задръстванията по време на бързо възстановяване, поддържа се висока производителност по време на процеса на запълване на дупки, дори когато има множество дупки от по няколко пакета. Когато TCP влезе в бързото възстановяване, той записва най-високия неразпознат номер на пореден пакет. Когато този номер на последователност бъде потвърден, TCP се връща в състояние на избягване на задръствания.

Проблем възниква при Нов Рино, когато няма загуба на пакети, но вместо това пакетите се пренареждат от повече от 3 номера от последователността на пакетите. В този случай Нов Рино по погрешка влиза в бързото възстановяване. Когато пренареденият пакет е доставен, настъпва напредък на АСК номера за последователност и оттам до края на бързото възстановяване, целият напредък на номера на последователността създава дубликат и ненужно повторно предаване, което веднага се ACKed.

Нов Рино се представя както SACK при ниски нива на грешки в пакетите и значително надминава Рино при високи нива на грешки [24].

- TCP Хайбла има за цел да премахне наказанията за TCP връзки, които включват наземни или сателитни радиовръзки с висока латентност. Подобренията на Хайбла се основават на аналитична оценка на динамиката на прозореца на задръстванията [8].

- TCP БАИК. Контролът на двоично увеличаване на задръстванията (БАИК) е TCP изпълнение с оптимизиран ССА за високоскоростни мрежи с висока латентност, известни като дълги мастни мрежи [15]. БАИК се използва по подразбиране в Linux ядра 2.6.8 до 2.6.18.

- TCP КУБИЧЕН е по-малко агресивен и с по систематично производно отколкото БАИК, при което прозорецът е кубична функция на времето от последното събитие на задръствания, като точката на огъване е настроена на прозореца преди събитието. КУБИЧЕН се използва по подразбиране в Linux ядра между версии 2.6.19 и 3.2.

- TCP Ажиле-СД е базиран на Linux алгоритъм, който е проектиран за истинското ядро на Linux. Това е алгоритъм от страна на приемника, който използва подход, основан на загуби, използващ нов механизъм, наречен фактор на гъвкавост (AF). За да се увеличи

използването на честотната лента в мрежи с висока скорост и на къси разстояния (мрежи с нисък BDP), като локални мрежи или оптична мрежа, особено когато използваният размер на буфера е малък [6]. Той е оценен чрез сравняване на производителността му със Съставен TCP (стандартният алгоритъм в MS Windows) и КУБИЧЕН (по подразбиране за Linux), използвайки NS-2 симулатор. Подобрява общата производителност до 55% по отношение на средната производителност.

□ TCP Уестууд+ е модификация само на изпращача на TCP Рино, която оптимизира работата на контрола на претоварването на TCP както в жични, така и в безжични мрежи. TCP Уестууд+ се основава на честотната лента от край до край, оценка за задаване на прозореца на задръстванията и прага за бавен старт след епизод на задръствания, т.е. след три дублиращи потвърждения или изчакване. Широчината на честотната лента се изчислява чрез усредняване на скоростта на връщане на пакети за потвърждение. За разлика от TCP Рино, който сякаш намалява наполовина прозореца на задръстванията след три дублиращи се ACK, TCP Уестууд+ адаптивно задава праг на бавен старт и прозорец на задръствания, който отчита оценката на честотната лента, налична към момента на претоварване. В сравнение с Рино и Нов Рино, Уестууд+ значително увеличава пропускателната способност на безжичните връзки и подобрява чистотата в кабелните мрежи.

□ Съставен TCP е внедрен от Microsoft, което поддържа два различни прозореца за претоварване едновременно, с цел постигане на добра производителност на LFN, като същевременно не нарушава чистотата. Той е широко използван във версиите на Microsoft за Windows Vista и Windows Server 2008 и е пренесен в по-стари версии на Microsoft Windows, както и в Linux.

□ TCP с пропорционално намаляване на скоростта (PRR) е алгоритъм, предназначен да подобри точността на данните, изпратени по време на възстановяване [23]. Алгоритъмът гарантира, че размерът на прозореца след възстановяване е възможно най-близък до прага на бавен старт. В тестове, извършени от Google, PRR доведе до 3-10% намаляване на средната латентност и времето за изчакване на възстановяването беше намалено с 5% [88]. PRR е наличен в Linux ядра от версия 3.2 [22].

□ TCP BBR. Широчината на честотната лента и времето за разпространение в обратна посока (BBR) е разработен от Google през 2016 г. [9]. Докато повечето алгоритми са базирани на загуби, тъй като те разчитат на загуба на пакети за откриване на задръствания и пониски скорости на предаване, BBR, както TCP Vegas, е базиран на модел. Алгоритъмът използва максималната честотна лента и времето за двупосочно пътуване, при което мрежата доставя най-новия полет на изходящи пакети данни, за да изгради модел на мрежата. Всяко кумулативно или селективно потвърждение на доставката на пакет създава извадка за скорост, която записва количеството данни, доставени през интервала от време между предаването на пакет данни и потвърждението на този пакет [11]. Тъй като контролерите на мрежовия интерфейс еволюират от

MBt/s до GBt/s, производителността, латентността, свързана с препълване на буфера вместо загуба на пакети, се превръща в по-надежден маркер на максималната пропускателна способност, което прави базирани на модели алгоритми, които осигуряват по-висока производителност и по-ниска латентност, като BBR, по-надеждна алтернатива на по-популярните алгоритми, базирани на загуби като TCP КУБИЧЕН.

о Версия 1 (BBRv1). Когато е внедрен в YouTube, BBRv1 дава средно с 4% по-висока производителност на мрежата и до 14% в някои страни [80]. BBR се предлага и за КУБИЧЕН. Той е достъпен за Linux TCP от Linux 4.9 [10, 12]. BBRv1 е ефективен и бърз, но неговата коректност спрямо потоци, които не са BBR, се оспорва. Докато презентацията на Google показва, че BBRv1 съществува съвместно с КУБИЧЕН [9], изследователи като Джеф Хюстън и Хок, Блес и Зитербарт го намират за несправедлив спрямо други потоци и не е мащабируем [19]. Хок и др. също така откриха „някои присъщи сериозни проблеми като увеличени закъснения в опашките, несправедливост и масивна загуба на пакети“ при прилагането на BBR на Linux 4.9 [18]. Соил Абаслу и др. (автори на C2TCP) показват, че BBRv1 не се представя добре в динамична среда като клетъчни мрежи [2, 3]. Те също така показаха, че BBR има проблем с несправедливостта. Например, когато КУБИЧЕН поток (който е изпълнението на TCP по подразбиране в Linux, Android и MacOS) съжителства с BBR поток в мрежата, BBR потокът може да доминира над КУБИЧЕН потока и да получи цялата честотна лента[2].

о Версия 2 (BBRv2). Версия 2 се опитва да се справи с проблема с несправедливостта, когато работи по управление на задръстванията, базирано на странични загуби като КУБИЧЕН [16]. В BBRv2 моделът, използван от BBRv1 е допълнен, за да включва информация за загуба на пакети и информация от Изрично известие за задръствания (ECN).

BBRv2 може от време на време да има по-ниска пропускателна способност от BBRv1, но като цяло се счита, че има по-добра полезна пропускателна способност.

□ C2TCP е TCP на клетъчно контролирано закъснение (C2TCP) [2, 3] е мотивиран от липсата на гъвкав TCP подход от край до край, който може да задоволи различни изисквания за QoS на различни приложения, без да изисква промени в мрежовите устройства. C2TCP има за цел да задоволи ултра-ниска латентност и висока пропускателна способност на изискванията на приложения като виртуална реалност, видео-конференцна връзка, онлайн игри, за автомобилни системи за комуникация и т.н. в силно динамична среда като сегашните LTE и бъдещи 5G клетъчни мрежи. C2TCP работи като добавка на върха на TCP, базиран на загуби и прави средното забавяне на пакетите (например Рино, Нов Рино, КУБИЧЕН, БАИК, ...), ограничено до желаните закъснения, зададени от приложенията (фиг. 2).

Изследователи от Университета на Ню Йорк [5] показаха, че C2TCP превъзхожда ефективността на

забавяне/трептене на различни модерни TCP схеми. Например, те показаха, че в сравнение с BBR, КУБИЧЕН и Уестууд, С2TCP намалява средното забавяне на пакетите с около 250%, 900% и 700%, съответно в различни клетъчни мрежови среди [2].

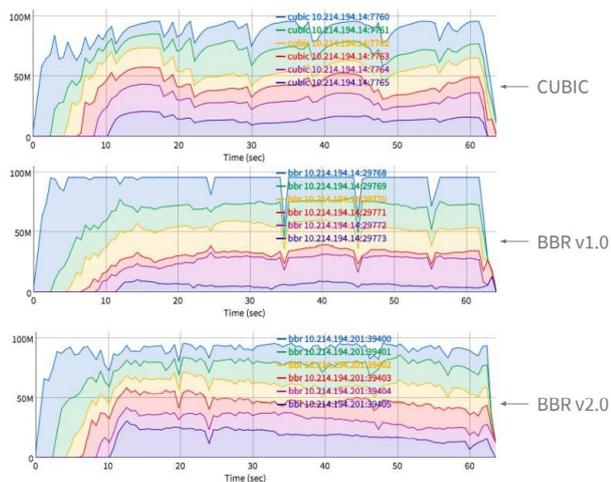


Fig. 2. Примери за използване на някои алгоритми [12]

С2TCP се изисква само за инсталиране от страна на сървъра.

□ Еластик-TCP е предложен през февруари 2019 г. [7], за да се увеличи използването на честотната лента в мрежи с висок BDP, за да се поддържат скорошни приложения като облачни изчисления, трансфер на големи данни, IoT и др. Това е алгоритъм базиран на Linux, който е проектиран за ядрото на Linux. Това е алгоритъм от страна на приемника, който използва подход, основан на загуба на забавяне, използващ нов механизъм, наречен Функция за претегляне, свързана с прозореца (Window-correlated Weighting Function – WWF). Той има високо ниво на еластичност, за да се справи с различни характеристики на мрежата, без да е необходима човешка настройка. Той е оценен чрез сравняване на неговата производителност със Съставен TCP (алгоритъм по подразбиране за MS Windows), КУБИЧЕН (по подразбиране за Linux) и TCP-BBR (по подразбиране за Linux 4.9 от Google) с помощта на NS-2 симулатор и тестова площадка. Еластик-TCP значително подобрява общата производителност по отношение на средната производителност, съотношението на загубите и забавянето [7].

□ NATCP/НАКубичен. Наскоро беше предложен NATCP (Network-Assisted TCP), той има противоречив TCP дизайн, насочен към мрежи тип Mobile Edge като MEC [3]. Ключовата идея на NATCP е, че ако характеристиките на мрежата бяха известни предварително, TCP щеше да бъде проектиран по-добре. Следователно NATCP използва наличните функции и свойства в текущата базирана на MEC клетъчна архитектура, за да приближи производителността на TCP до оптималната производителност. NATCP използва обратна връзка извън мрежата – от мрежата към сървърите, разположени наблизо. Обратната връзка от мрежата, която включва капацитета на връзката за клетъчен достъп и минималния RTT на мрежата, насочва

сървърите да коригират скоростта на изпращане. Както показват предварителните резултати [4], NATCP превъзхожда най-съвременните TCP схеми, като постига поне 2 пъти по-висока мощност (дефинирана като отношение пропускателна способност към забавяне). NATCP замества традиционната TCP схема при подателя.

За да се справят с проблема с обратната съвместимост, те предложиха друга версия, наречена НАКубичен. НАКубичен има обратно съвместим дизайн, който не изисква промяна в TCP на свързаните възли. НАКубичен използва получената обратна връзка и налага ограничение на прозореца на задръстванията (CWND) и скоростта на темпото, в зависимост от необходимостта [4].

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на извършения анализ на представените алгоритми за преодоляване на задръстванията, оказващи влияние върху скоростта на предаване на информация може да се направят следните изводи:

1. На съвременното ниво на развитие на комуникационните технологии резервите за увеличаване на скоростите на пренос на информация са скрити в използването на подходящи алгоритми, непозволяващи допускането на задръствания в междинните комутационни устройства;

2. Голямото многообразие от реализирани комуникационни мрежи за пренос на информация предполага също толкова голямо многообразие от видове алгоритми, предназначени да се справят със задръстванията причинени най-вече от предаването на данни с различен приоритет.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пенев Н., Съвременни комуникационни системи и технологии – възможности, приложение, развитие. София, 2008.
- [2] Abbasloo, S., Xu, Y., Chao, H. J. C2TCP: A Flexible Cellular TCP to Meet Stringent Delay Requirements. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 37 (4), 2019.
- [3] Abbasloo, S.; Li, T.; Xu, Y.; Chao, H. J. Cellular Controlled Delay TCP (C2TCP). 2018 IFIP Networking Conference and Workshops, 2018.
- [4] Abbasloo, S., X., Yang, C. H. Jonathon, S., Hang, K., Ulas C., Y. Yinghua Toward Optimal Performance with Network Assisted {TCP} at Mobile Edge. Renton, WA: USENIX Association. 2019.
- [5] Abbasloo S., T. Li, Y. Xu, H. J. Chao, Cellular Controlled Delay TCP (C2TCP). New York University, 2019.
- [6] Alrshah M. A., M. Othman, B. Ali, Z. M. Hanapi, Agile-SD: A Linux-based TCP congestion control algorithm for supporting high-speed and short-distance networks. *Journal of Network and Computer Applications*. 2015.
- [7] Alrshah M. A., M. A. Al-Maqri, M. Othman, Elastic-TCP: Flexible Congestion Control Algorithm to Adapt for High-BDP Networks. *IEEE Systems Journal*. 13 (2), 2019.
- [8] Caini C., R. Firrincieli, M. Marchese, T. de Cola, M. Luglio, C. Roseti, N. Celandroni, F. Potorti, Transport Layer Protocols and Architectures for Satellite Networks. *International Journal of Satellite Communications and Networking*, John Wiley & Sons, Volume 25, Issue 1, 2007.
- [9] Cardwell N., Y. Cheng, C. S. Gunn, S. H. Yeganeh, V. Jacobson, BBR: Congestion-Based Congestion Control, Measuring bottleneck bandwidth and round-trip propagation time. *ACM*, Volume 14, issue 5, 2017.



- [10] Cardwell N., Y. Cheng, C. S. Gunn, S. H. Yeganeh, I. Swett, J. Iyengar, V. Vasiliev, V. Jacobson, BBR update. <https://groups.google.com/d/forum/bbr-dev>, IETF 100: Singapore, 2017.
- [11] Cheng Y., N. Cardwell, Delivery Rate Estimation. Internet Congestion Control Research Group, Google Inc., 2017.
- [12] Corbet J., BBR congestion control. <https://lwn.net/Articles/701165/>, 2016.
- [13] DD-WRT changelog. Retrieved 2, 2012.
- [14] Fall, K., S. Floyd Simulation-based Comparisons of Tahoe, Reno and SACK TCP. Computer Communications Review, 26 (3), 1996.
- [15] Jacobson V., R. T. Braden, TCP extensions for long-delay paths. Network Working Group, 1988.
- [16] Gomez J., E. Kfoury, J. Crichigno, E. Bou-Harb, G. Srivastava, A Performance Evaluation of TCP BBRv2 Alpha. DOI: 10.1109/TSP49548.2020.9163512, 2021.
- [17] Habibullah J., K. Sultan, Performance Analysis of TCP Congestion Control Algorithms. IJCC, Issue 1, Volume 2, 2008,
- [18] Hock M., R. Bless, M. Zitterbart, Experimental Evaluation of BBR Congestion Control. Karlsruhe Institute of Technology, Germany, 2018.
- [19] Huston J., TCP and BBR" (PDF). <https://ripe76.ripe.net/presentations/10-2018-05-15-bbr.pdf>, 2018.
- [20] Kurose J., K. Ross, Computer Networking: A Top-Down Approach (4th ed.). Addison Wesley. 2008.
- [21] Kurose, J., K. Ross, Computer Networking: A Top-Down Approach (6th ed.). Pearson. ISBN 978-0-13-285620-1. 2012.
- [22] Linux 3.2 – Linux Kernel Newbies, 2014.
- [23] Mathis M., N. Dukkupati, Y. Cheng, Proportional Rate Reduction for TCP. Internet Engineering Task Force (IETF), Google Inc. ISSN: 2070-1721, 2014.
- [24] Vasanthi N. V., M. A. Singh, R. Kumar, M. Hemalatha, V. Das Vinu, N. Thankachan, (eds.), Evaluation of Protocols and Algorithms for Improving the Performance of TCP over Wireless/Wired Network. International Conference on Computational Intelligence and Information Technology. Communications in Computer and Information Science. Springer. 2011.
- [25] <http://www.wikipedia.org>

ALGORITHMS FOR CONGESTION CONTROL IN A COMMUNICATION NETWORK

Chavdar Kostadinov

Department of Communication and information systems

"G. S. Rakovski" National Defence College

Sofia, Bulgaria

E-mail: ch.kostadinov@rndc.bg

Abstract: In the article are considered the most popular algorithms that are used to overcoming congestion occurring when passing through many communication devices information. The sequence of operation of each of the considered algorithms is presented.

СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ НА РАБОТАТА НА НОМЕРАТОРА НА 12^{-ТА} ПЕХОТНА ДИВИЗИЯ ПО ВРЕМЕ НА МУРСКАТА НАСТЪПАТЕЛНА ОПЕРАЦИЯ 1945 Г.

Чавдар Костадинов

ВА „Г. С. Раковски“

Катедра Комуникационни и информационни системи

София, България

E-mail: ch.kostadinov@rmdc.bg

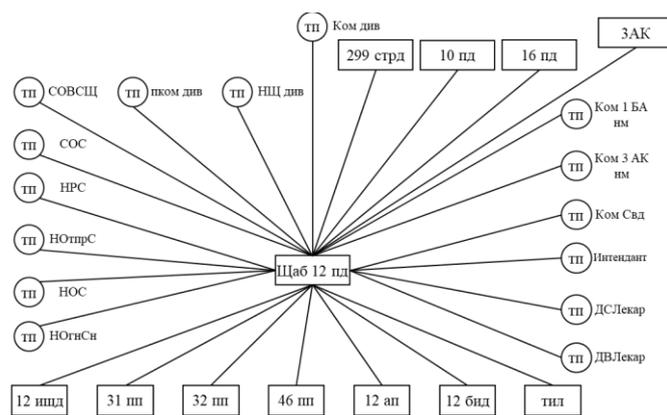
Резюме: В статията са изследвани времената на продължителност на разговорите от щаба на 12^{-та} пехотна дивизия по време на Мурската настъпателна операция на българската армия 28.03.1945 г. Разработен е симулационен модел на проводната линия, свързваща щаба на дивизията с всеки един от номераторите в състава ѝ. Определено е средното време за закъснение на разговорите с номератора на щаба на дивизията.

Ключови думи: симулационен модел, средно време за разговор, вероятност за настъпване на събитие, средно време за закъснение

I. УВОД

Осъществяването на ефективно управление на армията по време на бойна операция е неразривно свързано с изграждането на стабилна комуникационна система, осигуряваща надеждна връзка между отделните формирования, участващи в операцията.

Преди началото на Мурската настъпателна операция на българската армия (28.03.1945г.) в 12^{-та} пехотна дивизия е изградена проводна комуникационна мрежа (фиг. 1).



1 БА – Първа българска армия
пд – пехотна дивизия
Сд – стрелкова дивизия (съветска)
пп – пехотен полк
ДИДр – дивизионна инженерна дружина
СОС – св. офицер за връзка
ап – артилерийски полк
бид – броне-изстребителна дружина
ишд – инженерно-шурмова дружина
НОгвСн – Началник огнестрелно снабдяване
АрмЩАО – армейско шурмово артилерийско отделение
СОВСЦ – св. офицер военен съветник при щаба на дивизията

НОС – Началник оперативна секция
Ком див – Командир на дивизията
НРС – Началник разузнавателна секция
КомСвд – Командир свързочна дружина
тп – телефонен пост
им – наблюдателно място
НЩ Див – Началник щаб на дивизията
Пкомдив – помощник командир на дивизията
НОтпрС – Началник отправна секция
ДС.Лекар – дивизионен санитарен лекар
ДВ.Лекар – дивизионен ветеринарен лекар

Fig. 1. Състав и разположение на 12^{-та} пехотна дивизия

Тя свързва щаба на дивизията с командването на 3^{-ти} Армейски корпус, щабовете на съседните дивизии – 10^{-та}, 16^{-та} и съветската 299^{-та}. Освен това трябва да осигури връзка с намиращите се под нейно командване 31^{-ви}, 32^{-ри}, 46^{-ти} пехотни полкове и 12^{-ти} артилерийски полк, бронезстребителна и инженерно шурмова дружини, както и тил [1, 2].

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

За изследване работата на номератора на 12^{-та} пехотна дивизия е направен симулационен модел в среда GPSS [3] на връзката чрез проводна линия между номератора на щаба на дивизията и всеки един от другите свързани с него номератори. В табл. 1 са дадени всичките 11 номератора, свързани с щаба на 12^{-та} дивизия.

ТАБЛИЦА 1 СВЪРЗАНИТЕ С 12-ТА ДИВИЗИЯ НОМЕРАТОРИ

№	Наименование	Брой абонати
1	3 Армейски корпус	30
2	299 ^{-та} стрелкова дивизия	40
3	10 ^{-та} пехотна дивизия	25
4	16 ^{-та} пехотна дивизия	20
5	12 ^{-та} Бронезстребителна дружина	5
6	12 ^{-та} Инженерно-шурмова дружина	5
7	31 ^{-ви} пехотен полк	8
8	32 ^{-ри} пехотен полк	10
9	46 ^{-ти} пехотен полк	14
10	12 ^{-ти} артилерийски полк	8
11	Тил	5
12	12 ^{-та} пехотна дивизия	21

Описание на проблема

Тази проста телефонна система има една външна линия. Обажданията, които идват отвън, пристигат на всеки 100 ± 60 секунди. Когато линията е заета, повикваният пренабира след изтичане на 3 ± 1 минути. Продължителността на разговора е 2 ± 1 минути. Колко време ще отнеме провеждането на разговор от всеки един от абонатите на номераторите?

Описание на модела

STORAGE – Комплектите обекти за съхранение, с общ капацитет 1, са настроени да представят 1 външна телефонна линия.

TABLE – Транзитът на таблицата е дефиниран, така че да може да се поддържа онлайн хистограма на времената за разговори. Точно преди транзакцията да бъде ПРЕКРАТЯВАНА, SNA, M1, "времето в симулация" се извежда в таблица. Това представлява продължителността от момента, в който обажданият се е набрал за първи път, до завършването на разговора.

GENERATE – Транзакция, която представлява повикване, се създава на всеки 100 ± 60 секунди.

GATE – GATE блок изпраща транзакция към заемания блок, когато всички линии са заети. Това се случва, когато наборите обекти за съхранение са пълни и представлява повикващ, който трябва да чака преди повторно намиране.

ENTER – Ако се използва 0 или 1 единица за съхранение, транзакция преминава през блока GATE и в блока ENTER, като по този начин се използва друга единица за съхранение. Ако тогава всички модули за съхранение се използват, GATE блок няма да допуска повече транзакции. Всяка транзакция, преминаваща в блока ENTER, представлява повикване, което е било успешно свързано.

ADVANCE – След това транзакцията влиза в блок ADVANCE, който симулира продължителност на разговора от 120 ± 60 секунди. Той ще остане в този блок, докато симулираното време не премине.

LEAVE – Когато транзакция влезе в блока LEAVE, тя прави една единица от комплектите за съхранение достъпна за други транзакции. Това представлява новодостъпна външна линия.

TABULATE – Блокът TABULATE добавя продължителност на разговора към хистограмата на времената за обаждания, събрани в таблицата Транзит.

TERMINATE – Блокът TERMINATE премахва транзакцията от симулацията, след като обаждането е завършено.

ADVANCE – Транзакция идва до блока ADVANCE, означен Окупиран, когато се е опитал и не е успял да придобие единица памет от комплекти обекти за съхранение. Това представлява повикващ, който трябва да изчака преди повторно намиране.

TRANSFER – Блокът TRANSFER изпраща всяка транзакция към GATE блок, етикетирани отново. Там Транзакцията ще опита отново да придобие единица за съхранение от Наборите на обекти за съхранение. С други думи, повикващият ще набере отново.

Транзакциите представляват обаждания, започнати, но не завършени. Ако нов повикващ открие, че и двете линии са заети, GATE блок с етикет Again го изпраща да изчака в ADVANCE блок с надпис Occupied за около 3 минути. След закъснението транзакцията скача обратно към блока GATE, за да опита отново. Успешните повикващи преминават през блока GATE, срещат закъснение, което представлява повикването, и след това напускат симулацията.

Ако обаждането не може да бъде завършено, съответната транзакция изчаква 3 симулирани минути в блока ADVANCE с надпис Occupied. Броят на транзакциите тук представлява броят на повикващите, които чакат да се набират отново.

```
; GPSS World Sample File - TELEPHONN.GPS, by Ch. G. Kostadinov
*****
*
* Telephone System Model by Numerator
*
*****
* Simple Telephone Simulation
* Time Unit is one minute
Sets          STORAGE          1
Transit       TABLE M        1,5,1,20      ;Transit times
              GENERATE        1.667,1      ;Calls arrive
Again         GATE SNF        Sets,Occupied ;Try for a line
              ENTER           Sets         ;Connect call
              ADVANCE         2,1          ;Speak for 2+/-1 min
              LEAVE           Sets         ;Free a line
              TABULATE        Transit      ;Tabulate transit time
              TERMINATE       1           ;Remove a Transaction
Occupied      ADVANCE         3,1          ;Wait 3 minutes
              TRANSFER        ,Again      ;Try again
*****
```

Fig. 2. Листинг на програмата

Средното време на разговорите през номератора на дивизията със всеки един от свързаните с нея номератори и вероятността за получаване на това време е представена в табл. 2. Това средно време е пресметнато за провеждането по един разговор от всеки от абонатите

на двата изследвани номератора. Връзката между тях е двупроводна кабелна линия.

На фиг. 3. са представени минималното средното и максималното време за провеждане на разговор от всеки абонат на двата номератора.



Fig. 3. Средна продължителност на разговорите

ТАБЛИЦА 2 СРЕДНО ВРЕМЕ И ВЕРОЯТНОСТ НА ПРОВЕЖДАНЕ НА РАЗГОВОРИТЕ

№	Средно време, мин	Вероятност, %
1	2,08	93,24
2	2,02	97,23
3	2,55	96,22
4	2,55	95,91
5	3,06	95,65
6	3,04	94,90
7	3,08	95,99
8	3,08	97,02
9	3,08	97,83
10	3,04	95,14
11	4,03	97,21

Както се вижда от табл. 2 вероятността за провеждането на разговор със изчислената средна продължителност е около 95 %. Това означава, че ще се натрупват опашки от чакащи свързване.

По-голяма практическа стойност има закъснението при провеждане на разговори през ръчен номератор. За изградената проводна система на 12-та дивизия закъснението на всеки номератор е представено на фиг. 4.

Най-малко закъснение се получава при осъществяването на разговори с малките номератори –

тези, които имат само 5 абоната. Това са двете дружини и тила. Най-голямо закъснение се получава при големите номератори – на армейския корпус и съветската дивизия.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на проведените симулации и извършения анализ може да се направят следните изводи:

1. Средното време за разговорите се променя в тесни граници, като зависи; не само от общия брой абонати, но и от направлението на разговора – вътре в дивизията или навън с командването на корпуса или съседните дивизии;

2. Средното закъснение се променя от около 12 минути до около 23 минути, което означава, че е необходимо да се въведе ограничение в продължителността на разговорите или приоритети на говорещите.



Fig. 4. Средно закъснение на разговорите

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] История на Отечествена война на България 1944–1945. Т. III, стр. 138.
- [2] Млеченков М. Свързочните войски на България във войната срещу Германия 1944 – 1945. Военно издателство, София, ISBN 954-509-350-1, 2006.
- [3] Schriber T., Simulation Using GPSS. Wiley, New York, 1974.

SIMULATION MODEL OF THE NUMERATOR OF THE 12TH INFANTRY DIVISION DURING THE MUR OFFENSIVE OPERATION 1945

Chavdar Kostadinov
 Department of Communication and information systems
 “G. S. Rakovski” National Defence College
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: ch.kostadinov@rndc.bg

Abstract: The article examines the duration of the talks from the headquarters of the 12th Infantry Division during the Mura offensive operation of the Bulgarian Army on March 28, 1945. A simulation model of the wire line connecting the headquarters of the division with each of the numerators in the composition was developed. The average time for delay of the talks with the numerator of the division headquarters has been determined.

АВТОМАТИЗИРАНИ СРЕДСТВА ЗА УПРАВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА НА ДОСТЪПНОСТТА НА УЕБ СЪДЪРЖАНИЕ

Йоанна Алексиева
ДА „Електронно управление“
София, България
E-mail: jalexieva@gmail.com

Панчо Томов
Технически университет - София
София, България
E-mail: pkt@tu-sofia.bg

Румяна Цанкова
Технически университет - София
София, България
E-mail: rts@tu-sofia.bg

Резюме: Достъпването до интернет и до съдържанието в различни сайтове, платформи и други приложения придоби още по-голяма популярност в условията на глобалната пандемия. Затова е важно информацията да бъде представяна по такъв начин, че да бъде достъпна от по-широк кръг потребители, включително и от хора с увреждания. В настоящия доклад са представени резултати от автоматизирани тествания, направени с един от най-популярните онлайн средства за управление и оценка на достъпността на уеб съдържание и установяване на несъответствие с набора от изисквания на стандартите и техническите спецификации свързани с осигуряване на достъпно уеб съдържание.

Ключови думи: уеб съдържание, достъпност, автоматизирани средства, управление и оценка на достъпността.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Вече втора година глобалната Covid-19 пандемия се явява катализатор, който принуждава света да ускори прехода от физическо взаимодействие към виртуално. Интернет се превърна в една от ключовите инфраструктури на глобалното дигитално общество, което се адаптира към новите изисквания, наложени в цял свят, където пътуванията и физическите контакти са ограничени, но позволи на хората да работят и общуват по между си независимо от устройствата, които използват и разстоянието, на което се намират. Повишената зависимост от използването на технологиите в различни области, като образование, здравеопазване, заетост, държавно управление, общуване със семейство и приятели, забавления и др., води до необходимостта от тяхното подобряване, включително повишаване на достъпността до уеб съдържание, с което да се осигури достъп на по-широк кръг от потребители и най-вече от хора с увреждания.

Достъпност в мрежата означава, че уеб сайтовете, средствата и технологиите са проектирани и разработени така, че хората с увреждания да могат да ги използват [1]. В момента, обаче, много сайтове и приложения са разработени с бариери за достъпност, които ги правят трудни или невъзможни за използване от някои хора. С ратифицирането и сключването на Конвенцията на Организацията на обединените нации за правата на хората с увреждания [2], по-голямата част от държавите членки на Европейския съюз са се ангажирали да предприемат подходящи мерки, гарантиращи на хората с увреждания достъп на равни начала с всички останали до, наред с другото, информационни и комуникационни технологии и системи, да разработват, разпространяват и

наблюдават прилагането на минимални стандарти и насоки за достъпност на улесненията и услугите, които са отворени или предоставени на обществеността, да подобряват достъпа на хората с увреждания до нови информационни и комуникационни технологии и системи, в това число интернет, да се въздържат от действия или практики, които са несъвместими с тази конвенция, и да гарантират спазването ѝ от държавните органи и институции. В Конвенцията на ООН се посочва още, че дизайнът на продуктите, заобикалящата среда, програмите и услугите следва да позволяват използването им от всички хора във възможно най-голяма степен, без да се налага адаптиране или специализиран дизайн. Този „универсален дизайн“ не следва да изключва наличието на спомагателни уреди и пособия за определени групи хора с увреждания, когато това е необходимо. Съгласно Конвенцията на ООН в понятието „хора с увреждания“ се включват лица с трайни физически, психически, интелектуални и сетивни увреждания, които, наред с други пречки, могат да възпрепятстват тяхното пълноценно и ефективно участие в обществото равноправно с останалите хора.

Широк набор от препоръки, насочени към осигуряване на по-голяма достъпност на уеб съдържанието, се съдържат в Указанията за достъпност на уеб съдържание (Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.1) [3]. Критериите за успех в WCAG 2.1 са формулирани като проверими твърдения, които не са обвързани с конкретна технология. Тези указания се отнасят за достъпност на уеб съдържанието за настолни компютри, лаптопи, таблети и мобилни устройства. Също така, в редица случаи чрез изпълнението на тези указания уеб съдържанието ще бъде по-използваемо от потребителите като цяло.

В направено проучване от WebAIM [4] през 2019 година, в което са получени 1224 валидни отговора, разпределението на хората с увреждания по региони е следното (Табл. 1):

Проучвателен регион	бр. респонденти	% респонденти
Северна Америка	695	58,00%
Европа/ Великобритания	324	27,00%
Азия	69	5,80%
Австралия и Океания	34	2,80%
Африка/ Близкия Изток	35	2,90%
Южна Америка	36	3,00%
Централна Америка и Карибите	5	0,40%



Фиг. 1 Видове увреждания

Резултатите показват, че най-много са хората със зрителни увреждания (76%) (Фиг. 1), които достъпват съдържанието с помощта на различни средства (Табл. 2), като 15,8% респонденти съобщават за множество от увреждания, а 4,7% съобщават, че са и глухи, и слепи.



Фиг. 2 Използвани средства за четене

ТАБЛИЦА 2 ИЗПОЛЗВАНИ СРЕДСТВА ЗА ЧЕТЕНЕ

Отговори	бр. респонденти	% респонденти
Разчитам изключително на аудио за четец на екрана	850	71.3%
Разчитам предимно на аудио за четец на екрана, но използвам и визуално съдържание	140	11.7%
Разчитам предимно на визуално съдържание, но използвам и аудио за четец на екран	115	9.6%
Разчитам изключително на визуално съдържание	40	3.4%
Разчитам предимно на брайлови изходи	47	3.9%

II. ОЦЕНКА НА ДОСТЪПНОСТТА

Държавите членки оценяват съответствието на уеб сайтовете и мобилните приложения на организациите от обществен сектор с изискванията за достъпност, предвидени в Директива (ЕС) 2016/2102 относно достъпността на уеб сайтовете и мобилните приложения на организациите от обществен сектор [5], като използват:

- Метод на задълбочено наблюдение за установяване на съответствието, при който се проверява дали даден уеб сайт или мобилно приложение отговаря на всички изисквания на стандартите и техническите спецификации, посочени в Директивата. Наблюдението обхваща всички критерии, разпределени в 4-те основни принципи:
 - Възприемчивост (perceivable) - информацията и компонентите на потребителския интерфейс трябва да бъдат представени за потребителите по начини, по които те могат да възприемат.
 - Използваемост (operable) - компонентите на потребителския интерфейс и навигацията трябва да са използваеми.
 - разбираемост (understandable) - компонентите на потребителския интерфейс и навигацията трябва да бъдат разбираеми.
 - Устойчивост (robust) - съдържанието трябва да бъде достатъчно стабилно, за да може да бъде интерпретирано от различни потребителски агенти, включително помощни технологии.

При този метод се оценява най-малко взаимодействието с формулярите, елементите на интерфейса за управление на приложението, диалоговите прозорци, потвържденията за въвеждане на данни, съобщенията за грешки и друга обратна информация в резултат от взаимодействието с потребителя, когато това е възможно.

- Метод на опростено наблюдение за установяване на несъответствието. Опростеното наблюдение има за цел да обхване определени потребителски нужди, свързани с достъпността, доколкото това е възможно чрез автоматизирани изпитвания, но може да се използват и неавтоматизирани изпитвания, свързани с част от критериите, разпределени в 4-те основни принципи за лесна възприемчивост, използваемост, разбираемост и устойчивост.

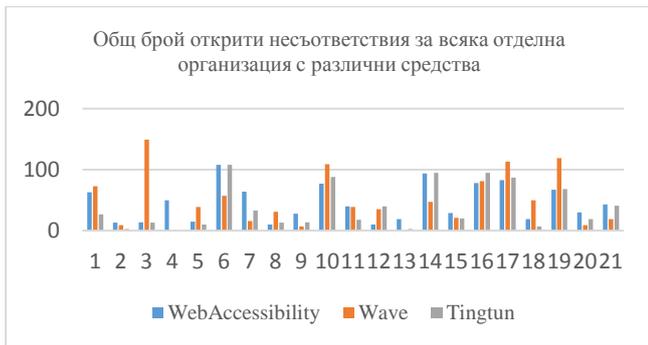
III. АВТОМАТИЗИРАНИ СРЕДСТВА ЗА УПРАВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА НА ДОСТЪПНОСТТА НА УЕБ СЪДЪРЖАНИЕ

Подходът автоматично тестване се осъществява чрез програмни продукти и уеб базирани средства, проверяващи отделна уеб страница или цялостен уеб сайт. Повечето средства отчитат грешките или липсите в дадени елементи (изображения, заглавия, цветово съответствие, подравняване на текст и др.). Грешките се отчитат вследствие на предварително зададени критерии на проверките по зададени критерии за успех от WCAG 2.1. Генерира се отчет, съдържащ броя проверени елементи и броя на грешките в тях. Предимство на автоматизираното тестване е бързото достигане до резултат. Автоматизираните средства могат да намерят много очевидни проблеми, съкращавайки значително времето, което човек трябва да отдели, за да прегледа страницата. Провеждането на автоматизиран тест обикновено маркира важни несъответствия, които могат да бъдат пренебрегнати при тестването от хора.

В интернет има повече от 100 автоматизирани средства, препоръчани на база изследвания и натрупани знания на организацията World Wide Web Consortium (W3C) [6]. Преобладаваща част от тях проверяват HTML съдържанието, а някои проверяват други уеб технологии, като WAI-ARIA, CSS, SVG и PDF. Тези инструменти са тествани от множество специалисти, поради което се препоръчва да бъдат използвани.

- Резултати от тествания за общ брой открити несъответствия

На Фиг. 3 са представени резултати от направен тест на една и съща уеб страница с три различни автоматизирани средства: Web Accessibility [7], Wave [8] и Tingtun [9]. Резултатите показват, че и трите средства са идентифицирали различен брой несъответствия.



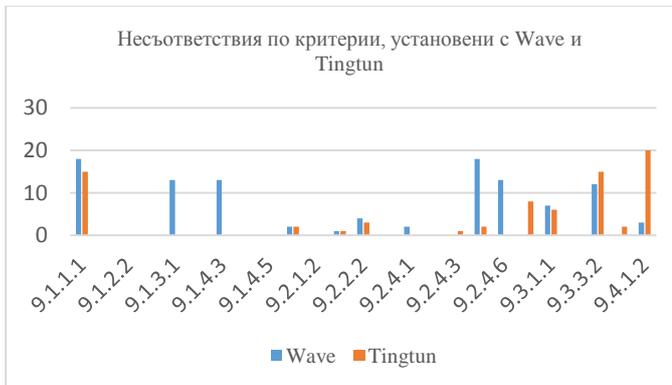
Фиг. 3 Несъответствия, идентифицирани с различни средства

- Резултати от тествания за несъответствие по предварително определени критерии

При направена проверка за несъответствия по определени критерии с две от същите автоматизирани средства (Wave и Tingtun), резултатите показват, че:

- За част от критериите, по които и двете средства са открили несъответствия, броят е различен;
- Има критерии, по които само едно от двете средства е открило несъответствия;
- За минимален брой критерии и с двете средства общият брой на откритите несъответствия съвпада.

Резултатите от направения сравнителен анализ са показани на Фиг. 4:



Фиг. 4 Идентифицирани несъответствия по критерии

- Резултати от извършени тествания за несъответствие по принципи за достъпност

Проверката обхваща извадка от 21 уеб сайта, като за всеки отделен сайт са проверени по 5 страници: началната страница и страници, които съдържат информация за организацията; съществена информация, предоставяна от организацията; форма за обратна връзка/контакти и карта на сайта. За целта са използвани автоматизираните средства WAVE и Tingtun Checker.

Резултатите от установените несъответствия на критериите, разпределени в четирите основни принципи на достъпност: възприемчивост – 37%, използваемост – 33%, разбираемост – 18% и устойчивост – 12%, са представени на Фиг. 5:



Фиг. 5 Установени несъответствия на критерии, разпределени по основни принципи

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящия доклад са представени резултатите от различни проверки за оценка на достъпността на уеб съдържание, като са използвани безплатни версии на три от най-често използваните автоматизирани средства - Web Accessibility, Wave и Tingtun. След анализ на резултатите и в съответствие с изискванията на хармонизирания европейски стандарт EN 301 549 V2.1.2:2018 Accessibility requirements for ICT products and services [10], могат да се направят следните изводи:

- Голяма част от автоматизираните средства за оценка поддържат различни езици, но нито един не поддържа български език. Това възпрепятства откриването на определени несъответствия, свързани с езика на който е представено съдържанието.
- Обхватът на това, което средството за оценка може да тества автоматично, варира в зависимост от самото средство. Някои средства проверяват една страница, докато други проверяват цели групи свързани страници, pdf-файлове и т.н.
- Автоматично генерираните отчети не могат да се използват самостоятелно, а е необходимо същите да бъдат адаптирани към установени документи на български език, отчитащи комплексната оценка за нивото на достъпност.

- Отчетите с резултати от проверките се генерират по различен начин и при избора на средство или комбинация от средства, трябва да се отчита и този факт в зависимост от целите, за които ще се използват. Използваните в настоящия доклад средства предоставят подробна информация с резултатите от теста, връзката с WCAG 2.0 и съдържат инструкции как да се реши идентифицирания проблем, но от направения сравнителен анализ на резултатите, получени с различните средства се вижда, че те идентифицират различен брой несъответствия по едни и същи критерии.

В резултат от направените автоматизирани тествания могат да се направят следните препоръки:

- Предвид това, че различните средства откриват различен брой несъответствия по отделните критерии, то следва те да се използват като бърз и допълващ инструментариум, както на отделните етапи от разработване, внедряване и поддръжка, така и за целите на управлението и оценката на достъпността на уеб сайтове с различно съдържание.
- За по-сложни сайтове с голям брой документи, изцяло ръчното тестване изисква огромно количество работа и не може да бъде постигнато без отлична организация и достатъчен човешки и времеви ресурс. Поради това се препоръчва използването и на автоматизирани средства. Прилагането на комбинирано тестване, което съчетава използването на средства за автоматично тестване с допълнително тестване от проверяващия представлява сравнително лесен и точен метод за комплексна оценка на достъпността. Към настоящия момент в Държавна агенция „Електронно управление“ се извършват тествания с използването на комбинирания подход съвместно с участието на хора с увреждания по утвърдена Методология за наблюдение и проверки на достъпността на

съдържанието на интернет страниците и мобилните приложения [11].

- Представените резултати могат да се използват при подобряване качеството на работните процеси и управлението на дейностите за оценка и анализ на достъпността на уеб съдържание.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] W3C, „Introduction to Web Accessibility“, 2019, Available at: <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/#what>, [accessed on 26.05.2021].
- [2] UN, Convention on the Rights of Persons with Disabilities (CRPD), 2006, Available at: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html>, [accessed on 26.05.2021].
- [3] W3C, Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1, 2018, Available at: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>, [accessed on 26.05.2021].
- [4] WebAIM, Screen Reader User Survey #8 Results, 2019, Available at: <https://www.webaim.org/research/survey8/>, [accessed on 26.05.2021].
- [5] ЕП и СЕС, Директива (ЕС) 2016/2102 на Европейския парламент и на Съвета относно достъпността на уеб сайтовете и мобилните приложения на организациите от обществеността, 2016, Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=CELEX:32016L2102>, [accessed on 26.05.2021].
- [6] W3C, Web Accessibility Evaluation Tools List, 2020, Available at: <https://www.w3.org/WAI/ER/tools/>, [accessed on 26.05.2021].
- [7] Level Access, “Is your website accessible to people with disabilities?”, Available at: <https://www.webaccessibility.com/>, [accessed on 26.05.2021].
- [8] WebAIM, WAVE Web Accessibility Evaluation Tool, Available at: <https://wave.webaim.org/>, [accessed on 26.05.2021].
- [9] Project Technologies & Services (PTS), Check the Accessibility of a Web Page, 2020, Available at: <http://checkers.eiii.eu/en/pagecheck/>, [accessed on 26.05.2021].
- [10] ETSI, EN 301 549 V2.1.2, Harmonised European Standard Accessibility requirements for ICT products and services, 2018, Available at: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/301500_301599/301549/02.01.02_60/en_301549v020102p.pdf, [accessed on 26.05.2021].
- [11] ДАЕУ, Методология за наблюдение и проверки на достъпността на съдържанието на интернет страниците и мобилните приложения, 2020, Available at: <https://e-gov.bg/wps/portal/agency/home/%D0%B0ccessibility-websites/web-access-documentation>, [accessed on 26.05.2021].

AUTOMATED TOOLS FOR CONTROL AND EVALUATING THE ACCESSIBILITY OF WEB CONTENT

Joanna Alexieva
State E-Government Agency
Sofia City, Bulgaria
E-mail: jalexieva@gmail.com

Pancho Tomov
Technical University - Sofia
Sofia City, Bulgaria
E-mail: pkt@tu-sofia.bg

Roumiana Tsankova
Technical University - Sofia
Sofia City, Bulgaria
E-mail: rts@tu-sofia.bg

Abstract: Access to the Internet and content on various sites, platforms and other applications has become even more popular in the context of the global pandemic. It is therefore important that the information is presented in such a way that it is accessible to a wider range of users, including people with disabilities. This report presents the results of automated testing performed with some of the most popular online tools for control and evaluating the accessibility of web content and locating non-compliance with the set of requirements of standards and technical specifications related to providing accessible web content.

ИНОВАЦИИ В СИСТЕМИТЕ ЗА СГРАДНА АВТОМАТИЗАЦИЯ

Росен Петров
Институт по информационни и
комуникационни технологии - БАН
София, България
E-mail: rosen_p@yahoo.com

Милена Бисерова-Харалампиева
Институт по информационни и
комуникационни технологии - БАН
София, България
E-mail: milena_biserova@abv.bg

Димитър Карастоянов
Институт по информационни и
комуникационни технологии - БАН
София, България
E-mail: dimikara@abv.bg

Резюме: Статията представя иновациите в системите за сградна автоматизация (ССА). Описани са ползите от използването на ССА. Разгледани са етапите в развитието на ССА. Дадени са някои примерни структури.

Ключови думи: системи за сградна автоматизация, компютърно управление, микропроцесори, локална мрежа

I. Увод

Системата за автоматизация на сградите (ССА) е общ термин (също известна като система за управление на сгради, BMS). Използва се за означаване на широк диапазон от компютъризирани системи за управление на сгради, от контролери със специално предназначение, към самостоятелни отдалечени станции и по-големи системи, включително централен компютър, станции и принтери. ССА е една от основните интелигентни строителни системи, [1].

ССА включва няколко подсистеми, които са свързани в различни начини за формиране на цялостна система. Системата трябва да бъде проектирана около самата сграда, за да обслужва системите за услуги, за които е предназначена. Следователно, въпреки че използваните съставни части могат да бъдат идентични, няма две еднакви системи, освен ако не се прилагат за еднакви сгради с идентични услуги и идентично използване. Строителните услуги включват системи за ОВК, електрически системи, осветителни системи, противопожарни системи, системи за сигурност и асансьорни системи. В индустриални сгради те могат също да включват използваните системи за състен въздух, пара и топла вода за производствения процес. ССА може да се използва за наблюдение, контрол и управление на всички или само някои от тези услуги. Има основателни причини и крайни цели за инвестиране на значителни суми пари в подобни системи. Цената за подобна инвестиция ще варира в зависимост от предназначението на сградата и начина, по който сградата се управлява, както и връзката между стойността на крайния продукт и разходите за експлоатация на сградата. Това може да зависи и от нивото на усъвършенстване на строителните услуги и техните капиталови разходи. Основните ползи от използването на ССА са разгледани по-долу.

II. ПОЛЗИ ОТ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ССА

Основните ползи от използването на ССА могат да се обобщат по следния начин:

A. Повишена надеждност на монтираните съоръжения и услугите

Целите на експлоатацията и поддръжката на системата са да осигурят системите да работят правилно за дълъг период от време без повреди и с високи нива на ефективност. Неизправността на даден компонент почти винаги води до по-скъп ремонт или подмяна, отколкото би било необходимо с навременно периодично внимание. Освен това повредата на определено оборудване прекъсва услугата, предоставена от екологичната система с произтичащите от това неудобства за обитателите и / или допълнителни разходи за собственика. ССА може да допринесе значително за гарантиране на работа чрез постоянно наблюдение на системата и осигуряване на превантивни мерки и поддръжка. Типични примери са предупрежденията за оборудване, което е достигнало своя лимит за работа или е амортизирано до определено ниво.

B. Намалени оперативни разходи

Един от основните разходи при експлоатацията на сграда е цената на енергията, необходима за отопление, климатизация и осветяване на пространството. Ключова функция на ССА е да се намалят енергийните разходи възможно най-много. Типични примери за това са програмиран старт / стоп, рекуперация и рецикулация, зададена точка за нулиране и оптимизация на климатичните инсталации. Персоналът, отговорен за поддържане на сградата и нейните услуги представлява значителна част от общите оперативни разходи в днешно време поради получаваните възнаграждения и повишената сложност на съвременните системи, залагани в новите сгради. Приносът, който ССА предоставя е възможност за намаляване на изискванията към работна ръка, а това може да има основен ефект върху годишните разходи за управление на сградата.

Всички видове нови сгради имат претенциите за някаква енергоспестяваща система. Ако единствената причина за инсталиране на система е да се спести енергия, тя е посочена като система за управление и контрол на енергията (EMCS) или сградна система за управление на енергия (BEMS), а не ССА или КИПиА. Следователно, EMCS или BEMS обикновено се счита за част от ССА или КИПиА. EMCS или BEMS могат да се разглеждат като системи за наблюдение и контрол на сградните системи, които имат значителен принос за потреблението на енергия на сградите.

С. Управление на сгради

ССА предоставя най-удачните методи и средства на персонала за управление на сградата. Това означава наблюдение на условията и услугите и поддържането им при необходимото ниво по всяко време. Това също означава да можете да реагирате бързо и ефективно за промени във функционалните модели и използването на пространството.

Д. Повишаване на производителността на персонала

ССА може също да осигури ползи, които са по-малко осезаеми и следователно трудни за измерване. Те включват повишена ефективност на персонала поради подобрени условия на околната среда. Подобен морал и удовлетвореност от работата на обслужващия персонал, който е в състояние да отдели повече време за предотвратяване на щетите от грешки, по-малко време в за преодоляване на възникнали аварии.

Е. Защита на хората и оборудването

На ССА е присъща комуникационна мрежа, която се простира през цялата сграда или комплекс от сгради. Същата тази система за комуникация може да бъде задействана чрез изпращането на аларми до оператор или служба за сигурност в случай на дим, пожар, проникване или ситуации, които биха могли да повредят оборудването.

Освен това ССА може да съдейства и за други мерки за сигурност. Например, може да контролира достъпа като предоставя на управителя на сградата възможност за предоставяне на различни нива на достъп на различни членове на персонала. ССА може да помогне за предпазване от проникване в сградата, като използва достъп до карти, чрез контролиране и наблюдение на определени зони на сградата и чрез осигуряване на време и периметър за патрулиране на живата охрана предварително по определен график.

III. РАЗВИТИЕ НА СИСТЕМИТЕ ЗА СГРАДНА АВТОМАТИЗАЦИЯ

Традиционно, контрола на работната среда на сградите, както и на механичното оборудване се извършва чрез пневматични или електромеханични устройства. С широкото приемане на DDC технологията и използването на микропроцесорни системи, системите за автоматизация на сгради заменят традиционното управление и служещи като първични системи за управление. Към настоящия момент на пазара на сгради, повече системи за сградна автоматизация имат „вградени“ контролни компоненти. Типичен пример са чилъри с контролен панел и въздухообработващи блокове, интегрирани с контролни компоненти. Описание на цялостното развитие на ССА може да обхване неговото развитие от началото на 40-те години. Напредъкът на ССА може да бъде разделен на следните етапи:

- централизиран панел за контрол и наблюдение;
- компютъризиран централизиран панел за контрол и наблюдение;

- ССА с панел за събиране на данни (DGP), базиран на миникомпютър;

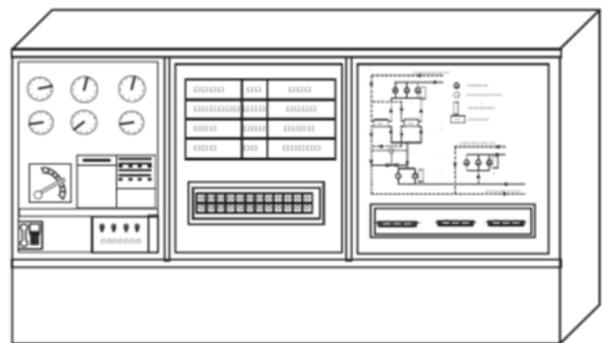
- базирана на микропроцесор ССА с използване на LAN;

- отворена ССА, съвместима с Интернет / интранет.

А. Пред-ССА етап: централизиран панел за контрол и наблюдение

„Етапът преди ССА“ е обозначен като такъв, тъй като системите все още не са напълно реализирани в цялост. В този период постепенно се въвеждат различни технологии. По принцип централизираният контрол и контролни панели позволяват на операторите да прочетат показанията на сензора и старт/стоп или нулират системите от едно централно място без да има нужда да се обхождат действителните места, където са позиционирани сензори и превключвателите над сградата (Фиг. 1). Броят на сензорите и превключвателите е много ограничен в сравнение със съвременната ССА, която може да включва хиляди или дори стотици хиляди входно / изходни точки. Пневматична централизация, постигната чрез използване на пневматични сензор-предаватели, позволяваща локална индикация и отдалечен сигнал с приемник-контролер е технология, въведена на този етап.

Другата въведена технология е усилване на сигнала, което позволява на въздушния сигнал да остане постоянен през цялото време при преминаването му в снопа пластмасови тръби между устройството и неговия контролер. Следователно броят на локалните контролни панели в сграда може да се сведе до един център.

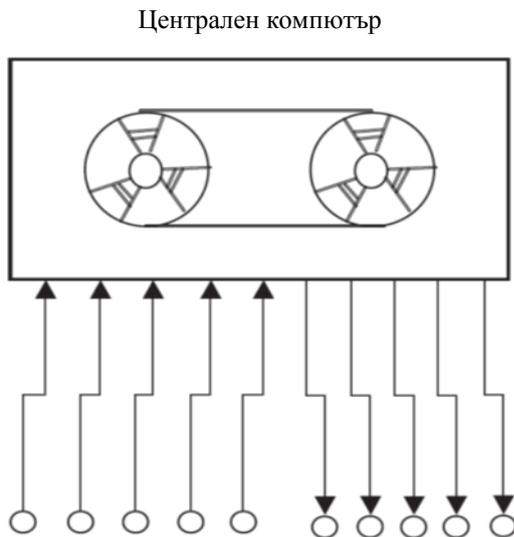


Фиг. 1. Централизиран панел за управление и наблюдение

Резултатът е въвеждането на електронни сензори и аналогови контури за управление в централизиран център за управление. Проблемът, с който се сблъскват в началото на този етап при използване на електрически технологии е прекомерно окабеляване и следователно високата цена на инсталацията. С въвеждането на електромеханичните системи за мултиплексиране през 60-те години се намалява броя на проводниците, което води до намаляване на инсталационните разходи и поддръжка. Проводниците са намалени от стотици на няколко десетки на мултиплексор. Търговските системи за цифрова индикация и регистриране са на разположение на централните панели и позволяват автоматичното записване на избрани измервания.

В. Първо поколение - компютризиран централизиран контрол и панел за наблюдение

В края на 60-те години е пуснат първият на пазара компютризиран център за автоматизация на сгради като следствие от развитието на съвременния компютър през 40-те години. Компютърът се свързва към отдалечени мултиплексори и контролни панели, позволяващи на всички съобщения, сензори и устройства да комуникират чрез коаксиален кабел или двупроводно цифрово предаване. Способността за адресиране на всички точки в системата предоставят на операторите много полезна информация. Системата (Фиг. 2) осигурява програмиране на графика на контролируемо устройство, автоматично нулиране на аналогови изходи, високи и ниски граници на алармата, както и доклади.



Фиг. 2. Компютризирана система за контрол и наблюдение.

Системата от това поколение е много скъпа и трудна за използване. В следствие от високата цена на хардуера съхранението на информацията на дискове е рядкост. Програмите се зареждат ръчно през четец на лента като смяната на програмите представлява огромна трудност. На този етап ССА са с много ниска надеждност, тъй като цялата система се базира на един централен компютър и също включва прекомерно окабеляване. Това поколение на компютризирана ССА имаше ограничен брой приложения и бързо бива надстроена до ново поколение ССА.

С. Второ поколение - ССА, базирана на използване на миникомпютър и панел за събиране на данни

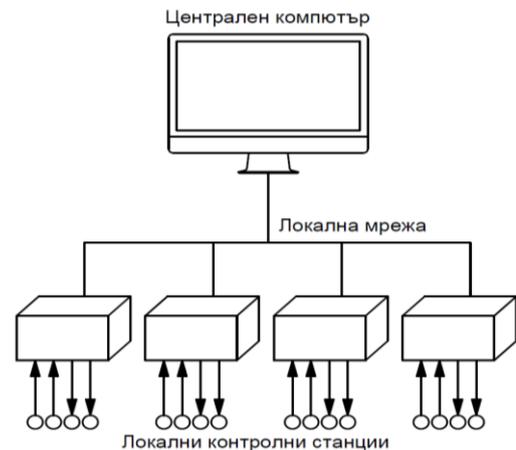
Използването на миникомпютри, централни процесори и контролери с програмируема логика (PLC) в системите за автоматизация на сгради се увеличават драстично през 70-те години. Включени са нови приложни софтуерни пакети към техните основни системи за автоматизация срещу допълнително заплащане. Допълнителни приложения са предложени на пазара с опции като: управление на енергията, работни цикли, контрол на търсенето, оптимален старт/стоп, оптимално нулиране на температурата, дневен/нощен контрол и контрол на вентилацията.

През 70-те години разходите за хардуер започват да намаляват драстично. Компютрите стават достатъчно практични, за да се използват за често срещани приложения от не специализирани потребители. В сравнение с компютърните системи от по-ранен етап, системите стават лесни за ползване. Много по-лесно е да се програмира, използвайки подобни системи, както и да се генерират нови бази данни. Използването на клавиатури и хардуер предоставят на потребителите удобен първичен интерфейс човек-машина (HMI) с компютрите и системите за автоматизация на сгради. Информацията събрана от компютърно базирана система за автоматизация, би могла да бъде отпечатана на хартия или изведена на екран. Цената на специалния софтуер обаче се увеличава, тъй като не може да бъде направен по-прост начин. В повечето случаи специално обучени програмисти са хората, способни да свършат този вид работа. Друг важен напредък е използването на „единици за събиране на данни“, което означава, че данните, събрани от много сензори и управляващи сигнали и изпратени към много управляващи устройства за задействане може да се предаде чрез няколко проводника. Това значително намалява работата по окабеляването и позволява автоматизацията на сградните системите да имат разширен брой точки за наблюдение и контрол спрямо заданието на за индустриалната дейност в сградата.

Д. Трето поколение - базирана на микропроцесор BAS, използваща LAN

Използването на микропроцесори и персонални компютри (PC) прави революция в контрола на индустриите, което води до раждането на ново поколение ССА. По-ниската цена на микропроцесорите и чиповете е основната причина за разработване на нови технологии в автоматизацията и управлението на сгради.

Широкото разпространение и добрия прием на базирани на микропроцесорни контролери е основната характеристика на ССА от това поколение. Микропроцесорни контролни станции, интегрирани с помощта на локална мрежа (LAN) представлява типичната системна архитектура на ССА на този етап, която съществува и до днес – Фиг. 3.



Фиг. 3. Типичен базиран на микрокомпютър BAS, използващ LAN

Използването на твърд диск за съхранение на данни и зареждане на приложни програми осигурява голямо удобство при използване и програмиране на ССА. Системата обикновено разполага с централна платформа за наблюдение и управление, работеща на компютърна станция, която е пряко свързана със станции за дистанционно управление чрез LAN. Важна характеристика на ССА на (и след) този етап е използване на самостоятелни, но интегрирани микропроцесорни контролни станции за управление отделни стопанства. Това позволява на ССА да има независимост. Това означава, че повечето от решенията за контрол могат да бъдат обработвани локално, което води до значително увеличаване на надеждността на ССА, докато управлението и оптимизацията могат да се извършват колективно.

Основният проблем за ССА на този етап е несъвместимостта на различните протоколи за комуникация на данни на производителите, формати на съобщения и управление на информацията, тъй като увеличеният мащаб и функции изискват използването и интеграцията на системи от различни производители. Този проблем съществува поради факта, че системите за автоматизация на сградите не отговарят на един общоприет стандарт.

Е. Четвърто поколение - отворена ССА, съвместима с Интернет / Интранет

От 80-те години насам се полагат много усилия за разработване и популяризиране стандарти за решаване на проблемите на несъвместимостта на строителството системи за автоматизация. Популярното използване на Интернет оказва страхотно въздействие върху стандартизиращите технологии, използвани в индустрията на ССА. До средата на 90-те години отворените протоколи и стандартните технологии започват да се приемат широко в индустрията. Много комуникационни и софтуерни технологии често използвани в интернет/ интранет или в рамките на компютърната мрежа са приети директно от индустрията на ССА. Основната характеристика на днешната ССА може да бъде обобщена, както следва. Използването на отворени и стандартни комуникационни протоколи позволява системите от различни производители да бъдат интегрирани без много затруднения или усилия. Използване на IP и стандартните интернет / интранет технологии позволява интеграцията на ССА с корпоративни изчислителни мрежи. Мрежата за конвергенция осигурява единна мрежова платформа за цялата информация в сградите. ССА интеграцията и управлението на информацията могат да бъдат постигнати чрез глобалната интернет инфраструктура, [2].

IV. НАПРЕДЪК НА ССА В СРАВНЕНИЕ С ИЗЧИСЛИТЕЛНАТА ТЕХНОЛОГИЯ

На Фиг. 4 е показан напредъкът на изчислителния капацитет и технологиите за сградна автоматизация и

тяхната взаимовръзка. Очевидно е, че еволюцията на технологията на ССА има връзка с напредъка на изчислителните технологии поради факта, че ССА е всъщност приложение на компютрите и ИТ в областта на технологиите за контрол на сградите и тяхното управление. Между ССА и системите за автоматизация и изчислителни системи и мрежи в първите три етапа обаче има ясна граница, въпреки че похватите, софтуера и хардуера произхождат от компютърните технологии.

Типичната ССА от четвърто поколение е съвместима с изчислителните мрежи, включващи комуникационни протоколи и средства за обработка на информация. Към днешна дата няма граница между ССА и интранет.

Системите могат да бъдат интегрирани лесно в много големи мащаби по отношение на броя на системите и геометрията.

Фиг. 5 показва пример за типична мрежова архитектура на сградна система за автоматизация, въпреки че ССА са много различни по отношение на техния мащаб и мрежова конфигурация. На практика ССА, особено система от голям мащаб, често може да включва повече нива или слоеве от мрежи. Мрежите за полеви контрол обикновено свързват станциите за полево управление. Контролните станции са свързани със системата за обслужване на сгради чрез сензори, детектори и управляващи устройства за задействане. Мрежовите контролни станции служат като рутер / конвертор за интегриране на мрежите за контрол на полето в управлението (по-високо ниво) мрежа. Те обикновено имат относително по-голямо пространство в паметта и по-висока изчислителна мощност. Станциите за контрол на мрежата могат или не могат имат входове и изходи за директно взаимодействие със ССА.

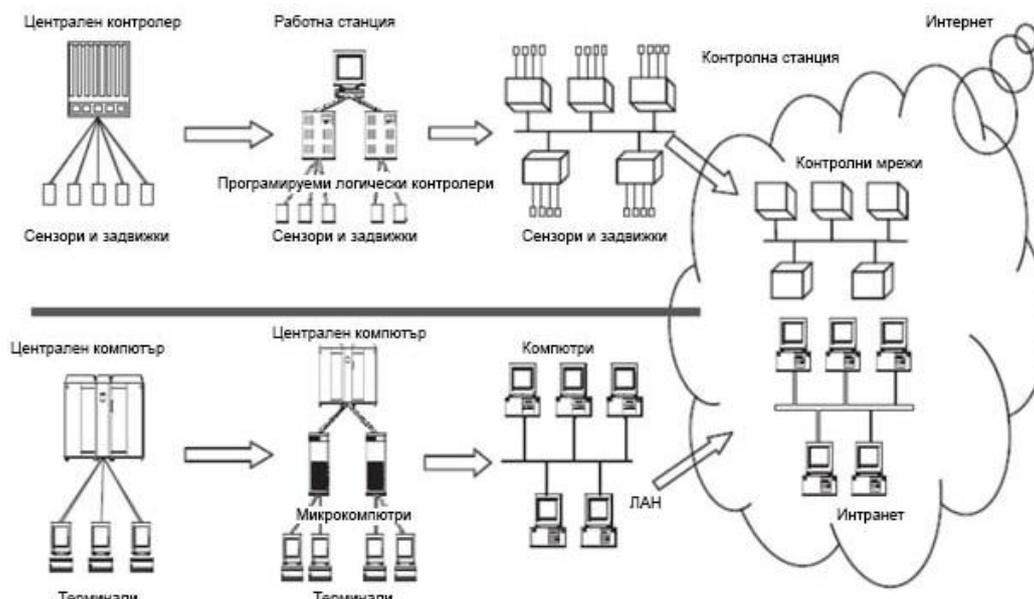
Мрежите за полево управление обикновено имат по-ниска скорост на комуникация, [3].

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

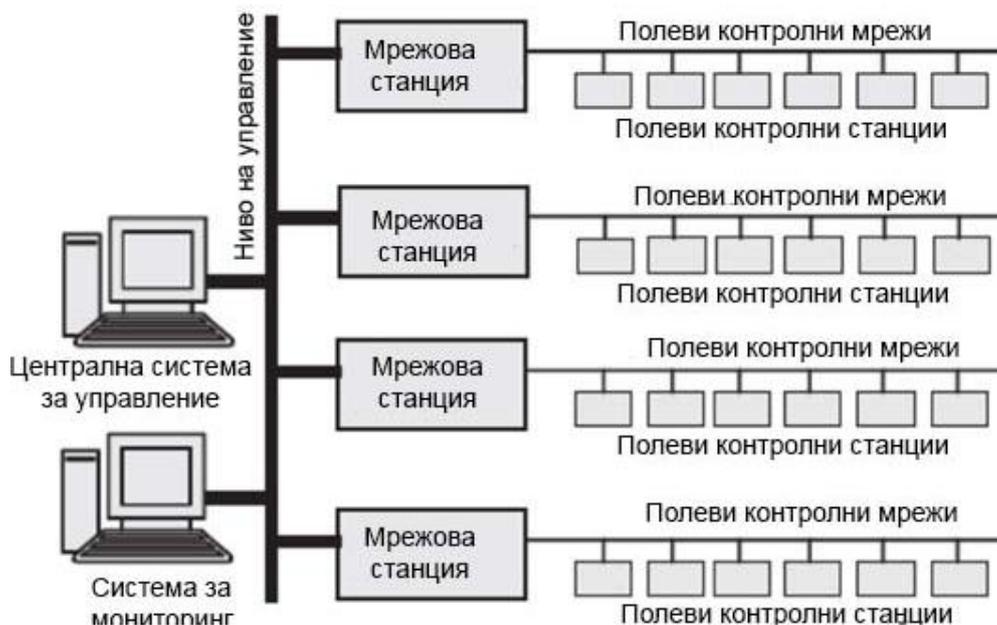
Прилагането и използването на системи за сградна автоматизация (ССА) бележи значителен ръст в последните години, свързан както с напредъка в изчислителните и комуникационни възможности на вграждания хардуер и софтуер, така и с разширението на предлаганите услуги. ССА дават на обитателите повече, сигурност, по-добро качество на живот, по-здравословна среда за обитаване и по-голямо разнообразие от услуги.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] DEGW and Tekinibank. (1995) The Intelligent Building in Europe, London and Milan: British Council of Offices, The College of Estate Management.
- [2] Honeywell Inc. (1989) Engineering Manual of Automatic Control for Commercial Buildings: heating, ventilating, air- conditioning, Minneapolis, Minnesota: Honeywell Inc.
- [3] Scheepers, H. P. (1991) Supporting Technology for Building Management Systems,



Фиг. 4. Напредък на СА в сравнение с изчислителната технология



Фиг. 5. Типична мрежова архитектура на BAS.

INNOVATIONS IN THE SYSTEMS FOR BUILDING AUTOMATION

Rosen Petrov
 Institute of Information and
 Communication Technologies
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: rosen_p@yahoo.com

Milena Biserova Haralampieva
 Institute of Information and
 Communication Technologies
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: milena_biserova@abv.bg

Dimitar Karastoyanov
 Institute of Information and
 Communication Technologies
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: dimikara@abv.bg

Abstract: The article presents the innovations in the systems for building automation (SBA). The benefits of using SBA are described. The stages in the development of SBA are considered. Some exemplary structures are given.

ИНОВАЦИИ В МОБИЛНОТО И ОНЛАЙН БАНКИРАНЕ

Милвина Терзиева
Институт по информационни и комуникационни
технологии - БАН
София, България
E-mail: msalabasheva@yahoo.com

Димитър Карастоянов
Институт по информационни и комуникационни
технологии - БАН
София, България
E-mail: dimikara@abv.bg

Резюме: Статията разглежда методите и средствата за преминаване от класическо към дигитално – мобилно и онлайн банкиране. Описани са основни подходи в модерното електронно банкиране. Представени са интерактивни ресурси за дистанционно и автономно банкиране.

Ключови думи: банкиране, електронен трансфер, реално време, token, KEП, chatbot, blockchain

I. УВОД

Онлайн банкирането и мобилното банкиране са две страни на една и съща монета. Тя направи банкирането по-просто, по-лесно и изключително удобно. Екраните се промениха, размерите станаха по-малки, а банкирането стана по-просто. Тъй като предлаганите услуги са почти идентични, потребители си мислят, че са едно и също нещо, но не са.

Иновацията е стартирала с безконтактното плащане и достигнала съвсем други нива с онлайн и мобилното банкиране. Всяка една трансакция от физическа може да бъде направена дигитално без да се налага да излизаме от къщи или да разменяме банкноти.

Онлайн банкирането или Интернет банкирането е един от удобните начини за електронно банкиране, което предизвика промяната в банковите операции и осигурява непрекъснато виртуални банков услуги на своите клиенти. С този метод клиентите могат да получат достъп до данните на банковата си сметка, независимо къде се намират, с помощта на уебсайта на банката, както и да извършват банково преводи, [1].

Мобилното банкиране се различава по-това, че освен интернет се използва мобилния телефон или таблет и се достъпва уебсайт или се използват различни приложения, както и СМС-и. Можете да банкирате където и да се намирате, и също така да локализирате най-близкия до вас банкомат.

Мобилното банкиране е удобство предоставено от банката на своите клиенти. Можете да получавате push съобщения както свързани с трансакциите ви, така и с редица маркетингови инициативи и за да ги прочетете не е необходимо да сте влезли в приложението. Интеграцията с мобилния номер позволява лесно проследяване на записите и идентификация на потребителите, [2].

II. ПОДХОДИ В МОДЕРНОТО ЕЛЕКТРОННО БАНКИРАНЕ

Прехвърлянето на средства е възможно с помощта на Electronic Fund Transfer (EFT), Real-time gross settlement

(RTGS) и Trans-European Automated Real-time Gross settlement Express Transfer system (TARGET2).

A. Electronic Fund Transfer (EFT)

Electronic Fund Transfer (EFT) е прехвърляне на пари от една сметка в друга. Сметките могат да бъдат в една и съща финансова институция или в две различни финансови институции. Трансакцията се извършва по електронен път през компютърна мрежа. Времето, необходимо за обработка на EFT плащане, зависи от вида на плащането, вашия доставчик на EFT и кога изпращате плащането.

Най-често се използва при депозиране на пари директно по банкова сметка, както и при трансфер на средства чрез електронни терминали като дебитни/кредитни карти, АТМ и ПОС.

Трансакцията се обработва в клиринг система и средствата се прехвърлят електронно от един банков акаунт към билинг банката, обикновено по-малко от ден след планираната дата на плащане (обикновено н следващия бизнес ден). Сетълментът е на бачове/партиди.

Нарастващата популярност на EFT за онлайн плащане на сметки проправя път за трансакции без хартия, при които чекове, печати, пликове и банкноти са остарели. Ползите от EFT включват намалени административни разходи, повишена ефективност, опростено водене на счетоводство и по-голяма сигурност. Броят на компаниите, които изпращат и получават сметки през интернет обаче е все още сравнително малък.

Най-разпространените EFT са: директен депозит, банкомати, дебитни/кредитни карти, системи за плащане с телефон, онлайн банкиране и банков преводи

B. Real-time gross settlement (RTGS)

Real-time gross settlement (RTGS) е система за прехвърляне на средства, при която парите се преместват от една банка в друга в „реално време“ и на брутна база. Тя е най-бързият възможен начин за превод на пари. „В реално време“ означава, че платежната трансакция не е обект на период на чакане. Сделката ще бъде завършена веднага щом обработката е извършена, а брутният сетълмент означава, че преводът на пари е завършен едно към едно, без да се обединява с друга трансакция.

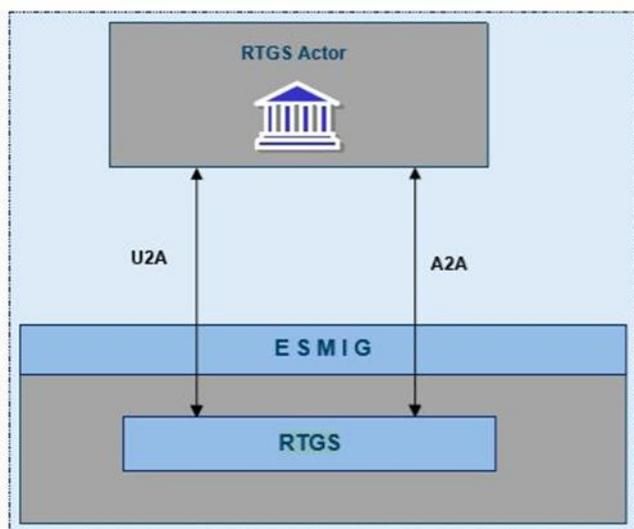
RTGS е система, която обикновено се използва за банков превод с големи стойности. Те изискват незабавен и пълен клиринг и се изпълняват от централната банка на дадена държава.

RTGS не изисква физическа размяна на средства. Най-често централна банка коригира сметките на изпращачата и приемащата банка в електронен вид. Например, салдото на банка А (изпращачът) ще бъде намалено с 1 милион долара, докато салдото на банка В (получател) ще бъде увеличено с 1 милион долара. Но, за да може RTGS да управлява и двете финансови институции, участващи в трансакцията, трябва да имат сметки в Централната банка.

Първата система, наподобяваща система RTGS, е U.S. Fedwire система, която е въведена през 1970 г. Тази система представлява еволюция на предишна телеграфна система, която се е използвала за прехвърляне на средства по електронен път между U.S. Federal Reserve банки. През 1984 г. Обединеното кралство и Франция внедряват системи от тип RTGS.

Британската система, наречена CHAPS (Clearing House Automated Payment System), понастоящем се управлява от Bank of England. Франция и други държави от еврозоната споделят система, наречена TARGET2 (Trans-European Automated Real-time Gross settlement Express Transfer system). Други развити и развиващи се страни също са въвели собствени системи от тип RTGS.

RTGS предоставя достъп до своите услуги чрез A2A и U2A режим на свързване – фиг. 1, [3].



Фиг.1. RTGS система

- A2A свързване – Софтуерните приложения комуникират с RTGS чрез обмен на единични съобщения и файлове (последните са входящи само към RTGS). Комуникацията A2A разчита на XML съобщения, използвайки стандарта ISO 20022, когато е приложимо, както за входяща, така и за изходяща комуникация. Режимът на свързване A2A поддържа базиран на съобщения и файлов канал за предаване. Използването на канал за свързване зависи от размера на бизнес съдържанието, което ще се предава. Ограничението за комуникация на базата на съобщение е 32KB, докато максималният размер на файлова комуникация е ограничен до 32MB. Следователно каналът за предаване не зависи от типа комуникация, т.е. базиран на файл или

съобщение, а от размера на комуникацията. Отделни съобщения могат да бъдат изпращани с помощта на файлова комуникация (и трябва да бъдат, ако надвишават ограничението на размера на предаване въз основа на съобщение) и файлове могат да бъдат изпращани с помощта на комуникация въз основа на съобщение, когато ограничението за размер не е надвишено.

- U2A свързване – RTGS actors (участниците) имат достъп до определени функционалности в RTGS чрез специалния си графичен интерфейс.

C. Trans-European Automated Real-time Gross Settlement Express Transfer system (TARGET2)

Trans-European Automated Real-time Gross Settlement Express Transfer system (TARGET2) предоставя брутен сетълмент в реално време за плащания в евро. Системата стартира през ноември 2007 г., като основната ѝ цел е ефективно да обслужва паричната политика на Евросистемата, като осигури надежден и сигурен механизъм за сетълмент на плащания в евро на базата на принципа RTGS (Real-time gross settlement) и гарантира равнопоставен достъп до платежните услуги на участниците, като спазват еднакви правила и имат едни и същи права и задължения за изпълнение на преводи в евро. От правна гледна точка TARGET2 е изградена като съвкупност от RTGS системите на страните-участници, които представляват компоненти на системата. Всеки участник може да участва през един системен компонент, опериран от централна банка. До момента към TARGET2 са се присъединили централните банки на 24 държави в ЕС, както и Европейската централна банка.

С цел по-добра интеграция на европейските финансови пазари и предлагане на хармонизирани платежни и сетълмент услуги, Евросистемата стартира три инициативи – консолидация на TARGET2 и TARGET2-Securities, незабавни плащания в централно банкови пари (TARGET Instant Payment Settlement/TIPS) и разработване на система за управление на обезпеченията на Евросистемата (Eurosystem Collateral Management System/ECMS). Централните банки на Германия, Испания, Франция и Италия са доставчици и разработват новите услуги от името на Евросистемата.

TIPS стартира през ноември 2018 г. и обработва незабавни клиентски плащания в евро в съответствие със схемата на Европейския платежен съвет за SEPA незабавен кредитен превод, базирана на ISO 20022 стандарта. Услугата позволява на потребителите да извършват преводи в евро на принципа 24 часа в денонощието, 7 дни в седмицата и 365 дни в годината. Обработката на трансакциите (от задължаване сметката на платеца до заверяване сметката на получателя) се извършва в рамките на няколко секунди, независимо от работното време на банката, която участва в TIPS, [4].

От ноември 2021 г. Евросистемата планира внедряването на нова консолидирана платформа за TARGET услуги, която ще обединява на техническо и функционално ниво платежната система TARGET2, системата за сетълмент на ценни книжа TARGET2-Securities и услугата за обработка на незабавни преводи в

евро TIPS. Със стартирането на ECMS от ноември 2022 г. консолидираната платформа ще обхваща и системата за управление на обезпеченията. Разработването на нова консолидирана платформа е продиктувана от технологичните иновации в сферата на плащанията, регулаторни изисквания и променящите се нужди на потребителите, като ще модернизира съществуващите системи и ще повиши общата ефективност и сигурност.

Всички TARGET услуги ще използват ISO 20022 стандарта, който се налага като глобален стандарт в платежната индустрия.

D. TARGET2- Securities (T2S)

TARGET2- Securities (T2S) – Когато инвеститорите купуват и продават ценни книжа, трябва да има сигурност при плащането или процес, наречен сетълмент на ценни книжа. T2S е сигурна платформа, при която размяната може да се случи едновременно, т.е. там, където е възможна доставка срещу плащане.

T2S революционизира сетълмента с ценни книжа в Европа, защото сложи край на сложните процедури за трансграничен сетълмент и проблемите, причинени от различните практики за сетълмент между страните.

Банките плащат за ценни книжа в платформата, използвайки сметката, която имат в централната си банка, така че парите, използвани за уреждане на трансакциите, са пари от централната банка. В резултат на това трансакционният риск значително намалява.

Ако сте пазарен участник и искате да уреждате трансакции с ценни книжа, използвайки платформата T2S, имате нужда от сметка за ценни книжа в един от централните депозитории на ценни книжа (Central securities depositories/CSDs), свързани с T2S, и специална парична сметка в една от централните банки, свързани с платформа. Тези сметки съществуват заедно с общата платформа, т.е. моделът за сетълмент е интегриран за бърз, нискорисков и ефективен сетълмент.

За всяка трансакция инструкциите за сетълмент от CSD и централната банка се съпоставят от T2S, когато влизат в системата. След това T2S урежда трансакцията на база доставка срещу плащане (Delivery-versus-Payment/DvP), т.е. парите и ценните книжа се сменят едновременно. Сделките се извършват с помощта на пари от централната банка, което намалява риска.

T2S предлага и набор от сложни технически характеристики, включително алгоритми за оптимизация за подобряване на ефективността на сетълмента и усъвършенствани механизми за автоматично обезпечаване.

Участниците на пазара обикновено комуникират с T2S чрез техническия интерфейс на техния CSD или централната банка, но банките могат също да изберат да структурират T2S директно. Пряко свързаните участници все още се нуждаят от сметка в централната си банка и CSD, за да могат да уреждат трансакциите с ценни книжа, [5].

Евро системата стартира проект за консолидиране на TARGET2 и T2S по отношение на технически и

функционални аспекти. Целта е да се отговори на променящите се изисквания на пазара чрез замяна на TARGET2 с нова система за брутен сетълмент в реално време (RTGS) и оптимизиране на управлението на ликвидността във всички TARGET услуги. Новата консолидирана платформа ще бъде представена през ноември 2021 г.

Междувременно плащанията са се променили значително поради технологичното развитие, регулаторните изисквания и променящите се нужди на потребителите. Новата система RTGS ще предлага на пазара подобрени и модернизирани услуги. Ще бъде използван стандартът за съобщения ISO 20022. Новата система ще има възможност да улеснява плащанията в няколко валути, ако реши съответната централна банка.

Консолидираната платформа ще включва централизиран инструмент, който ще позволи на участниците да управляват и наблюдават ликвидността на централната банка във всички TARGET услуги. Инструментът ще функционира чрез главен паричен акаунт, който участниците могат да открият в национална централна банка. Този акаунт ще бъде свързан със специалните парични сметки на участника за новата система RTGS, T2S и TIPS.

E. Real-time Interbank Gross-settlement System (RINGS)

Real-time Interbank Gross-settlement System (RINGS) е системата за брутен сетълмент в реално време в България. RINGS извършва неотменим и безусловен сетълмент на всички плащания в национална валута на територията на Република България. Агент по сетълмента е БНБ.

RINGS е платежна система с окончателност на сетълмента, която извършва прехвърляне на парични средства между сметките за сетълмент на участниците в нея окончателно, индивидуално (трансакция по трансакция) и в реално време след получаване от системата на нареждането за превод.

БНБ изгражда, организира, контролира, оперира, администрира, поддържа, развива и осъществява надзор на системата за брутен сетълмент в реално време RINGS. БНБ е собственик на RINGS и определя реда за участие в нея, [4].

III. ИНТЕРАКТИВНИ МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА ДИСТАНЦИОННО И АВТОНОМНО БАНКИРАНЕ

Основните интерактивни методи и средства за дистанционно и автономно банкиране са:

A. Token (Токън)

Token е кодиращо устройство, работещо с автономно хранване (батерия), което генерира еднократни пароли. Използва се при дистанционно банкиране за идентификация.

Токъните бива два вида:

- Хардуерен токън – е електронно устройство, което генерира пароли за еднократно използване и служи като средство за достъп и идентификация в банковата системата. Устройството е лесно за

употреба, компактно и удобно за пренасяне. Посредством него може да се банкирате сигурно от всеки компютър с интернет, от всяка точка на света. Генерира еднократна парола използвайки сложен алгоритъм. Устройството е лесно за употреба, тъй като разполага с малък дисплей и един единствен бутон.

- Дигитален токън – инсталира на мобилни устройства - смартфони и таблети и не се изисква носене на друго средство за подпис. Всяка операция, за която се генерира код за подписване се изписва на екрана на приложението и потребителят знае какво разписва. Поддържа двуфакторна идентификация..

В. Квалифициран електронен подпис (КЕП)

Електронният подпис е средство, чрез което се подписват документи в електронна форма. С подписването на електронния документ подписващият се идентифицира и съдържащата се в документа информация се защитава от последващи промени. Квалифицираният електронен подпис има значението на саморъчен подпис в отношенията с други лица, създава се чрез специално устройство и е свързан с определен материален носител (например смарт-карта и специално четящо устройство за нея), което предотвратява възможността лице, различно от притежателя му, да се подписва с него.

Електронен подпис (Digital signature) е реквизит на електронен документ, предназначен за защитата му от фалшификация. Това е криптографски подпис или точно, математическа функция, получена в резултат на криптографска обработка на информацията, извършена с цел да се удостовери самоличността на изпращача и да се гарантира, че информацията не е била променяна по пътя между изпращането и получаването. Електронните подписи се използват при дистрибуция на софтуер, при финансови трансакции и навсякъде, където се обменя важна информация по електронен път и е много важно евентуално фалшифициране или опит за фалшифициране да бъдат открити навреме.

Електронният подпис използва за криптирането алгоритъм, с една степен по-сигурен от алгоритмите, използващи хеш-функция за удостоверяване на самоличността на изпращача. Използва се асиметрична криптография с двойка ключове - частен и публичен, като с единия се криптира, а с другия се декриптира.

Удостоверението за електронен подпис, наричано още цифров сертификат, представлява форматирани данни, които свързват определен абонат (физическо или юридическо лице) с неговия публичен ключ, записани върху смарт карта.

Public Key Infrastructure (PKI) – на български се среща като „инфраструктура на публичния ключ“, „инфраструктура с публичен ключ“, „публична ключова идентификация“ - е технология за проверка на автентичността на електронен документ с помощта на публичен ключ. Това е съвкупността от хардуер, софтуер, хора, политики и процедури, необходими за издаването, управлението, разпределението,

използването, съхранението и отнемането на цифрови сертификати.

В криптографията PKI е споразумението, което свързва определен публичен ключ с идентичността на неговия собственик (титуляр) с помощта на сертифициращ орган (Certificate Authority / CA). Еднозначността на свързването се гарантира от CA чрез строго установен процес на регистрация и издаване на цифровия сертификат (политики за предоставяне на удостоверителни услуги), което може да става както от софтуер, така и от човек. Органът, който осигурява тази еднозначна свързаност, се нарича регистриращ орган (Registration Authority / RA) и представлява звено на CA (това може и да е упълномощена външна организация), осъществяващо дейностите по приемане, проверка, одобряване или отхвърляне на исканията за издаване на сертификати. Друг участник в PKI е проверяващият орган (Verification Authority / VA). В издадения от CA сертификат с публичен ключ са кодирани редица атрибути като идентичност на титулара, самият публичен ключ, тяхната връзка, условията за валидност и др. по начин, който гарантира че не могат да бъдат фалшифицирани.

PKI се използва за проверка на участника в трансакцията дали той е този, за който се представя. Това е от особено значение например в Интернет, тъй като там липсва стандартен механизъм за проверка на идентичността на участниците. Чрез използването на PKI е възможно въвеждането на концепция за не отхвърляне (признаване) на Интернет-базирани трансакции.

С. Artificial Intelligence – Chatbot

Искуственият интелект е област, в която все повече банкови институции работят. Чатбот технологиите са на първи прочит тези, които чрез използването на искусствен интелект могат да се включат в отговорите в кратко време на стандартизирани въпроси. Чатботът е на линия 24/7, за да предоставя полезна и структурирана информация за различни банкови продукти и улеснява максимално потребителите.

Хората все по-често търсят неформално общата със своята банка, независимо дали са вкъщи, в офиса, на кафе или пътуват с приятели – те искат банковия клон да е в телефоните им. Посредством чатбот потребителите могат да получат необходимите им информация в директен разговор с него в платформа като Facebook, Viber, WhatsApp или самата банкова апликация, без да нарушават комфорта си. Чатботът представлява софтуерно решение, което позволява да се отговаря автоматично на най-често задаваните въпроси чрез текст, глас, снимки, линкове и други елементи. Той е електронен виртуален асистент, който консултира потребителите дистанционно по-бързо и чрез предпочитаните от тях устройства. Чатботът е на линия 24 часа и е леснодостъпен – само с влизане в съответната платформа. Според настройките може да анализира кредитната история на банковите клиенти и да им предлага най-подходящите продукти за тях на база движението на средствата им.

Чатботите са сравнително лесни за настройка. Човек трябва просто да обучи бота, като даде правилната структура на разговор и течение. Те, за разлика от хората, не изпитват емоции и спазват определени правила, за които са програмирани независимо какъв е тона на разговора и емоцията на клиента. За разлика от хората, които могат да общуват само с един човек наведнъж, чатботовете могат едновременно да водят разговори с хиляди хора независимо по кое време на деня е. Следователно това води до драстично намаляване на разходите и покачване на приходите и удовлетвореността на клиентите.

Виртуалната реалност е иновация, която би имала значение за все повече области. Към момента обаче, като че ли все още не е намерено достатъчно добро предназначение във финансовата сфера, като услуга която да се предоставя на клиенти.

Банките обикновено подхождат консервативно към начина, по който предоставят дигитални услуги. Това води до малко по-тромави процедури за клиента, но това е така, защото банките се стремят да положат максимални усилия, средствата на клиента да са максимално защитени, дори когато той бъде подведен от трето лице да разкрие информация за себе си или свой платежен инструмент.

Автентикация в дистанционните канали се осъществява с предоставяне на достъп чрез нещо, което клиентът знае и нещо, което клиентът притежава физически (мобилен телефон, подпис записан на чип карта, токът). Тази година обаче подобни засилени изисквания се регламентират и с официално влизащата в сила регулация на Европейския съюз – Payment Service Directive II (PSD2), ратифицирана в Европейския съюз на 13.01.2018 и задължаваща страните членки да се приведат в съответствие в обозримо бъдеще. Част от тази регулация е изискването за прилагане на strong customer authentication при извършване на платежни операции, което цели всички участници на платежния пазар да осигурят висока степен на защита средствата на клиентите срещу злонамерени опити на измамници да получат достъп до тях. Доверието в използване на всяка една платежна услуга стои в основата на ръста при нейното потребление.

D. Blockchain технология

Blockchain технологията е предназначена за фундаментална трансформация на банкови и финансови услуги. Тя децентрализира финансовото управление от централен орган до широко разпространена мрежа от компютри. Финансовите трансакции се разделят на криптирани пакети или „блокове“ (blocks), които след това се добавят към „веригата“ („chain“) от компютърен код и се шифроват за подобрена киберсигурност. Обикновено всеки блок съдържа hash pointer, който го свързва с предишния блок, освен това съдържа удостоверение за време, наречено „timestamp“ и данни за извършените трансакции, които се съхраняват в блока. По замисъл е изключително трудно да се модифицират данните, които блокчейн технологията създава и съдържа.

Тя е сравнявана с „имейл за пари“ от изпълнителния директор на стартиращия блокчейн Blythe Masters. Тъй като технологията има потенциал да подобри многобройните аспекти на банкирането и е основа за други тенденции в банковата технология като биткойн – вече не е въпросът дали блокчейн ще промени банковата индустрия, а кога, според Wharton School от Университета на Пенсилвания.

Според Harvard Business Review блокчейн „е отворена технология, която може да записва трансакции, направени между двама потребители, по един ефективен, сигурен начин за постоянно“ и в действителност това са нейните основни качества. Блокчейн технологиите осигуряват връзка тип „потребител-към-потребител“, използвайки протокол за да валидира (да удостовери автентичността) на новите блокове. Веднъж записани данните, в кой да е блок, не могат да бъдат променени, без това да влияе на предходния блок, към който са свързани. Едно такова действие не може да бъде осъществено без да получи одобрението на мнозинството потребители в мрежата. Този замисъл превръща блокчейн технологиите в изключително сигурни, с висока степен на Byzantine fault tolerance.

Много компании използват изключително стари методи в работата си. Всичко при тях е старо и почти не създават нищо ново. Разчитат на старите езици на програмиране, някои, които са на десетилетия и се борят единствено да кърпят дупките.

Bitcoin е само една имплементация на блокчейн, но блокчейн не е Bitcoin. Bitcoin използва блокчейн технологията за архива на данните на трансакциите и цели да направи преводите по-сигурни, като е вдъхновен от финансовата криза през 2008 г., за да е по-бърз, сигурен и евтин. Всеки блок съдържа определен брой извършени преводи с Bitcoin, както и идентификаторите на предишните блокове. Именно затова блокчейн се смята за гарантиращ сигурността. Не може да се извърши никаква манипулация на данните без това да се отрази на цялата верига и да се проследи.

Блокчейнът е децентрализация и финансовите институции трудно го приемат. Но в други индустрии има голям интерес. Логистичните компании например повишават ефикасността си с над 30% и намаляват времето за обработка на поръчките с 80%, благодарение на блокчейн автоматизация чрез умни договори. Умните договори са програмируеми договори, които могат да се напишат от всеки адвокат, юрист както и в момента, но към тях се добавят програмирани стъпки на изпълнение, така че машина да може да ги анализира и изпълнява. Тези договори използват блокчейн, за да удостоверяват, че дадените условия са изпълнени и автоматично активират следващата стъпка. Така се намалява времето за чакане, а и се осигурява прозрачност.

Друго приложение на блокчейна са Initial Coin Offering (ICO). Компаниите издават дигитални токени, които са базирани на блокчейн, подобно на криптовалута или друг актив. От 2017 г. досега има направени на 4000 ICO. Обикновено се използват вече готови платформи

като Ethereum, Neo и EOS всяка със своите предимства и недостатъци.

За да може блокчейн технологията да бъде използвана масово, трябва първо да имаме регулации, които я подкрепят. Повечето корпорации не смеят да си помислят да използват каквато и да е нова технология, за която няма ясни регулаторни правила. Не искаш да инвестираш милиони или милиарди и накрая да се окаже, че тази технология не е разрешена и да загубиш всичко.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Днес живеем в дигиталната ера, в която технологията води до промяна в почти всяка индустрия, независимо дали става въпрос за използването на смартфони, автоматизация за подобряване на операциите, облачни изчисления за сътрудничество, анализ на данни за извличане на прозрения. Интелигентното използване на технологиите се превръща в неразделна част от успеха в

бизнеса. Обаче никоя индустрия не е така движена от технологията, колкото е банкирането.

Лесно е кажем, че банкирането става по-автономно за клиента. Макар че някои клиенти на банката все още избират да получат парите си в клон и да ги депозират, много от тях прибягват до удобството да могат да правят депозити чрез мобилното приложение на банката или дори през банкомата..

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Shopping centres prepare to go cashless as atms disappear archived 4 december 2017 at the wayback machine
- [2] <https://resources.flexera.com/web/media/documents/rightscale-2019-state-of-the-cloud-report-from-flexera.pdf>
- [3] Real-time gross settlement, user detailed functional specifications
- [4] <https://bnb.bg>
- [5] <https://en.wikipedia.org/wiki/t2s>

INNOVATIONS IN MOBILE AND ONLINE BANKING

Milvina Terzieva
Institute of Information and Communication Technologies
Sofia, Bulgaria
E-mail: msalabasheva@yahoo.com

Dimitar Karastoyanov
Institute of Information and Communication Technologies
Sofia, Bulgaria
E-mail: dimikara@abv.bg

Abstract: The article discusses the methods and means for transition from classic to digital - mobile and online banking. Basic approaches in modern electronic banking are described. Interactive resources for remote and autonomous banking are presented.

МЕТОДИКА ЗА РАЗРАБОТВАНЕ НА КИНЕМАТИЧНИ МОДЕЛИ НА МАШИНИ В СРЕДАТА НА CAD/CAM СИСТЕМАТА TOPSOLID

Михаела Топалова
Технически университет – София
Инженерно-педагогически факултет – Сливен
Сливен, България
E-mail: m_topalova@tu-sofia.bg

Иван Лазаров
Технически университет – София
Инженерно-педагогически факултет – Сливен
Сливен, България
E-mail: lacones@abv.bg

Резюме: В настоящото изложение се разглеждат възможностите за създаване на кинематични модели на машини в средата на CAD/CAM системата TopSolid. Представена е методика за разработване на кинематични модели на обработващи центри. Изяснени са подходът на изграждане и съдържанието на отделните етапи при създаване на виртуалните модели на машини. Методиката е априорирана за дефиниране кинематиката на конкретна машина, необходима за проектиране на CAM технологии в реална производствена среда.

Ключови думи: кинематичен модел, обработващ център, CAD/CAM, TopSolid

I. УВОД

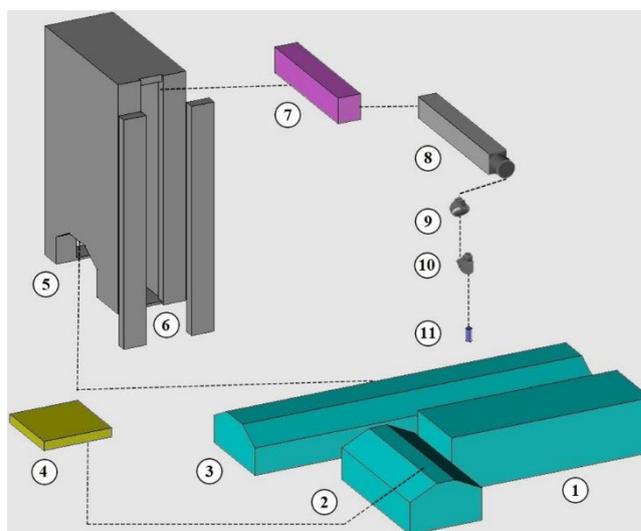
Кинематичните модели на машини са необходимо средство за разработване, проверка и оптимизация на технологии в САМ среда. За целта в САМ системите се поддържат библиотеки от машини, приспособления и инструменти. TopSolid разполага с богата библиотека с машини на водещи фирми производители, като DMG, HAAS, HERMLE, MAZAK, MORI SEIKI и др. При отсъствие на конкретна машина проблемът се решава чрез създаване и записване в библиотеката на неин кинематичен модел. Кинематичните модели на машините се изграждат на основата на 3D модели, отразяващи адекватно компоновката им.

В настоящото изложение е представена методика за разработване на кинематични модели в средата на TopSolid[®], илюстрирана чрез дефиниране на конкретна машина – обработващ център VERUS-FPT.

II. РАЗРАБОТВАНЕ НА 3D МОДЕЛ НА ОБРАБОТВАЩИЯ ЦЕНТЪР

При разработване на 3D модела е възприето машината да се изгради на модулен принцип, като обособяването на модулите е направено по функционален признак. Конструкцията на модулите е опростена до степен, позволяваща дефиниране на кинематиката на машината.

3D моделът на обработващия център е изграден в TopSolid[®] Design чрез обвързване с подходящи геометрични отношения и връзки на функционалните модули тяло, въртяща маса, колона, шейни, фрезова глава, вретено (Фиг. 1). За моделиране на съставящите компоненти са използвани техническите параметри на оригинала.



Фиг. 1 3D модели на функционалните модули на машината

Модул „Тяло“ се състои от три призматични компонента. Два от компонентите (2 и 3) са оформени по начин, позволяващ дефинирането на подходящи връзки с модули за изпълнение на транслационни движения. Компонентът (1) изпълнява функцията на стационарна маса, предназначена за установяване на детайли с големи габаритни размери.

Модул „Въртяща маса“ (4) представлява призматично тяло, което трябва да изпълнява две позициониращи движения – една транслация по компонента (2) на модул „Тяло“ и една ротация около вертикална ос.

Колоната е модул от машината, който извършва транслационно движение (управляема ос X) по компонента (3) на модул „Тяло“. Тя е изградена като съставно тяло, състоящо се от три компонента – корпус (5) и два лицеви панела (6).

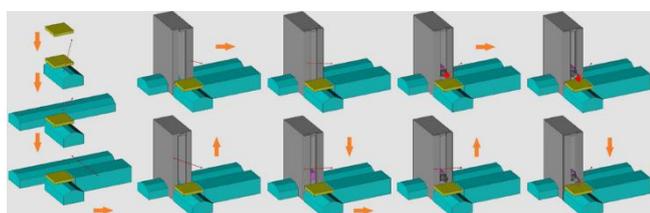
Модул „Шейни“, включва два призматични компонента (7 и 8), които заедно извършват транслационно движение (управляема ос Z) спрямо модул „Колона“. Шейна (8) изпълнява транслационно движение (управляема ос Y) спрямо шейна (7).

Фрезовата глава на машината е изградена от два модула, предназначени за изпълнение на ротационни движения по управляемите оси B и C – модул „Ротация ос B“ (9) и модул „Ротация ос C“ (10).

В модул „Вретено“ (11) се установяват инструменталните комплекти, осъществяващи главното въртливо движение.

3D моделът на машината се изгражда от предварително моделирани функционални модули. От съществено значение е тяхното разполагане спрямо абсолютната координатна система на създавания документ тип „Assembly“. Нейната ориентация трябва да съвпада с тази на машинната координатната система в САМ документ. При обработващите центри е възприето последната да е свързана с масата на машината. Затова създаването на 3D модела започва с вмъкване в сглобената единица на модул „Въртяща маса“.

Последователността на изграждане на 3D модела на обработващия център в TopSolid®Design е представена на фиг. 2.



Фиг. 2 Създаване на 3D модел на обработващия център

За да се използва 3D моделът в САМ документ се създава нова координатна система в средата на горната повърхнина на въртящата маса, като се запазва ориентацията на координатните осите. Координатната система се именува „MCS“ (*Machine Coordinate System*) и документът се записва в STEP формат след указване на новата координатна система.

III. ДЕФИНИРАНЕ НА КИНЕМАТИКАТА НА ОБРАБОТВАЩИЯ ЦЕНТЪР

Кинематиката на виртуалните машини, използвани в TopSolid за създаване на технологии, се дефинира в САМ среда. На фиг. 3 е показана в общ вид методиката за разработване на кинематичните модели на машини.

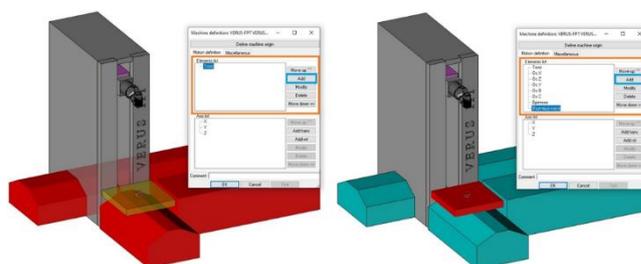


Фиг. 3 Алгоритъм при разработване на кинематични модели на машини

При създаване на САМ документа на обработващия център, за рационализиране на процедурите по дефиниране на кинематиката му, от библиотеката на софтуера се избира машина с подобна компоновка. За използване на настройките ѝ се създава нейна модификация. Дефинира се машинната координатна

система на новосъздаваната машина и тя се записва в базата данни на TopSolid с подходящо име (в случая VERUS-FPT.cam). В създадения САМ документ се вмъква конструкцията на обработващия център от STEP файла, като MCS се указва за абсолютна координатна система.

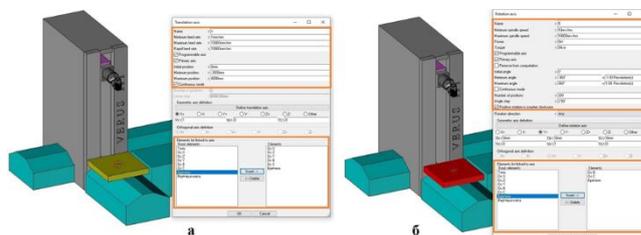
Дефинирането на движенията на изпълнителните органи на машината се осъществява в режим на модифициране на записания в базата данни САМ документ. Процедурата се състои в добавяне на отделните модули в полето „Elements list“ на прозореца „Machine definition“ (Фиг. 4) в последователност от модул „Тяло“ към модул „Вретено“. Последни се добавят стационарната и въртящата се маси. На всеки модул се присвоява име, което се обвързва с изпълняваното от него движение.



Фиг. 4 Дефиниране на движенията по координатните ос

За дефиниране на кинематиката на машината от полето „Axis list“ на същия прозорец се задават параметрите на движение по всяка ос. Транслационните ос се дефинират чрез задаване на минимална и максимална позиция по оста, а ротационните – чрез минимален и максимален ъгъл на завъртане. Възможно е да се зададат минимална и максимална скорост и стъпка на изпълняваните движения, както и да се укаже тяхната посока. За всяка ос от полето „Elements list linked to axis“ (Фиг. 5) се вмъкват всички модули, движещи се заедно по съответната ос.

Фиг. 5 илюстрира прозорците за дефиниране на едно от транслационните (по ос X) и на едно от ротационните (по ос B) движения. Останалите движения се дефинират аналогично.

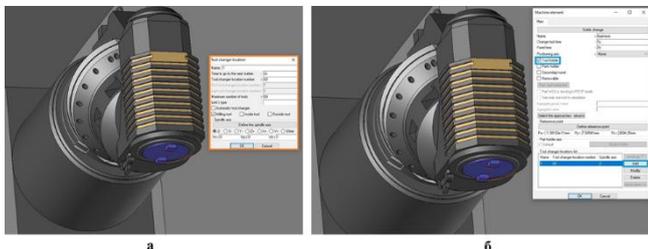


Фиг. 5 Дефиниране на параметрите на движенията по осите
а – транслация по ос X; б – ротация по ос B;

Последните процедури за създаване на кинематичния модел са свързани с указване на модул „Вретено“ за установяване на инструментите и модул „Въртяща маса“ и компонент „Стационарна маса“ – за обработваните детайли.

За вретеното се дефинира координатна система с начало, съвпадащо с оста и лежачо на предното му чело.

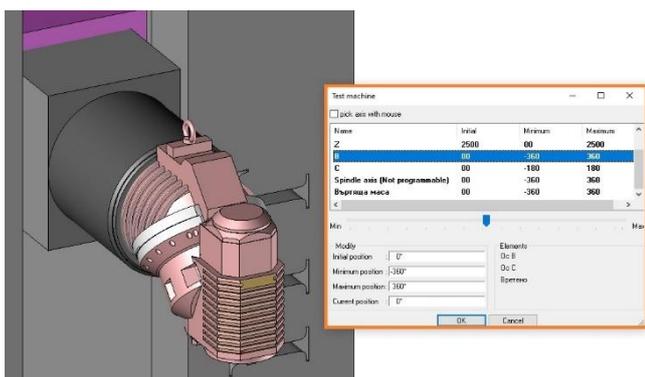
Освен това от прозореца „*Tool changer location*“ (Фиг. 6, а) се специфицира видът на приложимите инструменти (*Milling tool*), задават се име и капацитет на инструменталния магазин и се указва въртене по ос „-Z“. В прозореца „*Machine element*“ се поставя отметка „*Tool holder*“ (Фиг. 6, б).



Фиг. 6 Дефиниране на вретеното

По аналогичен начин се дефинират въртящата и стационарната маси. За тях се поставя отметка „*Parts holder*“, като за въртящата маса се указва въртене по ос „+Z“ на машинната координатна система.

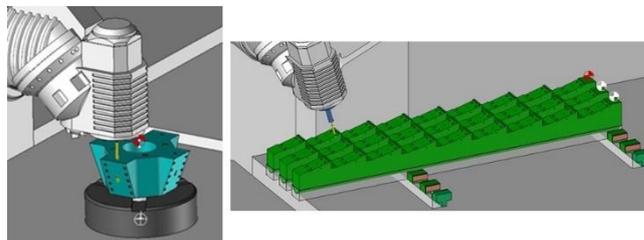
Коректността на създадената кинематика може да се провери в режим на тестване на дефинираните движения (Фиг. 7). Ако се установят неточности, те могат да бъдат коригирани от прозореца за задаване на параметрите на движение по осите.



Фиг. 7 Проверка на дефинираните движения на изпълнителните органи

Адекватността на кинематичния модел на създадената виртуална машина е апробирана чрез

разработване в TopSolid`CAM на технологии за два вида детайли (Фиг. 8), обработени последствие на реална машина VERUS-FPT.



Фиг. 8 Разработени CAM технологии за реални детайли

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Предложеният подход за разработване на 3D модели на обработващи центри на модулел принцип по функционални признаци има универсален характер и може да се прилага за моделиране, както на друг вид машини, така и при работа с различни CAD/CAM системи.
- Представената методика за създаване на кинематични модели на машини е развита с образователни цели, но тя може успешно да се прилага и от специалисти, разработващи технологии с TopSolid.
- Практическата полезност на разработката се състои в обогатяване на базата данни TopTool с нова виртуална машина – обработващ център VERUS-FPT.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторите изказват специална благодарност на д-р инж. Лъчезар Бръстинков за проведените консултации и оказаната методическа подкрепа при изпълнение на представената разработка.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] www.fptindustrie.com
- [2] www.ksimetro.com
- [3] www.topsolid.com

METHODOLOGY FOR DEVELOPING KINEMATIC MODELS FOR MACHINES WITH CAD/CAM SYSTEM TOPSOLID

Mihaela Topalova
Faculty of Engineering and Pedagogy – Sliven
Technical University – Sofia
Sliven, Bulgaria
E-mail: m_topalova@tu-sofia.bg

Ivan Lazarov
Faculty of Engineering and Pedagogy – Sliven
Technical University – Sofia)
Sliven, Bulgaria
E-mail: lacones@abv.bg

Abstract: This presentation discusses the possibilities for creating kinematic models for machines with CAD/CAM system TopSolid. A methodology for developing kinematic models of machining centers is presented. The approach of construction and the content of the separate stages in the creation of the virtual models of machines are clarified. The methodology has been tested to define the kinematics of a specific machine needed to design CAM technologies in a real production environment.

ОБЗОР И АНАЛИЗ НА МАТЕРИАЛИ ЗА 3D ПЕЧАТ

Богомил Попов

Институт по информационни и
комуникационни технологии,
Българска академия на науките
София, България
E-mail: bogomildpopov@gmail.com

Миглена Панева

Институт по информационни и
комуникационни технологии,
Българска академия на науките
София, България
E-mail: m.paneva7@gmail.com

Николай Стоиенов

Институт по информационни и
комуникационни технологии,
Българска академия на науките
София, България
E-mail: nikistoimenow@gmail.com

Любен Клочков

Технически университет - София
София, България
E-mail: lklochkov@tu-sofia.bg

Резюме: В настоящата статия са направени обзор и анализ на видове материали, използвани при 3D печат (3D принтиране). Основно са разгледани материали, използвани при 3D принтери с Fused Deposition Modeling (FDM) технология. Обърнато е внимание на композити между стандартно използвани материали и материали с наличието на нишки и частици в състава им. На база на направения анализ са избрани материали, които ще бъдат използвани за изследване и оптимизация на взаимодействието между мелещи тела и среди с иновативна форма.

Ключови думи: 3D печат, 3D принтер, филамент, материал, композит.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Триизмерният печат или 3D печат е съвременна технология за печат (изработка) на триизмерен твърд детайл с произволна форма чрез помощта на цифров модел. Размерите на „печата“ (създаден 3D обект) в повечето случаи зависят от големината на работната зона (плочата) върху която се извършва процеса, особено при 3D Fused Deposition Modeling (FDM) принтерите. Тази технология се реализира като адитивен процес, като се нанася последователно слоеве материал, така че да оформят искания детайл. В този смисъл триизмерният печат е корено различен от традиционните техники, при които за оформяне на желания детайл обикновено се отнема материал (например рязане, фрезуване и струговане) [1]. Повечето традиционни методи за моделиране, създаване и производство като леене, коване, струговане, фрезуване и др. са скъпи, трудоемки и времеотнемачи за повечето потребители [2]. Триизмерният печат се основава на цифрови технологии. Първият работещ триизмерен принтер е създаден през 1984 от Чък Хъл [3]. От началото на 21 век се наблюдава увеличение в продажбите на тези принтери и спад на цената им. Триизмерният печат намира приложение както при изработката на прототипи, така и в редовното производство в секторите архитектура, строителство, автомобилна индустрия, самолетостроене, биотехнологии, мода и др. Благодарение на технологията с отворен код за FDM принтиране, любители и професионалисти създават 3D принтери, работещи с всякакви материали, като шоколад, метал, дори пясък [4]. 3D принтирането намира приложения и в

академичните среди поради своите предимства като по-ниски разходи, минимална последваща обработка, производство на сложни детайли и др. [5].

Целта на настоящата статия е да се анализират съществуващи материали за FDM 3D принтери.

II. ВИДОВЕ МАТЕРИАЛИ ПРИ FDM ПРИНТЕРИ

Пазарът на материали за 3D принтери в наши дни е изключително голям. В основната си част материалите се делят на различни видове, които за момента са над 25. Според производители, дистрибутори и пазарни проучвания, основните материали са PLA (polylactic acid), PETG (Polyethylene terephthalate) и ABS (Acrylonitrile butadiene styrene). Част от останалите материали са: ASA, TPE, TPU, TPC, PA, PC, PP, PEI, PVA, PVC, PEEK, HIPS и други. Другите разновидности използват за основа най-често PLA и ABS, като варира процентното съдържание на примеси като: въглеродни нишки, дървени нишки, биоразградими материали, наличие на метални частици, наличие на циментови частици, наличие на флуоресцентни частици [6].

Различните производители и дистрибутори предоставят различни технически характеристики, спецификации и изисквания към работа с материалите. Необходимо е запознаване с изискванията и спецификите на всеки производител при работа с определен материал. Поради тази причина са разгледани материали от производител и дистрибутор [6], които ще бъдат използвани за изследване и оптимизация на взаимодействието между мелещи тела и среди с иновативна форма.

A. Основни материали при 3D принтери

a) PLA

Полимлечна киселина (PLA) е сравнително лесна за отпечатване. PLA има по-ниска температура на отпечатване в сравнение с други нишки като ABS. Според производителя не се изкривява лесно. При работа с PLA според производителите не е необходимо нагревателно легло и няма неприятни и вреди миризми при 3D печат. Производителят дава детайлна информация за продукта, както и технически спецификации като препоръчителни температури на 3D печат, размери, тегло, така и физически свойства като якост на опън.

b) PETG

Полиетилен терефталатът (PET) е една от най-използваните пластмаси в света. "Суров" PET рядко се използва при 3D печат. PETG е популярен материал (нишка), използвана за 3D принтерите. Модификацията „G“ означава „модифициран от гликол“. Тази модификация прави нишката по-малко чуплива и по-лесна за използване. PETG е добър посредник между ABS и PLA. Този материал е по-гъвкав и издръжлив от PLA и по-лесен за 3D печат от ABS. Както при PLA, така и при PETG производителят дава детайлна информация за продукта, както и технически спецификации като препоръчителни температури на 3D печат, размери, тегло, така и физически свойства като якост на опън. Тук е добавена и твърдост по Рокуел.

c) ABS

Акрилонитрил бутадиен стирен (ABS) е по-труден за обработка от нормалния PLA, но по свойства на материала според производителя превъзхожда PLA. Детайлите, изработени от ABS се характеризират с висока издръжливост и устойчивост на висока температура. ABS изисква по-висока температура на обработка и отопляемо легло. Производителят дава детайлна информация за продукта, както и технически спецификации като препоръчителни температури на 3D печат, размери, тегло, така и физически свойства като якост на опън. При някои производители материалът отделя вредни емисии при печат.

d) ASA

Акрилонитрил-стирен-акрилат (ASA) е алтернатива на ABS материалите. Според производителя, този тип материал е специално разработен, целящ да бъде устойчив на атмосферни условия. ASA материалът е здрав, твърд и относително лесен за отпечатване. Също така материалът е изключително устойчив на химически влияния и топлина. ASA също има по-малко изкривяване от ABS. Спецификата на този материал е, че не трябва да се охлажда прекалено при печат. При този материал производителят дава детайлна информация за продукта, както и технически спецификации като препоръчителни температури на 3D печат, размери, тегло, така и физически свойства като якост на опън. Тук е добавен и информационен лист за безопасност, включващ идентификация на веществото, идентифициране на опасности, състав и информация за съставките, оказване на първа помощ и др. Предоставена е информация за механични и физични свойства на материала, както и ръководство за експлоатация.

e) PA

Полиамид (PA) е широко разпространен синтетичен полимер, използван главно за промишлени приложения. В сравнение с повечето други материали, този вид е устойчив на здравина, гъвкавост и издръжливост. Гъвкавостта му се разширява до 50%. Според производителите найлонът е по-труден за обработка от повечето материали. Предоставена е информация за механични и физични свойства на материала.

f) PC

Поликарбонатът (PC) е сочен за един от здравите, дълготрайни и издръжливи материали. Устойчив е на високи температури. Използва се за непробиваемо стъкло, маски за гмуркане и екрани. PC материалът за 3D принтери е хигроскопичен и трябва да се съхранява на хладно и сухо място. Производителят дава детайлна информация за продукта, ръководство за експлоатация, както и технически спецификации като препоръчителни температури на 3D печат, размери, тегло, така и физически свойства като якост на опън.

g) PP

Полипропилен (PP) е инженерна пластмаса. Материалът е здрав, гъвкав, лек, химически устойчив и безопасен за храни, което се оказва с широк спектър от приложения. PP е относително трудно да се обработи на 3D принтер, тъй като има тенденция да се деформира и има лоша адхезия. Производителят дава детайлна информация за продукта, както и технически спецификации като препоръчителни температури на 3D печат, размери, тегло, така и физически свойства като якост на опън.

h) PEI

Полиамид-имид (PEI) е сочен за температуро-устойчив материал. Характеристиките му сочат, че може да издържа на температури над 200 °C. Според производителя този материал изисква температура на екструдиране от около 350 - 370 °C. Устойчив е на различни химикали. Производителят дава детайлна информация за продукта, както и технически спецификации като препоръчителни температури на 3D печат, размери, тегло, така и физически свойства като якост на опън. Добавени са и твърдост по Рокуел.

i) PVA

Поливиниловият алкохол (PVA) е водоразтворим материал. Най-често се използва в 3D печат като помощен (поддържащ) материал за 3D принтери, които са с двоен екструдер. Има добра адхезия спрямо PLA, ABS и PET-G. Някои разновидности са с възможност за разтваряне в студена вода, в същото време са биоразградими. Според производителя PVA е по-труден за отпечатване. Материалът е хигроскопичен. Производителят предоставя детайлна информация за продукта, както и технически спецификации като препоръчителни температури на 3D печат, размери, тегло, така и физически свойства като якост на опън.

j) PVC

Материалът от поливинил хлорид (PVC) според производителя е високотехнологичен материал за 3D печат с приложения в прототипирането. Като материал има химическа устойчивост на масла, разтвори, вода и др. Характеризира се с ниска абсорбация на влага, висока устойчивост на удар. Безопасен е при използване в електро оборудване. Предоставена е информация за механични и физични свойства на материала, както и ръководство за експлоатация. Добавено е и ръководство за безопасност.

k) PEEK

Полиетер етеркетон (PEEK), е материал от полиамид-имид с добавени качества за температурна устойчивост.

Производителят е посочил точка на топене от 343 °С. Устойчив е на органични и неорганични химикали, използва се главно в медицински технологии и индустрия. Този материал е по-лек с около 70%, сравнено с останалите материали, съдържащи същите свойства. При работа с този материал, принтерът трябва да има възможност да поддържа висока температура на печат. Предоставена е информация за механични и физични свойства на материала.

1) HIPS

Полистирол в основата си (High Impact PolyStyrene), използващ се често като поддържащ материал. В този материал е включена твърдостта на полистирола и еластичността на каучука. Материалът е лек, което позволява свързването му с лепила. Устойчив е на киселини и основи. Отпечатаните детайли са подходящи за довършителни обработки като шлайфане, боядисване и др. Предоставена е информация за механични и физични свойства на материала, както и ръководство за безопасност.

В. Материали с примеси

a) Carbon filament

Повечето материали за 3D печат като PLA, ABS, PETG или найлон са подсилени с въглеродни влакна. Като недостатък от производителя на въглеродната нишка е отчетено увеличеното износване на дюзата на 3D принтера. При работа с такъв тип материали се препоръчва закалена или дюза със специално покритие. Предоставена е информация за механични и физични свойства на материала.

b) Wood filament

Материалите с дървесни влакна в повечето случаи са с основа от PLA. Температурата на печат е по-ниска сравнено със стандартните PLA температури. Предоставена е информация за механични и физични свойства на материала, както и ръководство за безопасност.

c) Metal filament

Както при материала с дървесни влакна, металната нишка също е смес от основен материал като PLA и ABS, с наличие на метални частици. Този материал също е характерен с увеличено износване на дюзата на

принтера. Предоставена е информация за механични и физични свойства на материала.

d) Stone filament

Материалът с камък също в основата си използва PLA, като според производителя 50% от материала е камък на прах. Този тип материал е по-тежък от стандартният PLA. Характерно е засилено износване на дюзата на принтера при този тип материал. Предоставена е информация за механични и физични свойства на материала, както и ръководство за безопасност.

e) Biodegradable filament

Този тип материали са произведени от естествен състав. Био-разградим материал, борец се с въздействието върху околната среда. Материалът има свойства подобни на свойствата на PLA. Предоставена е информация за механични и физични свойства на материала, ръководство за безопасност, както и химична устойчивост.

f) Phosphorescent filament

Този материал също е основан предимно на PLA или ABS. Допълнителното съдържание на фосфоресциращи частици, позволява на материала да излъчва светлина на тъмно. Разбира се първо трябва да бъде изложен на светлина, за да я абсорбира. Най-добри резултати за светене се постигат с функцията за дебели стени на принтирания детайл. Предоставена е информация за механични и физични свойства на материала, ръководство за безопасност, както и химична устойчивост.

g) Flex filament

Този материал е термопластичен полиетер-полиуретанов еластомер с примеси. Използва се за автомобилни части, медицински изделия и др. Материалът е мек, издържащ на големи натоварвания според производителя. Материалът се характеризира с различни еластични свойства, показани на фиг. 1. Предоставена е информация за механични и физични свойства на материала, ръководство за безопасност, както и химична устойчивост.

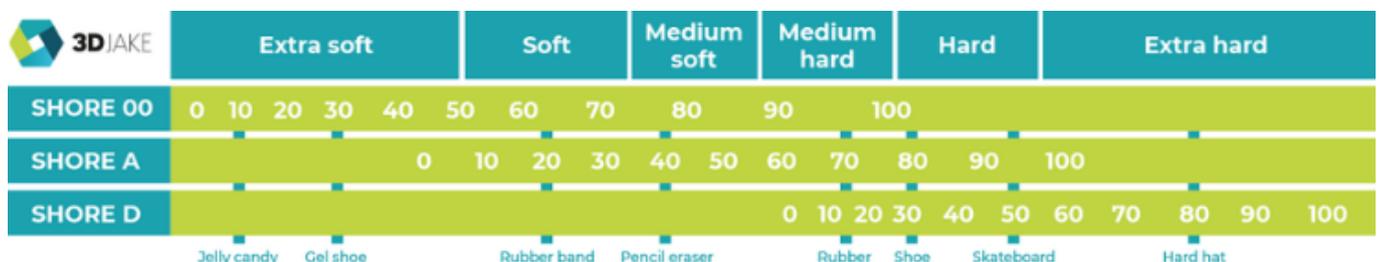


Fig. 1. Гъвкавост на материал [6].

III. ИЗБОР НА МАТЕРИАЛИ

При процесите на надробяване и смилане се използват мелници, които се делят на полу-автогенни, автогенни и топкови. Мелниците като конструкция,

основно са разделени на 3 компонента: барабан, лифтери (мелеща среда) и мелещи тела (сфери и др.) [7]. На база на направеният обзор и анализ са избрани материали, които ще бъдат използвани за създаване на мелещи тела и мелещи среди за лабораторна мелница. Ще бъдат

отчетени фактори, влияещи при процесите на раздробяване и смилане [8].

A. Мелещи тела

Мелешите тела се използват за намаляване размера на материала за смилане (изходен продукт). Използват се различни видове и размери мелещи тела, вариращи в зависимост от желаната едрина на изходният продукт. Мелешите тела са основният консуматив в мелниците. Поради тази причина са избрани материали за мелещи тела, които предимно са с по-ниски физически характеристики от тези на мелещата среда. Материали, които първоначално ще бъдат използвани за мелещи тела са PETG, PLA, ABS, TPU и други.

B. Мелеща среда

Мелещата среда най-често има две функции. Да издига материала за смилане до определен размер и да предпазва барабана на мелницата от износване и повреди на корпуса. Поради тази причина са избрани материали за мелеща среда с по-голяма износостойчивост, еластичност и гъвкавост като flex filament, carbon filament, steel, PA, HIPS и други.

IV. БЪДЕЩИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Избраните материали ще бъдат използвани за 3D принтиране на мелещи среди и мелещи тела, като целта ще бъдат моделирани с Computer Aided Design (CAD) софтуер. Целта е да се изследва движението и взаимодействието им. Ще бъдат отчетени параметри като ъгъл на отделяне и ъгъл на падане на мелещи тела, обороти и др. Въпреки предоставената детайлна информация от производителят, при направеният обзор и анализ на материалите не стават ясни коефициенти на триене, търкаляне и др. Тези коефициенти ще бъдат определени с цел използването им за симулационно моделиране и верификация на получените експериментални изследвания от лабораторната мелница.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На база направеният обзор и анализ са избрани материали, които ще бъдат използвани при 3D моделиране и 3D принтиране на мелещи тела и мелещи

среди. За мелещи тела са избрани материали с по-ниски физически свойства с цел запазване на мелешите среди и барабана на мелницата. За мелещи среди са избрани материали с по-високи физически свойства. От направеният обзор и анализ на материалите не стават ясни коефициенти на триене, триене при търкаляне и коефициент на реституция.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изследването в настоящата статия е осъществено с подкрепата на проект по Фонд Научни Изследвания, „Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания – 2020, договор ФНИ № КП-06-Н47/5“.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Create it REAL Aps., последно посетен Април 2021, <https://www.createitreal.com/3d-printer-electronics/48/>
- [2] А. Христов, И. Стоянов, М. Велева, Г. Пачов, „Машина за 3D принтиране използваща FDM технология“, XXVII МНТК, Автоматизация на дискретното производство „АДП – 2018“, Юни, Созопол, ISSN – 13 10 -3946, 2018, стр. 318-323.
- [3] M. Savi, D. Villani, M.A.B. Andrade, O. Rodrigues, M.P.A. Potiens, „Study on attenuation of 3D printing commercial filaments on standard X-ray beams for dosimetry and tissue equivalence“, Radiation Physics and Chemistry, Volume 182, ISSN 0969-806X, 2021, 109365.
- [4] 3D принтиране на коралов риф, последно посетен Април 2021, <https://web.archive.org/web/20140714212459/http://3dprintirane.com/3d-printirane-na-koralov-rif-ot-pqsuk/>
- [5] Ruttba Aziz, Mir Irfan Ul Haq, „Ankush Raina, Effect of surface texturing on friction behaviour of 3D printed polylactic acid (PLA)“, Polymer Testing, Volume 85, ISSN 0142-9418, 2020, 106434.
- [6] 3D Jake, последно посетен Април 2021, <https://www.3djake.com/>
- [7] Ružić J., Simić M., Stoimenov N., Božić D., Stašić J., „Innovative processing routes in manufacturing of metal matrix composite materials“, Metallurgical and Materials Engineering, Association of Metallurgical Engineers of Serbia, Volume 27, Issue 1, ISSN: 2217-8961, 2021, pp. 1-13.
- [8] Stoimenov N., Karastoyanov D., Klochkov L., „Study of the Factors Increasing the Quality and Productivity of Drum, Rod and Ball mills“, 2nd Int. Conf. on Environment, Chemical Engineering & Materials, ECEM '18, Malta Sliema, June 22-24, 2018, AIP (American Institute of Physics) Publishing house, Vol. 2022, Issue 1, ISBN: 978-0-7354-1740-3, 2018, pp. 020024-1 - 020024-6.

SURVEY AND ANALYSIS OF MATERIALS FOR 3D PRINTING

Bogomil Popov

Institute of Information and
Communication Technologies at the
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: bogomildpopov@gmail.com

Miglena Paneva

Institute of Information and
Communication Technologies at the
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: m.paneva7@gmail.com

Nikolay Stoimenov

Institute of Information and
Communication Technologies at the
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
E-mail: nikistoimenow@gmail.com

Luben Klochkov

Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
E-mail: lklochkov@tu-sofia.bg

Abstract: This article provides a survey and analysis of the types of materials used in 3D printing. Materials used in 3D printers with Fused Deposition Modeling (FDM) technology are mainly analyzed. Attention is paid to composites between standard materials and materials with the presence of fibers and particles in their composition. Based on the analysis, materials have been selected that will be used to study and optimize the interaction between grinding bodies and media with innovative shapes.

ДВУОСЕН ПАРАЛЕЛЕН МЕХАНИЗЪМ

Кристина Петкова
ТУ София
филиал Пловдив
Пловдив, България
E-mail: k.petkova@tu-plovdiv.bg

Милчо Ташев
ТУ София
филиал Пловдив
Пловдив, България
E-mail: m_tashev@abv.bg

Аделина Василева
ТУ София
филиал Пловдив
Пловдив, България
E-mail: adelina.bogoeva@abv.bg

Резюме: Този материал представя един вариант за решаването на правата и обратна геометрични задачи при паралелен манипулатор с две реални степени на свобода изграден от две паралелни кинематични вериги тип RRR, известен още като двуосен паралелен робот тип Delta. Показано е определянето на работното пространство, като се използва геометричен анализ, моделно симулиране и алгоритъм, базиран на метода на дискретизация.

Ключови думи: геометрична задача, работно пространство, паралелен робот, двуосен паралелен робот

I. УВОД

Като математически модел разглежданият паралелен механизъм може да се базира на равнинна декартова координатна система или цилиндрична координатна система. Една конструктивна разработка на паралелен двуосен робот тип Delta, е показана на фиг.1. Конструкцията е изградена от отворени кинематични вериги от тип RRR прикрепени към обща платформа. За всяка кинематична верига посоката на движение на първата двойца от пети клас R, може да се реверсира. Осите на въртящите двойци от пети клас R са успоредни. Паралелната структура в случая включва две кинематични вериги. Всяка верига разглеждана самостоятелно има определен брой степени на свобода. Свързани паралелно в дадена звено, всяка верига налага ограничения на другите, като по този начин се намаляват общия брой на степените на свобода. Особеност на тези роботи е, че във всяка верига има само едно задвижващо устройство. Изпълнителната връзка е в пресечната точка на тези кинематични вериги. Дизайна на робота винаги поддържа постоянна ориентация на крайният ефектор (например хоризонтална ориентация).

Според многобройни публикации, механизмите използващи паралелните кинематични вериги се характеризират с по-голяма коравина на изпълнителното звено (в сравнение с механизми използващи отворени кинематични вериги). Това обуславя по-висока точност на позициониране. Задвижването остава неподвижно спрямо базова платформа, което позволява олекотяване на подвижните звена. Намаляването на масата на тези звена улеснява статичното им балансиране. Според [1] натоварването в подвижни звена е предимно на опън и натиск, като в повечето случаи липсва огъване. Това допълнително позволява олекотяване на конструкцията. Роботи базирани на олекотени паралелни механизми имат възможност за работа с по-високи стойности на скорости и ускорения. С това се повишава тяхната производителност. Едно предимство при използването

на паралелни структури за работи е съотношението на полезния товар към теглото на робота.

Всяка една от основните отворени кинематични вериги започва с едноосен механичен елемент, задвижван от сервомотор или стъпков двигател. За преобразуване на ротационното движение на двигателя, при необходимост се използват подходящи предавки.

За паралелните механизми е характерно, че всяка кинематична верига налага връзки и съответно ограничения. Това е техният основен недостатък. При това възникват ограничения в работната зона, която става по-малка. Кинематичните вериги не могат да се разгънат напълно, защото се налагат ограничения от другите вериги.

Според [1], при паралелните манипулатори двигателите трябва да работят без грешки, особено в граничните участъци на работните зони. Има вероятност за възникване на заклинване или дори разрушаване на детайли от кинематичните вериги.

Както всички роботи и двуосния паралелен робот тип Delta, използва система за управление на движението. Генерирането на прави линии, криви и други траектории на движение се базира на многоточкова интерполация.



Фиг. 1

II. ОПРЕДЕЛЯНЕТО НА РАБОТНОТО ПРОСТРАНСТВО

A. Работно пространство

Работното пространство или зона, се определя от множеството точки, които са достижими от характерна точка на изходното звено на робота.

Според [2] определянето на работното пространство на паралелни механизми започва от Gough-Stewart през 1956 г. Описва се движението на паралелен механизъм за симулатор на полети.

Според [1] работното пространство може да бъде сложно, но за дадени кинематични схеми при определени условия по отношение на дължините на рамената, работното пространство може да бъде обикновена правоъгълна призма.

Определянето на размерите и формата на работното пространство може да се постигне при решаване на обратната задача за положенията [3]. В повечето случаи, при това се използват итерационни алгоритми [4].

Определянето на работното пространство на паралелните механизми е от съществено значение при проектиране на роботи базирани на паралелни механизми. Както беше вече споменато използването на затворени кинематични вериги, ограничават обхвата на движение на изпълнителното звено и следователно значително намаляват работното пространство. Поради тази причина, определянето на работно пространство е от голямо значение.

В. Методи за определяне на работното пространство на роботи

В множество публикации [5,6,7,8,9] се използват различни методи за определяне на работното пространство. Alexandre Lecours и Cle'ment Gosselin предлагат разработените в литературата алгоритми за определяне на работното пространство на паралелни механизми да бъдат класифицирани в три различни категории:

- геометричен анализ и геометрични методи (виж например [6,7]);
- числени методи (виж например [8,9]);
- методи за дискретизация (виж например [5]).

Целта на геометричния анализ е определянето на функции на положенията на механизма, т.е. намиране на зависимости за изходните координати x_1, x_2, \dots, x_n , характеризиращи положенията на звената, във функция на входните координати q_1, q_2, \dots, q_n . За механизъм с n степени на свобода тези функции се записват във формата на зависимост от типа (1), където $s=1 \div n$.

$$x_s = F_s(q_1, q_2, \dots, q_n) \quad (1)$$

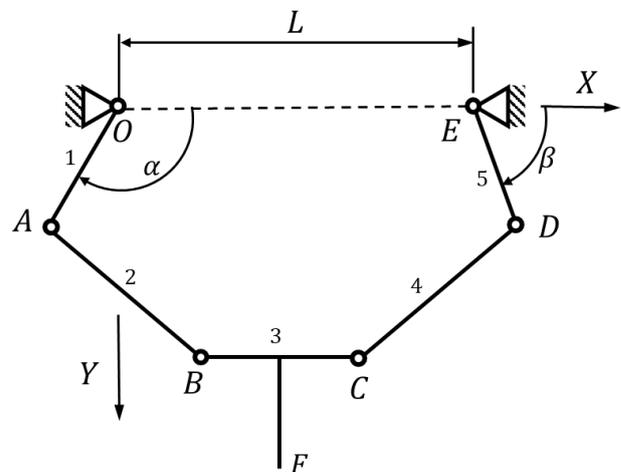
Определянето на тези зависимости е правата задача на геометричния анализ. При зададени закони за изменение на входните координати във функция на времето може да се реши правата задача, т.е. да се намери закона за изменение на изходните координати, във функция на времето. Сложността на задачата нараства с увеличаване степените на свобода.

Численият анализ или числените методи са свързани с използването на алгоритми за числена апроксимация. Позволяват намирането на приблизителни решения. Численият анализ намира широко практическо приложение в различни области на науката и техниката. С появата и широкото разпространение на компютрите,

те стават много по-достъпни и намират все по-широко приложение в практиката.

Методът за дискретизация се състои в дискретизиране на пространството, т.е. прави се преценка дали множество точки могат да бъдат достигнати от изпълнителното звено. Това става, чрез решаване на обратната геометрична задача или чрез намиране на множество достижими точки с помощта на правата геометрична задача. По този начин се придобива представа за работното пространство. Един от основните недостатъци е, че работното пространство се състои от множество точки и е по-трудно за придобиване на визуална представа.

III. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА РАБОТНОТО ПРОСТРАНСТВО НА ДВУОСЕН ПАРАЛЕЛЕН РОБОТ С ГЕОМЕТРИЧЕН АНАЛИЗ



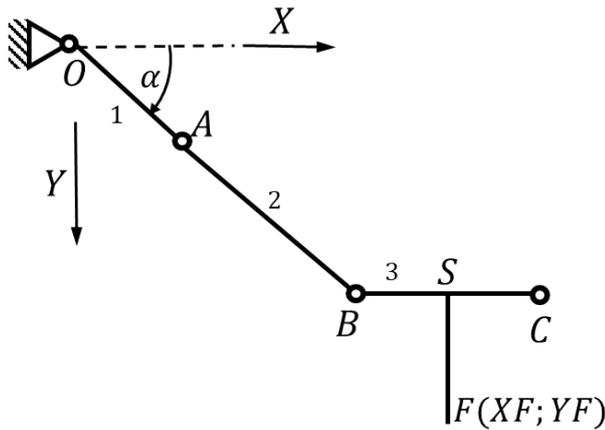
Фиг. 2

На фиг.2 е показана апроксимираната кинематична схема. Степените на свобода в случая са три. С въвеждането на допълнителните звена показани на фиг.1 се въвежда едно допълнително ограничение (BC – например хоризонтално винаги), с което действителните степени на свобода са две. Дължините на огледалните звена са равни. При синтез на механизма, размерите се определят в зависимост от конкретната ситуация.

За аналитично определяне на работното пространство, без отчитане на конструктивни ограничения се използва следната методика:

- определя се максималната гранична зона достижима от точка F, като се използва веригата от звена 1, 2 и 3;
- определя се максималната гранична зона достижима от точка F, като се използва веригата от звена 5, 4 и 3;
- намира се сечението между двете получени зони, с което се определят външните граници на зоната;
- определя се минималната гранична зона достижима от точка F, като се използва веригата от звена 1, 2 и 3;

- определя се минималната гранична зона достижима от точка F, като се използва веригата от звена 5, 4 и 3;
- намира се обединението между двете получени зони, с което се определят вътрешните граници на зоната.



Фиг. 3

Максималната зона достижима от точка F, се получава при колинеарност между звена 1 и 2, както е показано на фиг.3. Координатите на точка F, се определят с (2).

$$\begin{aligned} XF &= (\overline{OA} + \overline{AB}) \cdot \cos(\alpha) + \overline{BS} \\ YF &= (\overline{OA} + \overline{AB}) \cdot \sin(\alpha) + \overline{SF} \end{aligned} \quad (2)$$

След преработване на (2) и повдигане на квадрат се получава (3).

$$\begin{aligned} (XF - \overline{BS})^2 &= (\overline{OA} + \overline{AB})^2 \cdot \cos^2(\alpha) \\ (YF - \overline{SF})^2 &= (\overline{OA} + \overline{AB})^2 \cdot \sin^2(\alpha) \end{aligned} \quad (3)$$

При почленно събиране на двете зависимости се получава (4).

$$(XF - \overline{BS})^2 + (YF - \overline{SF})^2 = (\overline{OA} + \overline{AB})^2 \quad (4)$$

Уравнение (3) се явява уравнение на окръжност с радиус $R = \overline{OA} + \overline{AB}$ и център с координати $(\overline{BS}; \overline{SF})$.

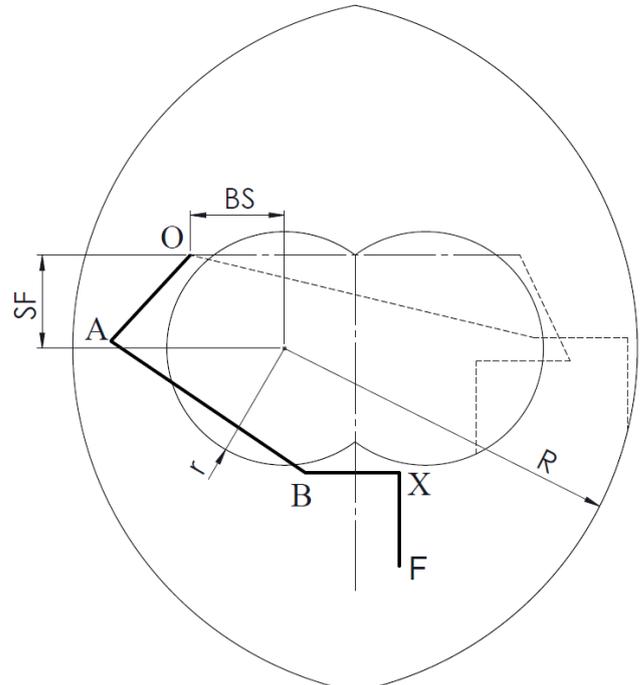
По аналогичен начин се определя:

- определя се минималната зона достижима от точка F, като се използва веригата от звена 1, 2 и 3;
- определя се минималната зона достижима от точка F, като се използва веригата от звена 5, 4 и 3.

Намира се обединението между двете получени граници, с което се определя работната зона.

На фиг.4 е показана определената работна зона при получени, по методът за синтез, размери на звената. Използван е методът на геометричен анализ. От получените уравнения на окръжностите могат да се определят техните пресечни точки. При това, няма да е проблем пресмятането на площта на така вече определената работна зона.

За определяне на действителната работна зона, трябва да се използват допълнителни гранични условия.



Фиг. 4

IV. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА РАБОТНОТО ПРОСТРАНСТВО НА ДВУСОСЕН ПАРАЛЕЛЕН РОБОТ С ДИСКРЕТИЗАЦИЯ

В този материал се използва вариант на алгоритъм за определяне на работното пространство на двусосен паралелен робот. Конструкцията на робота е базирана на 2-RRR паралелен робот. Представеният алгоритъм може да бъде причислен към Методът за дискретизация. С него се отчитат и всички заложили конструктивни ограничения. За целта се изпълнява модел в CAD среда, като са заложили необходимите връзки и конструктивни ограничения. С помощта на изготвения модел може да бъде определено работното пространство на робота, а така също и да се реши правата и обратната кинематични задачи. Могат да се решат и проблеми свързани със синтеза, при предварително дефинирана работна зона.

Работното пространство на този механизъм е в 2D равнина. За по-лесен начин за неговото определяне се създават множество сечения с равнини перпендикулярни на работното пространство и успоредни на права минаваща през точките O и E (фиг.2).

За всяко едно сечение се определят граничните точки на работната зона, която се намира в 2D пространство. Чрез обединяването на получените резултати се получават окончателно границите на 2D работното пространство. Точността зависи от броя на сеченията.

За постигане на зададената цел при решаване на правата задача е необходимо да се изпълни следният алгоритъм:

1. Конструктивно дефиниране на базовите параметри за отделните звена;

2. Изграждане на моделите на звената в CAD среда;
3. Изграждане на модел на сглобената единица в CAD среда;
4. Въвеждане на конструктивни ограничения;
5. Изграждат се множество равнини перпендикулярни на работното пространство и успоредни на права минаваща през точките О и Е (фиг.2);
6. Определят се множество сечения с 2D работната зона (за всяка стъпка по ос Y);
7. Обединяването на тези гранични точки и получаване на 2D работното пространство.

При решаване на обратната задача се използва посочения по-горе алгоритъм. След получаване на 2D работното пространство, то се сравнява с желаното такова. При необходимост се променят конструктивно дефинираните базовите параметри за отделните звена. При това настъпва промяна в 2D работното пространство. Посочената процедура се изпълнява до получаване на удовлетворителни резултати.

V. ПОЛУЧЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Получени са зависимости за дефиниране на границите на работната зона. Предложен е алгоритъм за постигане на тази задача. Извършено е определяне на работното пространство на двуосен паралелен робот с помощта на геометричен анализ.

В моделното пространство, на използваната CAD система, е построен модел. Избрана е декартова координатна система (свързана с модела). Спрямо нея е изследвано работното пространство.

В заключение може да се каже, че използваният алгоритъм (базиран на метода на дискретизация) за

определянето на работното пространство на конкретен робот, може с успех да се приложи и за роботи, базирани на други типове паралелни механизми. С помощта на съвременните CAD/CAE системи се улеснява решаването на правата и обратна геометрични задачи при паралелни механизми.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Глазунов В.А., Колискор А.Ш., Крайнев А.Ф. Пространственные механизмы параллельной структуры.- М. Наука, 1991.
- [2] Kreinin G.V. and Misyurin S.Yu. Influence of the Gear Ratio on the Dynamics of a Control-System Drive. ISSN 1052-6188 // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. –Vol. 41, №6, 2012. P. 486-491.
- [3] Artemenko Yu.N., Volkomarov S.V., Karpenko A.P., Martynyuk V.A., Pashchenko V.N., Temerev K.A., Sharygin A.V. The Parallel Multisection Manipulator for Orientation of theSpace Observatory “Millimetron”. Information technologies, 2012, no. 10, pp. 14-21. (in Russian).
- [4] Merlet J-P., Workspace-oriented methodology for designing a parallel manipulator, Proceedings of the 1996 international conference on robotics and automation, 1996, p. 3726-3731.
- [5] Bonev, I.A. and Ryu, J., “A new approach to orientation workspace analysis of 6-DOF parallel manipulators,” Mechanism and Machine Theory, Vol. 36, No. 1, pp. 15–28, 2001.
- [6] Bonev, I., “Geometric analysis of parallel mechanisms,” Ph.D. Thesis, De’partement de Ge’nie Me’canique, Universite’ Laval, Que’bec, 2002
- [7] Gosselin, C.M., 1990, “Determination of the Workspace of 6-DOF Parallel Manipulators,” ASME Journal of Mechanical Design, Vol. 112, No. 3, pp. 331–336.
- [8] Haug, E.J., Luh, C.-M., Adkins, F.-A. and Wang, J.-Y., “Numerical algorithms for mapping boundaries of manipulator workspaces,” Journal of Mechanisms, Vol. 118, p. 228, 1996.
- [9] Snyman, J.A., du Plessis, L.J. and Duffy, J., “An Optimization Approach to the Determination of the Boundaries of Manipulator Workspaces,” ASME Journal of Mechanical Design, Vol. 122, No. 4, pp. 447–456, 2000.

TWO AXES PARALLEL MECHANISM

Kristina Petkova
TU Sofia
Branch Plovdiv
Plovdiv, Bulgaria

E-mail: k.petkova@tu-plovdiv.bg

Milcho Tashev
TU Sofia
Branch Plovdiv
Plovdiv, Bulgaria

E-mail: m_tashev@abv.bg

Adelina Vasileva
TU Sofia
Branch Plovdiv
Plovdiv, Bulgaria

E-mail: adelina.bogoeva@abv.bg

Abstract: This material presents an option for solving the direct and inverse kinematic problems in a parallel manipulator with two real degrees of freedom built of two parallel kinematic chains type RRR, also known as a two-axis parallel robot type Delta. The definition of the workspace is shown, using geometric analysis, model simulation and an algorithm based on the sampling method.

КОНСТРУКТИВНИ ОСОБЕНОСТИ НА ЦЕНТРОБЕЖНО-РОЛКОВА МЕЛНИЦА

Симеон Сезонов
МГУ „Св. Иван Рилски“
София, България
E-mail: sezonov_si@abv.bg

Георги Тонков
ТУ-София
София, България
E-mail: gptonkov@tu-sofia.bg

Резюме: Представени са основните възли от устройството на проектирана и изследвана от авторите мелница за смилане на медна руда. Основният работен орган на мелницата е центробежен ротор с контактни сменяеми ролки. Ролките са проектирани с различна форма и размери, позволяващи тяхното комбиниране в различни механични производствени системи. Изяснена е спецификата на основните елементи. Създаден е CAD модел на мелницата като е използвана софтуерната среда на Autodesk Inventor. Конструкцията на мелницата е анализирана като предстои оптимизиране по различни критерий. Изготвена е конструкторска документация.

Ключови думи: конструкция на центробежно-ролкова мелница, проектиране на мелница за фино смилане на медна руда, конструктивни особености на мелница

I. ВЪВЕДЕНИЕ

В рудопереработващата индустрия съществува голямо разнообразие от мелници за осъществяване на необходимите процеси по смилане. Едни от видовете мелници, използвани за смилане на суровини и материали са центробежно-ролковите мелници. Те имат добри технико-икономически показатели, но все още не са добре цялостно проучени за извършваните от тях производствени дейности [3]. Това налага търсене на пътища за тяхното оптимизиране.

За да се проектират нови видове и да се оптимизират конструктивните параметри на съществуващите е необходимо използването на съвременни компютърни програми [4,5]. За случая е използвана специализираната CAD система Autodesk Inventor.

Предназначението на проектираната мелница е да осигури фино смилане на съставките от постъпваща за обработване медна руда при постигане на определена производителност и минимален разход на енергия. Големината на входните частици на рудата е с максимален размер до 7 мм. Едрината на изходящия смилан материал е с габаритни размери до 0,071 мм

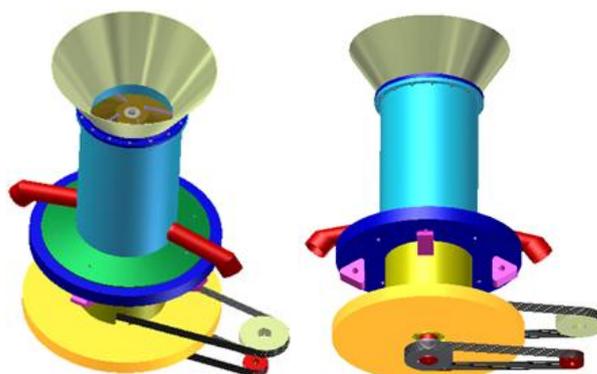
II. ЦЕЛ

Целта в настоящата работа е да бъде предложен и конструктивно изяснен функционален вариант на центробежно-ролкова мелница, който в последствие да бъде анализиран и оптимизиран по дадени критерии.

III. ИЗЛОЖЕНИЕ

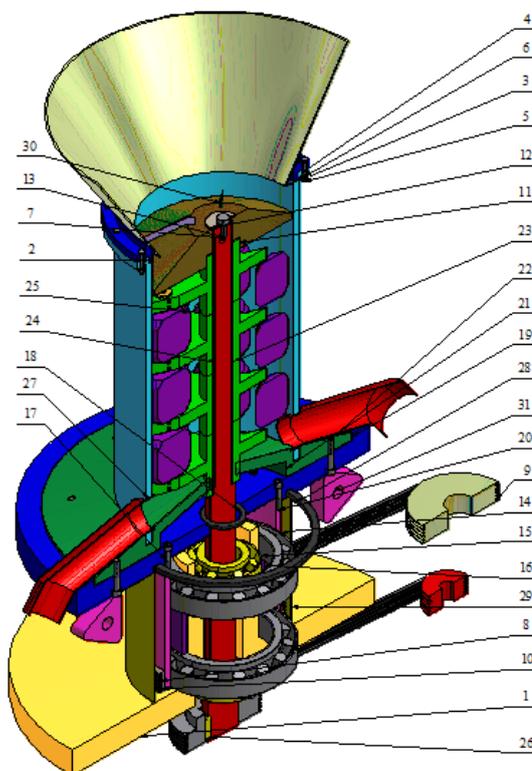
В средата на специализирания CAD софтуер-Inventor е извършено цялостно проектиране на центробежно-

ролкова мелница за фино смилане на медна руда [1,7]. CAD моделът на мелницата е показан на фиг. 1.



Фиг. 1 CAD модел на центробежно-ролкова мелница

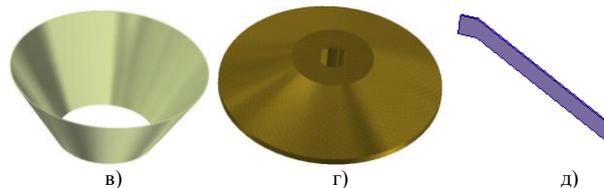
В конструктивно отношение, устройството на мелницата е изяснено на фиг. 2 [2]. Основните съставни елементи са дадени в спецификацията (табл. 1) и са разгледани на кратко по-долу.



Фиг. 2 Устройство на проектирана центробежно-ролкова мелница

ТАБЛИЦА 1 СПЕЦИФИКАЦИЯ НА ПРОЕКТИРАНАТА МЕЛНИЦА

PARTS LIST		
ITEM	PARTNUMBER	QTY
1	Fundament	1
2	Flanec_Funia	1
3	Konus Bunker	1
4	Korpus_1	1
5	ISO 4014 - M12 x 70	16
6	ISO 4032 - M12	16
7	Val_1	1
8	V-Belt	10
9	Grooved Pulley1	2
10	Grooved Pulley2	2
11	Konus Vutreshen	1
12	Shayba Konus	1
13	ISO 4017 - M24 x 50	1
14	DIN 720 - 32056X - 280 x 420 x 87	2
15	DIN 720 - 31320X - 100 x 215 x 56.5	2
16	Vtulka Lagerna	1
17	Cilindur Lageren	1
18	DIN 3760 - AS - 100 x 130 x 12 - NBR	1
19	Plocha	1
20	ISO 4762 - M16 x 80	16
21	Kapak Osnova	1
22	ISO 4762 - M20 x 100	8
23	Zvezda Rolki	4
24	Shponka	1
25	Rolka-1	18
26	DIN 6885 - A 32 x 18 x 90	1
27	Truba	2
28	DIN 3760 - AS - 500 x 540 x 20 - NBR	1
29	Kojuh	1
30	Perka	4
31	Vibrator	4



Фиг. 3 Входна част на мелницата (зона А): а) рудопоемашо устройство-бункер; б) рудоразпределящ ротор; в) събирателен конус; г) ротиращ конус; д) смесителни гребла

През входната хранваща зона постъпва рудата за смилане. Тази зона се състои от хранващ конусен бункер (стоманена фуния - фиг. 3в). Изпълнен е от листов материал, който е с определена дебелина, челно заварен по образуващата на конуса. Свързан е неразглобяемо с фланеца на корпуса (фиг. 3а). На фиг. 3г е показан стоманен ротиращ конус, преместващ към смилачната зона постъпилата за смилане руда. Закрепен е чрез шпонково съединение към задвижващия вал. Конусът поема ударното натоварване от изсипващата се върху него руда. Към него са закрепени четири стоманени гребла (линейни перки), които разсместват рудата (фиг. 3д).

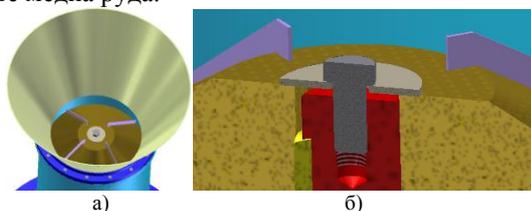
Технологичната производителност в работната среда на мелницата се заключава в съчетаването на следните геометрично-кинематични фактори, съгласно конструкцията от фиг. 2: централният вал (поз. 7), свързан неподвижно с поддържащите звезди (поз. 23) и масивният цилиндричен корпус (поз. 4) се въртят в противоположни посоки. При тази кинематична постановка, смилачните ролки (поз. 25) получават допълнително ускорение и контактните им повърхности обхващат по-голяма маса от постъпващата за смилане руда. При използването на подходящ честотен регулатор или реостат, свързани към задвижващия електродвигател (непоказан на фиг. 2), оборотите на ротиращите елементи могат да бъдат регулирани плавно. По този начин става възможно да се оптимизира режимът на смилане, а също така и производителността, постигана от мелницата. Предстои да се анализира и оптимизира вида на редуциращия механизъм, който осигурява необходимите силово-кинематични параметри от силовата машина към изпълнителния орган. Ролята на такъв в случая играе клиноремъчна предавка, разположена в долната част на мелницата (фиг. 1 и поз. 8, 9 и 10 от фиг. 2).

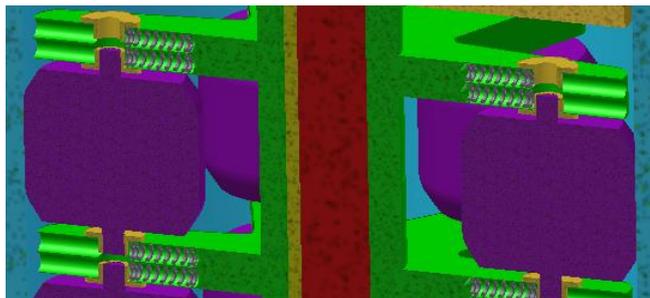
Смилачните ролки (фиг. 4) са установени върху монолитни поддържащи звезди. Начинът на тяхното установяване осигурява едновременно ротация около оста на централния вал, около собствените им оси и едновременно с това ролките извършват линейно радиално преместване в процеса на работа. Радиалното преместване на ролките се осигурява от разработена за случая еластична пружинна система. Под действие на натисковите сили, възникващи в процеса на работа, преместването е непрекъснато трептящо с променяща се амплитуда в посока към оста на вала или към корпуса на мелницата в зависимост от големината на съпротивителната работна сила, изменяща се по стойност в процеса на работа и от еластичната сила на пружината, действаща върху всяка една от ролките (фиг. 4).

От етапите на проектиране, основно внимание е отделено както на конструктивните особености на мелницата, така и на специфичните съставни части [6]. Техните модели са представени с кратко описание на фигурите по-долу. Проектираната центробежно-ролкова мелница се характеризира със следните работни зони:

- А) Входна зона;
- Б) Централна зона – зона на смилане;
- В) Изходяща зона;
- Г) Зона на силов задвижващ поток.

На фиг. 3 е изобразена входящата зона (входна част на мелницата – фиг. 3а), през която става подаването на предварително наситнената с определена големина късове медна руда.





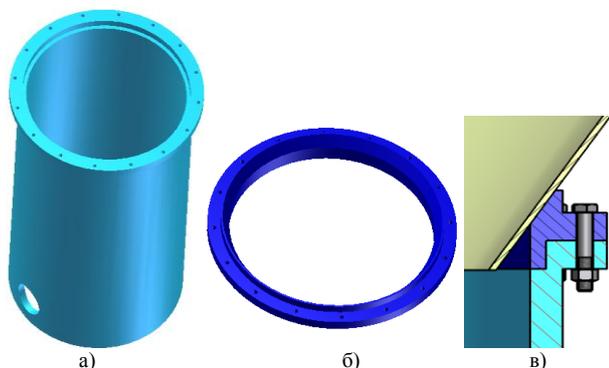
Фиг. 4 Ротационна смилачна система

Този начин на установяване на ролките осигурява:

- непрекъснато променливо натисково усилие върху смилания материал;
- удължава функционалната дълготрайност на работния механизъм;
- предотвратява заклиняване и нежелани последици от претоварване.

Постигнатата ефективност и гъвкавост на проектирания механизъм предотвратява преждевременното износване или счупване на контактните елементи в смилачната система и осигурява по-надеждно смилане. В конструктивно отношение ролковият механизъм от работния орган е изяснен по-долу.

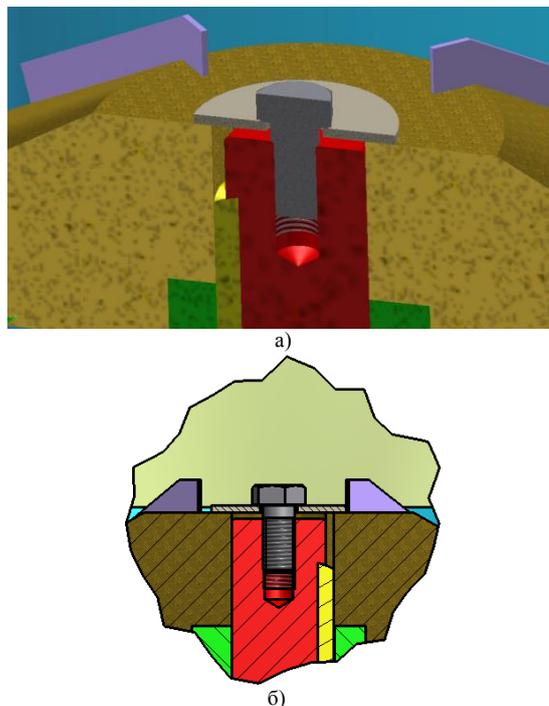
На фиг. 5 е показана моделираната корпусна част на мелницата, която се отнася и към входната зона, и към централната зона за смилане. Тя се състои от цилиндричен корпус (фиг. 5а), свързващ фланец (фиг. 5б) и крепежни елементи, реализиращи неподвижна механична връзка (фиг. 5в). Корпусът е изпълнен от стоманена тръба с вътрешен диаметър 700 mm, външен диаметър 750 mm и дължина 1000 mm. В горната част, по периферията на цилиндричния корпус, е заварен допълнителен фланец с равномерно пробити 16 проходни отвора. Свързващият фланец е заварен към входната конусна фуния. Той се закрепва към цилиндричния корпус посредством групово винтово съединение, състоящо се от 16 болта, съединяващи допълнителния и свързващия фланци, фиксирани с 16 гайки (фиг. 5в).



Фиг. 5 Корпусна част на мелницата: а) цилиндричен статичен корпус; б) свързващ фланец; в) механична захващаща част

На фиг. 6 е показан рудоразпръскващият възел на центробежно-ролковата мелница. Основното звено в него е конусна част (фиг. 6а), разпръскваща частиците

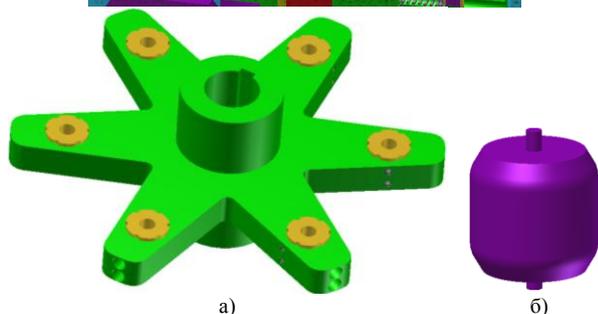
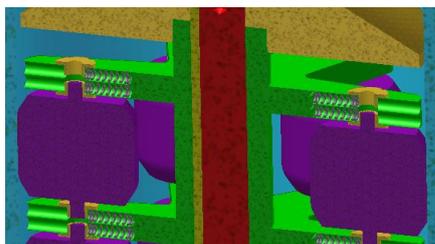
от постъпващата руда. Начинът на установяване на възела е показан на (фиг. 6б). От функционална гледна точка разпределящата конусна част завърта и разпръсква сравнително равномерно към периферията попадналата върху нея руда. Тази дейност се улеснява от стоманените гребла, които са заварени по ротиращата конусна повърхнина. Разпределящата конусна част е фиксирана в осево направление чрез винтово съединение, показано на (фиг. 6б).



Фиг. 6 Рудоразпръскващ възел: а) разпределяща конусна част; б) реализирана сглобка на механичните части

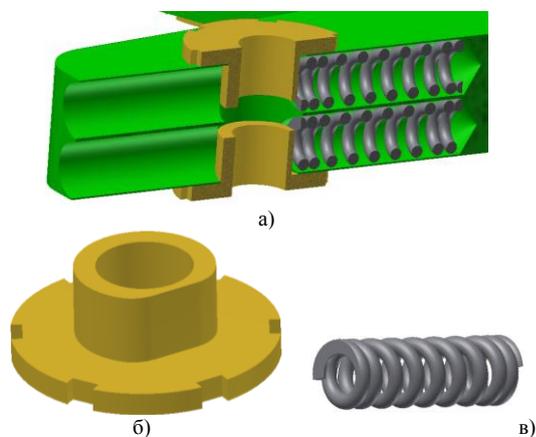
На фиг. 7 е визуализиран основният работен орган на мелницата. На фиг. 7а е показано устройството на ротационната смилачна система. Основни конструктивни елементи в нея са носещата звезда (фиг. 7а) и смилачната ролка (фиг. 7б). Звездата е изработена от стомана с 6 симетрични лъча. В края на всеки лъч са пробити три вида взаимноперпендикулярни отвора, чрез които става закрепването и регулирането на смилачите ролки. Смилачната ролка е монолитно стоманено тяло с диаметър 70 mm и дължина 150 mm. В двата края на ролката са изработени лагерни шийки, чрез които тя се установява в лагерните гнезда на звездите. Звездите са закрепени към централния задвижващ вал чрез шпонково съединение. В осево направление те са ограничени от едната страна чрез стъпало на вала, а от другата страна чрез ротиращия конус. Ролковият лагерен възел има възможност да се премества линейно в хоризонталната равнина под действие на приложените върху него радиални сили. Преместването в двете посоки в хоризонталната равнина се гарантира от изработени в лъчите на звездата напречни канали. Посоката на преместване на ролките зависи от големината на действащите върху тях сили – работни (от процеса на смилане, насочени към оста на вала) и

еластични (от пружинната система, насочени към кожуха на мелницата).



Фиг. 7 Работен орган на центробежно-ролкова мелница: а) носеща звезда; б) смилаща ролка

На фиг. 8 е показана моделираната силово-еластична система, която е част от ротационната смилаща система (фиг. 7). Тя се състои от еластичен регулатор (фиг. 8а) с основни елементи – плъзгачи лагер (фиг. 8б) и цилиндрични винтови пружини (фиг. 8в).

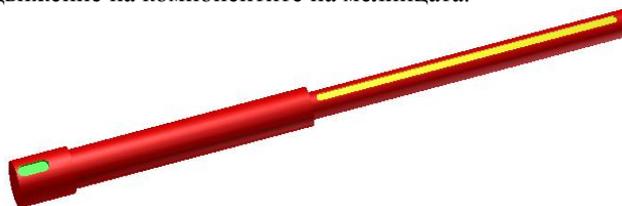


Фиг. 8 Натискова регулираща система: а) пружинен регулатор; б) плъзгач лагер; в) цилиндрична винтова натискова пружина

Плъзгачият лагер представлява бронзова втулка. Той завършва с фланец от едната страна. Втулката има скосяване по цилиндричната повърхнина за по-добро водене в направляващия канал или в случай на необходимост за фиксиране в осово направление. Цилиндричните винтови пружини, работещи на натиск, са поместени в радиални канали и служат като буфери на смилащите ролки при тяхната работа.

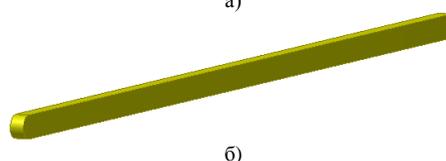
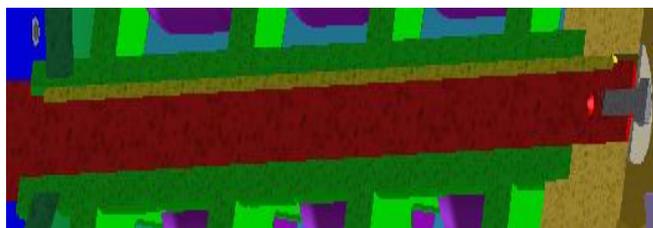
На фиг. 9 е показан централният задвижващ вал на центробежно-ролковата мелница. Той е изработен от стомана и се състои от три цилиндрични стъпала. На двете крайни стъпала са изработени шпонкови канали, в които чрез поставена шпонка е реализирано шпонково

съединение се приема и предава ротационното движение на компонентите на мелницата.



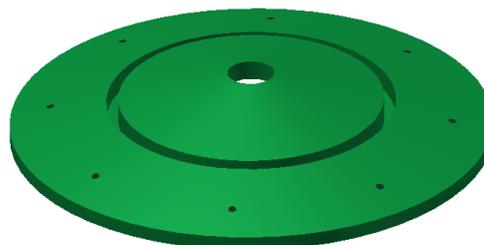
Фиг. 9 Централен вал на центробежно-ролкова мелница

На фиг. 10 е изобразено шпонково съединение между вала и носещите звезди, осигуряващо относителната им неподвижност. На фиг. 10а са изяснени съставните части на реализираната сглобка. На фиг. 10б е показан свързващият елемент - шпонката. Всички те са якостно изчислени и геометрично оразмерени с използваната компютърна програма. Съединението предстои да бъде и видоизменено и технологично оптимизирано след направен конструктивен анализ в по-нататъшно изследване на центробежно-ролковата мелница.



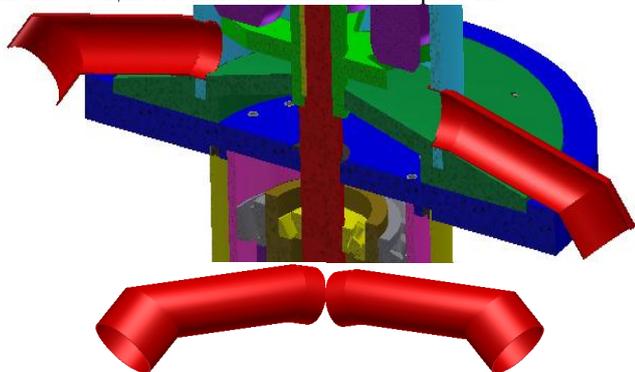
Фиг. 10 Шпонково съединение между вала и носещите звезди: а) съставни части на сглобката; б) свързващ елемент – шпонка

На фиг. 11 е показан модела на конусното дъно на центробежно-ролковата мелница. То е стоманено. Центровано е към основната плоча на мелницата посредством външния си диаметър и е закрепено към нея чрез 8 болта М10. В центъра има пробит отвор, през който преминава задвижващият вал. В радиален канал по конусната повърхнина се помества долната част на цилиндричния корпус на мелницата. По конусното дъно се събира фино смелената руда, като конусната повърхнина позволява фракцията попаднала върху нея да се изтласква към периферията ѝ.



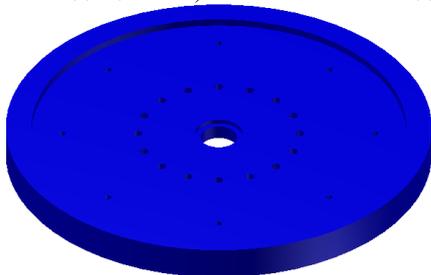
Фиг. 11 Конусно дъно на изходящата зона на мелницата

На фиг. 12 са показани изходящата зона с улеите за отвеждане на фино смелената руда. За целта в най-долната част на цилиндричния корпус са пробити два съосни радиални отвора с диаметър 116 mm. В тях са поместени изходящите улеи, през които става отвеждането на рудата. Улеите са моделирани с рационална форма от гледна точка на тяхната експлоатация и технологичност на изработка.



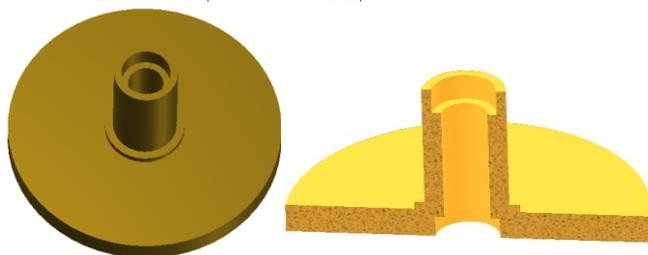
Фиг. 12 Изходящи улеи за отвеждане на фино смелената руда

На фиг. 13 е показан CAD моделът на основната ротационна плоча на мелницата. Тя е изработена от стомана и се явява носеща за цялата конструкция на мелницата. По дъното на мелницата са пробити два реда проходни концентрични отвори. През тях чрез групово винтово съединение се извършва фиксиране на плочата към основната конструкция на мелницата (изходяща централна и входящи зони) и към зоната на задвижване.

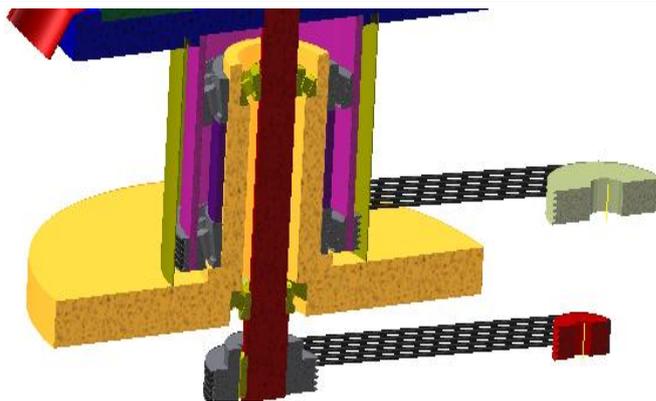


Фиг. 13 Основна ротационна плоча на мелницата

На фиг. 14 е изобразен фундаментът на мелницата. Той представлява отливка с цилиндрична и фланцова част. В цилиндричната част е установен лагерният възел. На това място са лагерувани както централният задвижващ вал, така и корпусната част на мелницата (фиг. 15). Чрез фланцовото съединение се осигурява стабилността на цялата мелница.

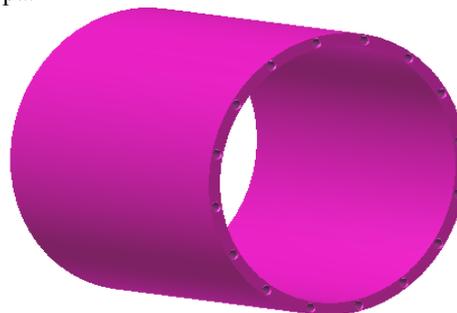


Фиг. 14 Фундамент на центробежната ролкова мелница



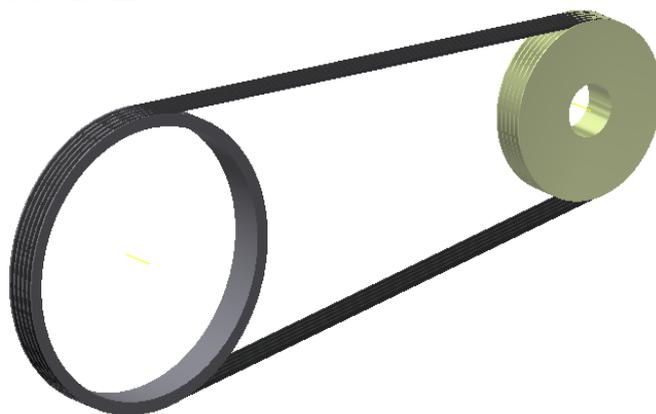
Фиг. 15 Зона на задвижване

Изобразеният на фиг. 16 цилиндър играе ролята на лагерна втулка. В конструктивно отношение представлява стоманена цилиндрична тръба, която е стабилно закрепена към основната ротационна плоча. Фиксирането ѝ е осъществено чрез групово винтово съединение. Винтовете се завиват директно в резбовите отвори, изработени по челната повърхнина на цилиндъра.

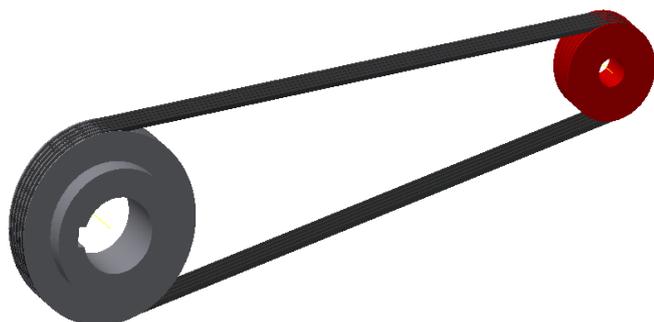


Фиг. 16 Лагерен цилиндър

На фиг. 17 са показани два вида клиноремъчни предавки в качеството си на реверсивен механизъм. Едната осигурява предаването на движението от електродвигателя към корпуса и свързаните с него части, а другата задвижва централния вал на мелницата. На предложения вариант на задвижване предстои цялостно анализиране и оптимизиране в зависимост от геометрични, функционални и технологични особености.



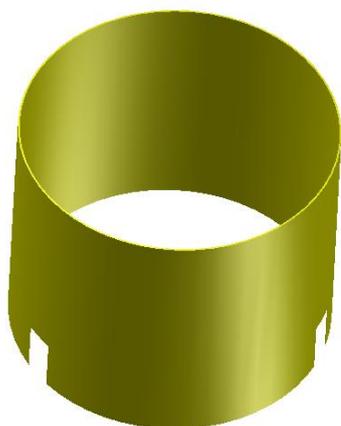
а)



б)

Фиг. 17 Редуциращи предавки: а) клиноремъчна предавка, задвижваща корпусната част на мелницата; б) клиноремъчна предавка, задвижваща централния вал на мелницата

На фиг. 18 е визуализиран предпазният кожух, монтиран в зоната на задвижване. Изработен е от стоманен листов материал. В долната част са прорязани два отвора, през които преминават ремъците на механичната предавка.



Фиг. 18 Предпазен кожух

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектирането на мелницата е осъществено на шест основни етапа, част от които са представени в разгледаната работа:

1) Извършено е геометрично моделиране на съставните компоненти, (детайли, сглобени единици, стандартните елементи, наложени механични връзки и

т.н.) и създаването на цялостен механо-математичен модел в специализираната CAD среда на софтуерната програма Inventor на фирмата Autodesk.

2) Проведени са софтуерни якостни и кинематични изчисления, въз основа на които е направено геометрично оразмеряване на механичните предавки и съединения;

3) Анимирани са кинематичните движения на подвижните звена;

4) Симулирани са възникващите динамични процеси;

5) Анализирани са и са оптимизирани геометрията на центробежно-ролковата мелница;

6) Оформена е актуална конструкторска документация.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторите изказват благодарност на фирмата BMG (БиЕмДжи Дейта ООД) и на нейното ръководство в лицето на г-н Георги Харизанов за оказаното съдействие при използването в настоящата работа на специализирания CAD софтуер Autodesk Inventor.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Григоров Б. Ръководство за работа „Autodesk Inventor” 2012. КАД Пойнт, БиЕмДжи, Autodesk, София, 536 стр.
- [2] Сезонов С., Вълков, М., “Механика на частите в захранващото устройство на нова конструкция на центробежно-ролкова мелница”, Доклади XIII Международна научна конференция ВСУ 6-7 юни 2013 г., С., ТомI, стр.I-100 ÷ I-105, ISSN 1314-071X.
- [3] Сезонов С. Дисертация „Оптимизиране на конструктивните параметри на центробежно-ролкова мелница”. МГУ „Св. Иван Рилски”. Под печат 2021 г.
- [4] Тонков Г., „Автоматизирано документирание на конструкторския процес в CAD среда”. I Международна научна конференция „Е-управление”, Созопол 22 - 24 юни, 2009 год. Сборник трудове, ISSN 1313-5589, стр. 74 – 79.
- [5] Тонков Г., „Актуални CAD системи за машиностроително проектиране - класификация, възможности, приложение”. Част II „CAD системи от среден клас, приложими в машиностроенето”. Българско списание за Инженерно проектиране, брой 9, стр. 79 – 93. ISSN 1313-7535, септември 2011.
- [6] Тонков Г., Ралев Д., Хинков А. Пособие за проектиране на машинни елементи, 2020. Пропелер, София, 152 стр. ISBN 978-954-392-127-0.
- [7] www.autodesk.com.

DESIGN FEATURES OF CENTRIFUGAL-ROLLER MILL

Simeon Sezonov
 MGU “Sv. Ivan Rilski”
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: sezonov_si@abv.bg

Georgi Tonkov
 TU-Sofia
 Sofia, Bulgaria
 E-mail: gptonkov@tu-sofia.bg

Abstract: The main units of the device of a mill for grinding copper ore designed and studied by the authors are presented. The main working body of the mill is a centrifugal rotor with contact replaceable rollers. The rollers are designed with different shapes and sizes, allowing their combination in different mechanical production systems. The specifics of the main elements are clarified. A CAD model of the mill was created using the Autodesk Inventor software. The mill design has been analyzed and is to be optimized according to various criteria. Design documentation has been prepared.

СИМУЛАЦИОННИ ИЗПИТВАНИЯ НА ДИНАМИЧНО НАТОВАРВАРЕНА ЦЕНТРОБЕЖНО-РОЛКОВА МЕЛНИЦА

Георги Тонков
ТУ-София
София, България
E-mail: gptonkov@tu-sofia.bg

Симеон Сезонов
МГУ „Св. Иван Рилски“
София, България
E-mail: sezonov_si@abv.bg

Резюме: Разработен е прототипиран CAD модел на центробежно-ролковата мелница за фино смилане на медна руда. Направена е компютърна симулация и анализ на работния процес в средата на Inventor. Извършено е изследване на динамичното поведение на работния орган и основните възли на мелницата. Изведени са в аналитичен вид диференциалните уравнения, описващи движението на смиланите късове руда. Моделирани са граничните случаи на динамично изменящите се сили и моменти.

Ключови думи: CAD модел на центробежно-ролковата мелница, симулационен анализ, динамично натоварване, моделно поведение на сили и моменти

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Центробежно-ролковите мерници са тежко натоварени промишлени съоръжения. Характеризират се с голяма маса, интензивно износване на работните органи, голям разход на енергия за осъществяване на процесите на смилане. Подхода за тяхното оптимизиране се базира на точностен анализ от прецизирани изследвания, както и от прилагането на иновативни материали и технологии [3,4,7,9]. В такъв случай е осезателна необходимостта от използване на актуални CAD/CAM/CAE софтуери, позволяващи многовариантност на обхващаните случаи, бързодействие и прецизност на получените резултати, подбор, изследване и оптимизиране на параметрите по избран критерий [5,6].

II. ЦЕЛ

Да се прецизират възникващите сили и моменти на центробежно-ролковата мелница на база на динамичните характеристики, получени от симулационно изпитване на прототипиран CAD модел.

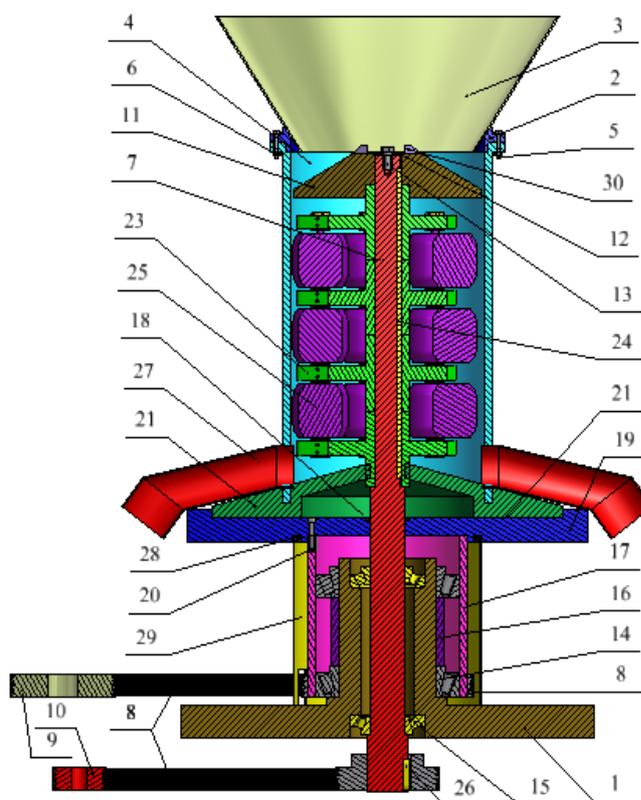
III. ИЗЛОЖЕНИЕ

A. CAD модел на центробежно-ролковата мелница

На фиг. 1 е показан CAD модел с описание на основните възли на проектирана центробежно-ролковата мелница. Предназначението на мелницата е да осигури надеждно смилане на медна руда с крайна едрина на фракцията под 0,07 мм.

Проектирането и изследването на компютърния модел е извършено със специализирания софтуер на Autodesk Inventor [1,10]. При разработване на модела са спазени всички размери съгласно чертежите за изработване на центробежно-ролковата мелница. Основната задача, която се решава за постигането на поставената цел е възпроизвеждане на компютърна

симулация на работните процеси, от която да се получат и анализират основните кинематични, силови и динамични параметри. Симулационният анализ е извършен на базата на създаденият тримерен модел на центробежно-ролковата мелница (фиг. 1).



Фиг. 1 CAD модел на центробежно-ролковата мелница с принципно описание на съставните възли

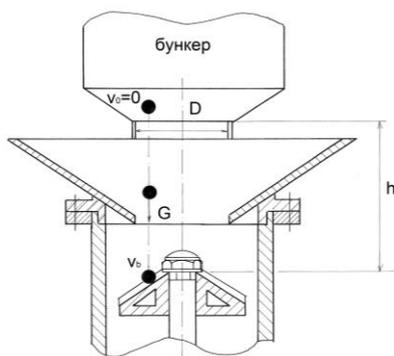
Устройство на мелницата: 1-фундаментален носещ възел; 2-фланцово съединение; 3-входно захранващо устройство; 4-цилиндричен корпус; 5 и 6-разглобяемо неподвижно винтово съединение; 7-централен задвижващ вал; 8, 9 и 10-механични редуциращи предавки (клиноремъчни); 11-разпределителен ротиращ конус; 12 и 13-фиксиращо съединение; 14, 15, 16, 17 и (7)-лагерен възел; 18 и 28-уплътнително-защитна система; 19-ротираща плоча; 20-резбово съединение; 21-долно разпределително устройство; 22-винтово съединение (непоказано на фигурата); 23-носеща звезда; 24-шпонково съединение; 25-силови ролки; 26-фиксиращо съединение; 27-отвеждаща система; 29-предпазен кожух долен; 30-горно разпределящо устройство.

В. Изчислителни параметри

В конструктивния вариант на мелницата са заложили следните силово-кинематични параметри на силовата машина и изпълнителният орган: изходяща мощност $P=40$ kW; изходяща честота на въртене $n=60$ min⁻¹; номинална мощност на електродвигателя $P=44$ kW; номинална честота на въртене на вала на двигателя $n=750$ min⁻¹; предавателно отношение на редуциращия механизъм $i=12,5$; линейна скорост при вала на двигателя $V = 12$ m/s; сила, действаща на централния вал от ремъчната предавка $Q_{max}=0,37$ kN.

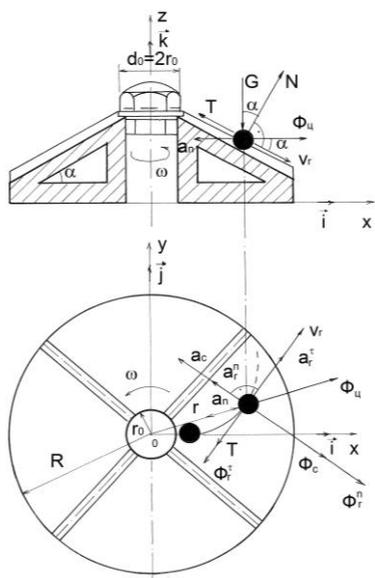
С. Определяне на движението на рудните частици

Познаването на силово-кинематичното натоварване, действащо върху частите, изграждащи ротора на мелницата, има важно значение за тяхното оразмеряване и е свързано с възможностите за подбиране на оптимален режим на работа. Роторът на работния механизъм за предварително натрошаване на постъпващата руда представлява прав кръгов конус. По образуващите на конусната повърхнина са разположени z на брой ламели, в ролята на смесителни запръскващи лопатки (фиг. 2).



Фиг. 2 Схема на движението на къс руда във входящия бункер

Ъгълът между образуващата и основата на конуса е с големина α . Работният механизъм се върти с постоянна ъглова скорост ω (фиг. 3).



Фиг. 3. Движение на рудните частици в разпределителното устройство

Движението на частицата руда се разглежда като движение на материална точка по въртяща се ротационна повърхнина от втори ред [4]. При това върху частиците действат следните сили: теглото на частицата, нормалната реакция, силата на триене и центробежните сили. За да се определи движението на рудните частици се прилага принципът на Ж. Даламбер, който в разглеждания случай има вида:

$$\vec{G} + \vec{N} + \vec{T} + \vec{\Phi}_e^n + \vec{\Phi}_r^r + \vec{\Phi}_c^n = 0, \quad (1)$$

където: G е силата от теглото в N ; $\Phi_e^n = m a_e^n = m \frac{v_e^2}{r}$ е преносната нормална инерционна (центробежна) сила; $\Phi_r^r = m a_r^r$ е релативната тангенциална инерционна сила; $\Phi_c^n = -2m [\vec{\omega}_e \times \vec{v}_r]$ е кориолисовата инерционна сила; $N = G \cdot \cos \alpha$ е нормална реакция на повърхнината на конуса; $T = \mu N = \mu mg \cos \alpha$ е кулоновата сила на триене; μ – коефициент на триене при плъзгане на рудата по конуса.

Равенство (1) се проектира върху осите на координатната система $Oxyz$ (фиг. 3), след което се получават изразите:

$$\begin{aligned} \sum X_i = 0 & \quad 0 - N_x - T_x - (\Phi_r^r)_x - (\Phi_c^n)_x + (\Phi_e^n)_x - (\Phi_u)_x = 0; \\ \sum Y_i = 0 & \quad 0 - N_y - T_y - (\Phi_r^r)_y - (\Phi_c^n)_y + (\Phi_e^n)_y + (\Phi_u)_y = 0; \\ \sum Z_i = 0 & \quad -G + N_z - T_z - (\Phi_r^r)_z - (\Phi_c^n)_z + 0 + 0 = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

След намиране на проекциите на разглежданите сили и заместването им в (2), в съответствие с [4], се получава израза:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{d^2 z}{dt^2} + g \right) \left[x \frac{dz}{dt} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2} + \right. \\ & \left. \mu \frac{dx}{dt} \sqrt{(x^2 + y^2) \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 + \left(x \frac{dx}{dt} + y \frac{dy}{dt} \right)^2} \right] + \\ & + \left(\frac{d^2 x}{dt^2} - \omega^2 x + 2\omega \frac{dy}{dt} \frac{\sqrt{dx^2 + dy^2}}{\sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}} \right) \cdot \\ & \left[x \frac{dx}{dt} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2} + \right. \\ & \left. + y \frac{dy}{dt} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2} - \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \mu \frac{dz}{dt} \sqrt{(x^2 + y^2) \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 + \left(x \frac{dx}{dt} + y \frac{dy}{dt} \right)^2} = 0; \\ & \left(\frac{d^2 z}{dt^2} + g \right) \left[y \frac{dz}{dt} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2} + \right. \\ & \left. \mu \frac{dy}{dt} \sqrt{(x^2 + y^2) \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 + \left(x \frac{dx}{dt} + y \frac{dy}{dt} \right)^2} \right] + \\ & + \left(\frac{d^2 y}{dt^2} - \omega^2 y - 2\omega \frac{dx}{dt} \frac{\sqrt{dx^2 + dy^2}}{\sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}} \right) \cdot \\ & \left[x \frac{dx}{dt} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2} + \right. \\ & \left. + y \frac{dy}{dt} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2} - \right. \\ & \left. \mu \frac{dz}{dt} \sqrt{(x^2 + y^2) \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 + \left(x \frac{dx}{dt} + y \frac{dy}{dt} \right)^2} \right] = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

За да се интегрира тази система уравнения, е необходимо да се отчете видът на диска, като се зададе допълнително зависимостта, характеризираща неговия профил. Уравнения (3) се решават съвместно с уравнението на конусната повърхност, по която е изработен роторът на устройството [4]:

$$\frac{x^2}{a} + \frac{y^2}{b} - \frac{z^2}{c} = 0 \quad (4)$$

Приема се, че:

$$a = b = c = 1.$$

Тогава уравнение (4) приема вида:

$$x^2 + y^2 = z^2. \quad (5)$$

След еднократно диференциране на (5) се получава:

$$x\dot{x} + y\dot{y} = z\dot{z}, \quad (6)$$

при повторното диференциране се стига до вида:

$$\dot{x}^2 + x\ddot{x} + \dot{y}^2 + y\ddot{y} = \dot{z}^2 + z\ddot{z}. \quad (7)$$

От (5) се пресмята:

$$z = \pm \sqrt{x^2 + y^2}. \quad (8)$$

Намират се производните :

$$\dot{z} = \frac{x\dot{x} + y\dot{y}}{\sqrt{x^2 + y^2}}; \quad (9)$$

$$\ddot{z} = \frac{(\dot{x}^2 + \ddot{x}x + \dot{y}^2 + \ddot{y}y)(x^2 + y^2) - (x\dot{x} + y\dot{y})^2}{(x^2 + y^2)^{1.5}}. \quad (10)$$

Уравнения (6 ÷ 10) се заместват в (3) и се стига до израза:

$$\begin{aligned} & (\ddot{z} + g) \left[x\dot{z}v_r + \mu\dot{x}\sqrt{(x^2 + y^2)\dot{z}^2 + (x\dot{x} + y\dot{y})^2} \right] + \\ & \left(\ddot{x} - \omega^2 x + 2\omega\dot{y} \frac{\sqrt{dx^2 + dy^2}}{\sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}} \right) \cdot \\ & \cdot \left[(x\dot{x} + y\dot{y})v_r - \mu\dot{z}\sqrt{(x^2 + y^2)\dot{z}^2 + (x\dot{x} + y\dot{y})^2} \right] = 0; \quad (11) \\ & (\ddot{z} + g) \left[y\dot{z}v_r + \mu\dot{y}\sqrt{(x^2 + y^2)\dot{z}^2 + (x\dot{x} + y\dot{y})^2} \right] + \\ & \left(\ddot{y} - \omega^2 y + 2\omega\dot{x} \frac{\sqrt{dx^2 + dy^2}}{\sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}} \right) \cdot \\ & \cdot \left[(x\dot{x} + y\dot{y})v_r - \mu\dot{z}\sqrt{(x^2 + y^2)\dot{z}^2 + (x\dot{x} + y\dot{y})^2} \right] = 0, \end{aligned}$$

където: $v_r = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}$ - релативна скорост на точка.

Системата уравнения (11) представляват нелинейна система от диференциални уравнения от втори ред, която описва движението на къс руда, моделиран с материална точка, движеща се по ротора на устройството за предварително натрошаване.

За основа на устройството е избран прав кръгов конус, снабден с праволинейни лопатки (3). Решаването на получената система е сложен проблем. За целта се използват два подхода: линеаризация на системата и търсене на аналитично решение, както и решаване на нелинейната система с помощта на числени методи.

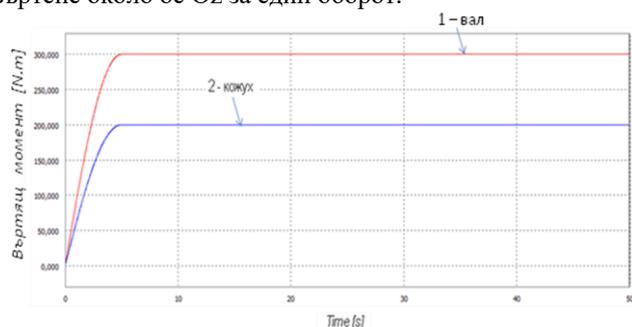
D. Определяне на динамичното поведение на силите и моментите от симулационно изпитване на центробежно-ролкова мелница

Смилането на подвижните частици на рудата става чрез притискането им между контактните повърхнини на подвижните ролки и вътрешната цилиндрична повърхнина на корпуса на мелницата. Процесът на смилане, с произтичащите от него силово-кинематични въздействия е симулиран посредством CAD модела на проектираната мелница [8]. Симулацията представя главно механичната смилача част на машината, при което са налице следните движения: корпусът и роторът на мелницата се завъртат противоположно по синусов закон; корпусът 4 на машината се върти по часовниковата стрелка, а роторът 7 в обратна посока (фиг. 1). При тази постановка се задават параметрите за задвижване на мелницата при празен ход.

Въртящият двигателен момент е с големина MD=509 Nm. Под действието на този момент валът и кожухът се завъртат около ос Oz с честота на въртене $n=1 \text{ min}^{-1}$. Получават се силите и въртящите моменти около ос Ox и Oy от декартовата координатна система, както и общият въртящ момент, и големината на действащите сили на възлите. Силите и моментите на натоварването на машината са представени графично.

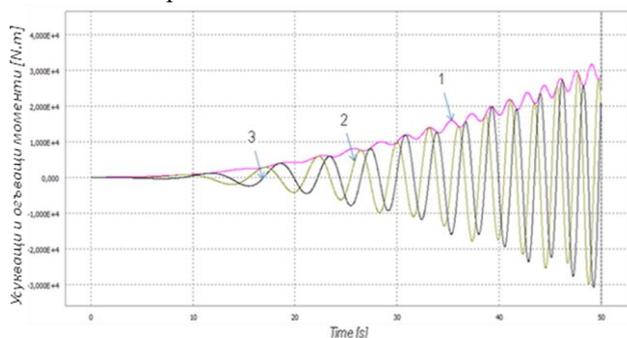
На диаграмата на фиг. 4 е представен общият въртящ момент на вала и на кожуха. От нея става ясно, че валът е по-тежко натовареният елемент спрямо кожуха. По вертикалната ос на диаграмата са дадени въртящите

моменти в Nm. По хоризонталата е дадено времето за въртене около ос Oz за един оборот.



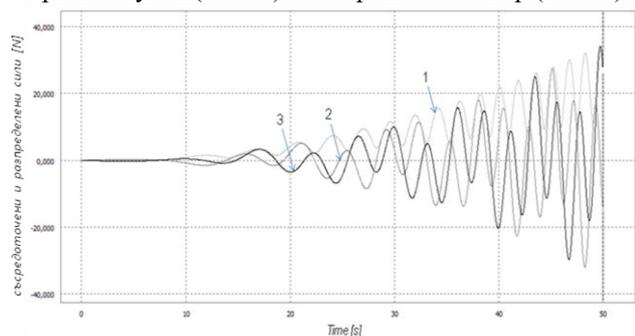
Фиг. 4 Диаграма на въртящите моменти, натоварващи вала и кожуха

Лагерният възел между кожуха и фундамента се задвижва от втори електродвигател чрез ремъчна предавка. Диаграмата на фиг. 5 показва натоварването на лагерния възел, поместен между кожуха и фундамента, със съсредоточени моменти (усукващи (Mx) и огъващи (My)). С линия 1 е даден общият въртящ момент на лагерната връзка между лагерната втулка (поз. 16) и лагерния цилиндър (поз. 17) (фиг. 1). С линия 2 е означен моментът по ос Oх. Линия 3 показва огъващите моменти в лагерите.



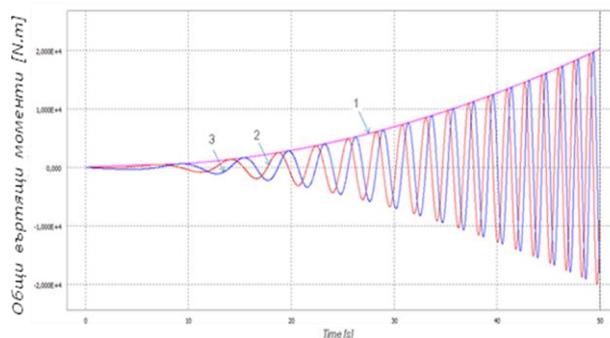
Фиг. 5. Диаграма на общите съсредоточени моменти на лагерната връзка между кожуха и фундамента

Диаграмата на фиг. 6 изразява съсредоточените и разпределени сили на взаимодействие в лагерния възел на мелницата, разположен между фундамента и кожуха (фиг. 1). Силите са дадени в една равнина. С линия 1 са представени радиалните сили в лагерите. С линия 2 са показани силите, действащи върху лагерите по оста Oх от равнината Oху. Линия 3 изразява действащите сили (вертикални сили) по ос Oу. Тези сили са между лагерната втулка (поз.16) и лагерния цилиндър (поз.17).



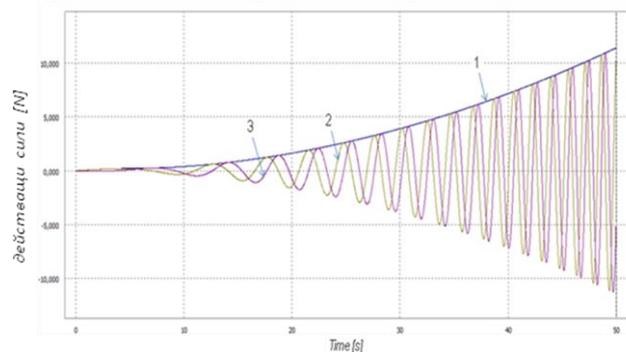
Фиг. 6 Сили, действащи върху лагерните възли на мелницата

На диаграмата на фиг. 7 са показани общите въртящи моменти между вала и детайлите (стрелите, върху които са окачени ролките – поз.23 и двата лагера между фундамента и вала – поз. 15 на фиг. 1). С линия 1 са представени действащите огъващи и усукващи моменти (еквивалентен момент) върху вала. С линия 2 са показани чисто усукващите моменти върху вала. С линия 3 са изразени чисто огъващите моменти върху вала.



Фиг. 7 Диаграма на общите въртящи моменти, действащи върху вала

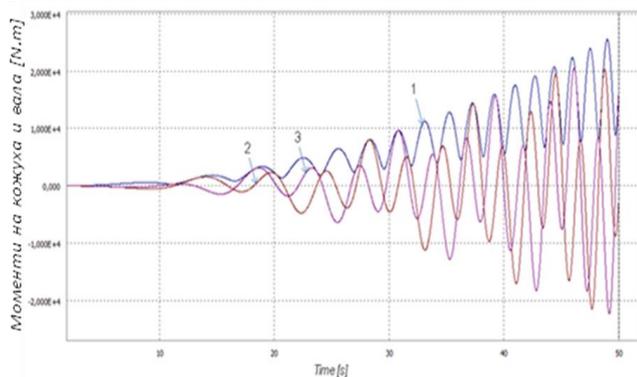
На диаграмата на фиг. 8 са изобразени действащите сили от носещите звезди върху вала и силите от лагерите (поз. 14). С линия 1 са показани общите действащи сили върху вала. Основната действаща сила е от електродвигателя Q_{max} . Противодействащите сили са от лагерите и силите от носещите звезди на ролките. Линия 2 – действащите сили по ос Oх от лагерните връзки. С линия 3 са изразени силите по ос Oу, действащи от носещите звезди на ролките. От една носеща звезда върху вала въздействат 6 сили. Диаграмата е дадена в равнината Oху.



Фиг. 8 Диаграма на действащите сили върху вала за единица време

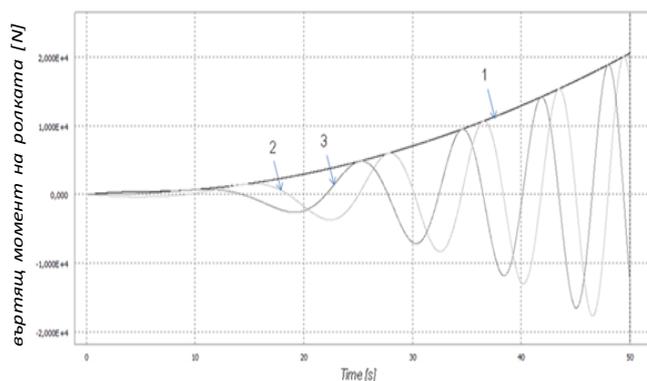
Диаграмата на фиг. 9 изразява динамичното поведение в следствие на противопосочното въртене на кожуха и вала. Кожухът се върти по посока на часовниковата стрелка, а валът – обратно на нея. С линия 1 са означени общите моменти на въртенето, действащи върху кожуха и вала (усукващи и огъващи моменти). На тази диаграма се вижда, че детайлите на мелницата са сглобени добре и, ако машината се изработи реално, ще върши работата, за която е предназначена. С линия 2 са изобразени въртящите моменти на усукване, оказващи въздействие върху кожуха и вала по ос Oх. С линия 3 – въртящите моменти на огъване, въздействащи върху

кожуха и вала по ос Oy . Огъващите моменти зависят от действащите сили върху кожуха и вала. Валът се задвижва от електродвигател с въртящ момент с големина 509 N.m , а кожухът – от втори електродвигател с различен двигателен момент ($T=600 \text{ N.m}$). Всяка от линиите обединява въртящите моменти от двата двигателя. Диаграмата показва, че двата двигателя работят в синхрон и машината е конструирана правилно.



Фиг. 9 Диаграма, изразяваща въртящите моменти на противоположно въртящите се кожух и вала на мелницата

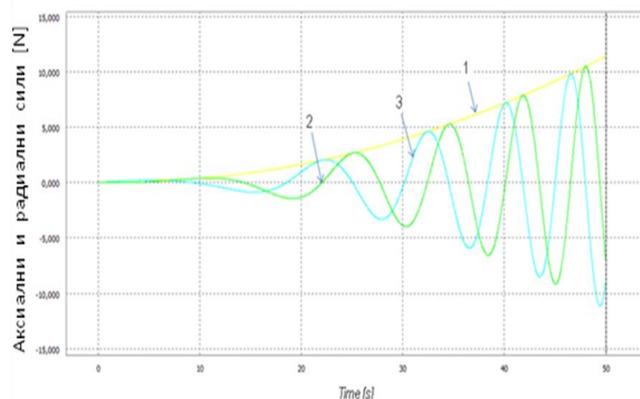
На диаграмата на фиг. 10 са показани моментите за една ролка. Ролката е захваната за носещите звезди и се върти около собствената си ос. Моментите, изобразени на диаграмата, са от оста на ролката. С линия 1 са изобразени общите моменти, действащи върху оста на ролката. Ролката се върти около ос Oz . Общият момент е съвкупност от усукващите и огъващи моменти $M = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2}$. С линия 2 е обозначен усукващият момент по ос Ox (M_x), с линия 3 – огъващият момент по ос Oy (M_y).



Фиг. 10 Диаграма на общия въртящ момент на една ролка

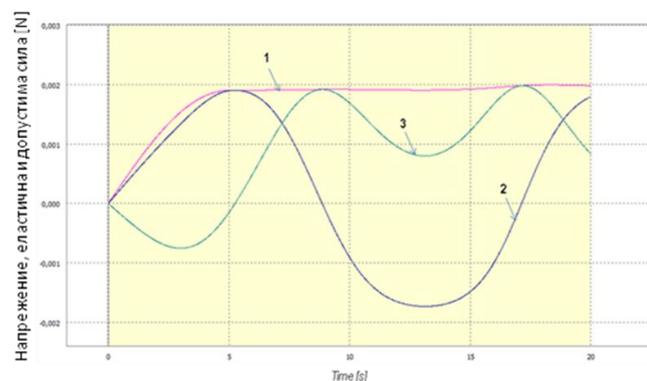
На диаграмата на фиг. 11 са изобразени действащите сили за една ролка. При натоварването на лагерите на ролката и плъзгащ лагер, действат периферни радиални и аксиални сили. Теглото на ролката се пренебрегва, тъй като то е много по-малко от останалите действащи сили. Напречните сили се поемат от двата лагера, докато аксиалните се понасят само от единия. При това лагерните възли в ролката понасят комбиниран товар от радиални и аксиални сили. С линия 1 са представени

общите действащи сили върху лагерните възли на ролката. При този случай лагерният възел поема аксиалната сила и в двете посоки. Общата сила $F = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2}$ е комбинация от квадратите на радиалните и аксиални сили. С линия 2 са представени опорните реакции в лагерната връзка. Тук са показани напречните сили по оста Ox . С линия 3 – аксиалните сили, действащи върху лагерите на ролката по ос Oy .



Фиг. 11 Диаграма на действащите сили върху една ролка

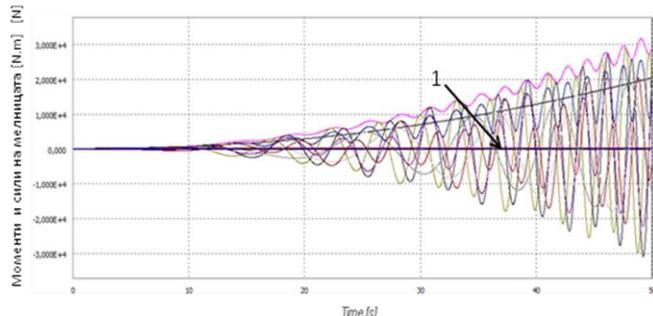
На диаграмата на фиг. 9 са изобразени действащите сили на пружината в свито положение. Пружината се разгъва постепенно, компенсирайки изтриването на ролката. Пружината работи като преодолява действащите сили от ролката и смилания се материал. С линия 1 е представена допустимата сила, която зависи от допустимото напрежение на усукване и модулът на ъглова деформация. В този случай пружината работи на статично натоварване, откъдето допустимото ѝ напрежение се определя от якостта ѝ на опън (зависи от стоманата, от която е изработена). С линия 2 е показана еластичната сила, която зависи от еластичната константа и еластичната деформация по посока на действащата сила. С линия 3 – напрежението на пружината, създадено от силите на ролката.



Фиг. 11 Диаграма на действащите върху пружините

На диаграмата на фиг. 12 е дадено общото натоварване на мелницата. На нея са изобразени силите и моментите, действащи върху вала на машината. Тук са показани основните лагерни възли, представени отделно на фигурите по-горе. Непоказани са силите и моментите

между вала и конусното дъно. Също и между вала и основната ротационна плоча на мелницата. С линия 1 е представено взаимодействието между вала, конусното дъно и основната ротационна плоча. Тук действат радиални сили и сили на триене. Радиалните предизвикват огъващ момент, а тези на триене – съпротивителен момент.



Фиг. 12 Диаграма на моментите и силите, действащи на машината

IV. ИЗВОДИ

1) Създаден е компютърен модел на центробежно-ролкова мелница, който позволява да бъде лесно оптимизиран в конструктивно отношение.

2) Направена е компютърна симулация на работата на отделни ключови възли на мелницата чрез програмата Inventor.

3) Визуализирани са действащите въртящи моменти и сили на възлите на мелницата, което позволява те да бъдат анализирани и използвани по предназначение.

4) От получените диаграми се установява, че действащите сили и моменти имат периодичен характер, при което натоварените елементи следва да бъдат изчислени на умора като бъдат отчетени знакопроменливите натоварвания върху тях.

5) От диаграмите се определя вида и продължителността на циклите и техните количествени характеристики (амплитуда, период, асиметричност).

6) Анализът на натоварването допринася да се определи видът на материалите, от които са изработени елементите с оглед получаване на по-добри експлоатационни резултати на центробежно-ролковата мелница.

7) Резултатите, получени от извършената динамична симулация на центробежно-ролкова мелница позволява да се провери надеждността на работа на дадена конструкция при реални условия, без да се налага да се

изработват скъпоструващи и отнемачи време физически прототипи.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследването на динамичното поведение на центробежно-ролкова мелница в софтуерната среда на Inventor показва, че при предложеният конструктивен вариант, тя ще издържи на експлоатационните натоварвания в реални условия и ще изпълнява успешно своето предназначение.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторите изказват благодарност на фирмата VMG (БиЕмДжи Дейта ООД) и на нейния управител за оказаното съдействие при извършването на софтуерните експерименти.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Григоров Б. Ръководство за работа „Autodesk Inventor” 2012. КАД Пойнт, БиЕмДжи, Autodesk, София, 536 стр.
- [2] Минин И. С., „Симуляционно моделиране и изследване на барабанна топкова мелница тип МТЦ 4,5Х6”, Годишник на МГУ т. 53, св. III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2010, стр. 38 – 40.
- [3] Сезонов С., Вълков, М., “Механика на частиците в захранващото устройство на нова конструкция на центробежно-ролкова мелница”, Доклади XIII Международна научна конференция ВСУ 6-7 юни 2013 г., С., ТомI, стр.1-100 ÷ I-105, ISSN 1314-071X.
- [4] Сезонов С. Дисертация „Оптимизиране на конструктивните параметри на центробежно-ролкова мелница”. МГУ „Св. Иван Рилски”. Под печат 2021 г.
- [5] Тонков Г., „Автоматизирано документиране на конструкторския процес в CAD среда”. I Международна научна конференция „Е-управление”, Созопол 22 - 24 юни, 2009 год. Сборник трудове, ISSN 1313-5589, стр. 74 – 79.
- [6] Тонков Г., „Актуални CAD системи за машиностроително проектиране - класификация, възможности, приложение”. Част II „CAD системи от среден клас, приложими в машиностроенето”. Българско списание за Инженерно проектиране, брой 9, стр. 79 – 93. ISSN 1313-7535, септември 2011.
- [7] Тонков Г., Ралев Д., Хинков А. Пособие за проектиране на машинни елементи, 2020. Пропелер, София, 152 стр. ISBN 978-954-392-127-0.
- [8] Тонкова Г.. Изследване на влиянието на огъващи и усукващи трептения на валове, използвани в тежката минна механизация, докторска дисертация, 2017 г. МГУ „Св. Иван Рилски“, София, 142 стр.
- [9] Хинков А, Тонков Г., Ралев Д. Практическо ръководство „Проектиране на двустъпален цилиндричен редуктор с MITCalc”, 2012. Пропелер, София, 157 стр. ISBN 978-954-392-128-7.
- [10] www.autodesk.com.

SIMULATION TESTAS OF DYNAMICLY LOADED CENTRIFUGAL ROLLER MILL

Georgi Tonkov
TU-Sofia
Sofia, Bulgaria
E-mail: gptonkov@tu-sofia.bg

Simeon Sezonov
MGU “Sv. Ivan Rilski”
Sofia, Bulgaria
E-mail: sezonov_si@abv.bg

Abstract: A CAD prototype model of the centrifugal roller mill for fine grinding of copper ore has been developed. A computer simulation and analysis of the work process by using Inventor software was made. A study of the dynamic behavior of the working body and the main units of the mill was performed. The differential equations describing the motion of the ground ore pieces are derived in analytical form. The boundary cases of dynamically changing forces and moments are modeled.

ПОДХОД ЗА ОЦЕНКА НА ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ НА ИНТЕЛИГЕНТНА СИСТЕМА ЗА ОТОПЛЕНИЕ НА ИНДУСТРИАЛНИ СГРАДИ

Венета Йосифова
Институт по информационни и
комуникационни технологии
БАН
София, България
E-mail: veneta.christova@iict.bas.bg

Денис Чикуртев
Институт по информационни и
комуникационни технологии
БАН
София, България
E-mail: dchikurtev@gmail.com

Милена Харалампиева
Институт по информационни и
комуникационни технологии
БАН
София, България
E-mail: milena_biserova@abv.bg

Резюме: Статията разглежда стъпки, по които ще бъде оценявана енергийната ефективност на разработена интелигентна система за зонирано отопление подходящо за индустриални сгради. Представена е самата система, компонентите ѝ и използваните технологии.

Ключови думи: енергийна ефективност, интелигентно управление, индустриално отопление,

I. УВОД

Съвременната индустрия непрекъснато търси методи за оптимизация на производството. Такива направления на пример са: дизайн на продукта, оптимизация на процесите, подобряване на качеството, подобряване на производителността и минимизиране на разходите [1]. Несъмнено енергийната ефективност заема челно място сред гореизброените.

Днес индустриалният сектор е отговорен за около една трета от общото крайно потребление на енергия в световен мащаб и еквивалентни емисии на въглероден диоксид. Макар настоящото драстично въздействие върху икономиките от пандемията COVID-19, вероятно този сектор ще продължи да расте през следващите десетилетия. Въпреки че се прави много, за да се привлече вниманието на индустрията към такива икономически ефективни потенциали, действителното прилагане на наличните мерки за енергийна ефективност остава спорадично и бавно [2].

Предизвикателството, което разглежда статията свързано с енергийната ефективност е отоплението на големите отворени пространства в индустриалните сгради, което води или до висока консумация на енергия или до причиняване на дискомфорт у служителите при неправилно оразмеряване. Една от причините е, че обикновено сградата е проектирана така, че да се загрява целия обем въздух, но с висока консумация. Други особености при индустриалните сгради свързани с отоплението са: ситуирането на работни станции, съществуващо тежко/високо оборудване и механизация и различните видове работни процеси [3].

BMS (Building Management System) е компютърно базирана система за управление, инсталирана в сгради, която контролира и наблюдава механичното и електрическото оборудване на сградата като вентилация, осветление, системи за хранване, пожарни системи и системи за сигурност. BMS се състои както от

софтуерни, така и от хардуерни компоненти. Отличителните характеристики на тези системи са следните: Енергоспестяваща система, която контролира консумацията на енергия и по този начин прави по-лесно поддържането на сградата; Улесняват работата и оптимизират работата на оборудването, като същевременно поддържат благосъстоянието и комфорта на обитателите в сградата; По-гъвкави и лесни са за ползване; Контролират и подобряват функцията на инсталираното оборудване и предотвратяват кризисни събития [4]

Като част от проекта, се разработва интелигентна система за управление на инфрачервено отопление в работна зона в индустриални сгради. Методологията за изграждане и работа на системата се основава на четене и анализ на информация от безжични сензорни мрежи, размита логика, машинно обучение и IoT. Моделът е система, съставена от нагревателни устройства, сензори и контролни устройства. Тази система се основава на модерни технологии за интелигентен дом. В статията ще бъде представена системата най-общо и ще бъдат разгледани видовете параметри за оценка на енергийната ефективност, за да се докажат преимуществата на разработената система относно ефективността на системата и намалените разходи за енергия.

II. СИСТЕМА ЗА ИНТЕЛИГЕНТНО УПРАВЛЕНИЕ НА ОТОПЛЕНИЕ

A. Дизайн на системата

Тази система се основава на модерни технологии за интелигентен дом. Функцията, която системата изпълнява, е да осигури оптимално използване на отоплителни уреди в индустриално помещение, така че да се постигне комфортна среда за работниците и да се сведе до минимум консумацията на енергия. За наблюдение и настройка на системата ще се използва уеб-базиран графичен интерфейс. Ще бъде възможно задаването на желани работни температури в стаята / работната зона и ще бъдат избрани различни режими на управление - автоматичен, ръчен, полуавтоматичен.

Предложеният модел, показан на фигура 1, се състои от следните компоненти и устройства:

- Инфрачервени нагреватели (1)
- Температурни сензори - измерва вътрешната и външната температура (2)

- Сензори за движение (3)
- Компютър (4)
- Wi-Fi модем (5)
- USB камера (6)
- Термокамера (7)
- Вградени контролери (8)

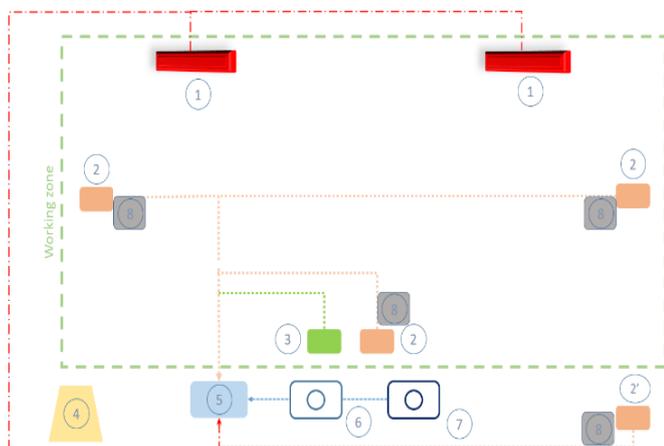


Fig. 1. Дизайн на система за интелигентно управление на отопление

В. Управление

Изследваната система за интелигентно отопление е сложна и поради това е необходимо да се разработи специализиран алгоритъм за осигуряване на необходимите функционалности. Основните критерии, по които ще се ръководи управлението, е избраният режим на работа. По този начин се разработва сложна система, съставена както от IoT устройства, така и от вградени системи. Сензорите и релетата са свързани към модулите Dragino и Arduino, работещи по комуникационните принципи LORA и водят до гейтуея Dragino. Цялата система се управлява от уеб сървър, в който е добавен алгоритъмът за управление. Към сървъра е добавен и графичен интерфейс, чрез който всеки потребител може да задава желани температури, да преглежда моментални измервания от сензорите и да наблюдава диагностични данни.

Системата използва и стандартен сървър LoRaWAN, който предоставя всички необходими технологии и инструменти за осигуряване на сигурност, стабилност и надеждност на мрежата. Този сървър е бекенд на системата и събира данните, получени от шлюза, това е мрежата на нещата (TTN). За да можем да визуализираме тези данни и да изпращаме команди към устройствата, трябва да приложим технология за интерфейс като Node.js. Тъй като TTN използва протокола MQTT, използваното приложение трябва да поддържа MQTT.

Изпълнението на JavaScript на Node.js позволява комуникацията на гейтуея LoRa, чрез протокола mqtt. Освен това Node.js предоставя инструменти за създаване на настолни и мобилни версии на приложението. По този начин, след включването на Node.js (Фигура 2).

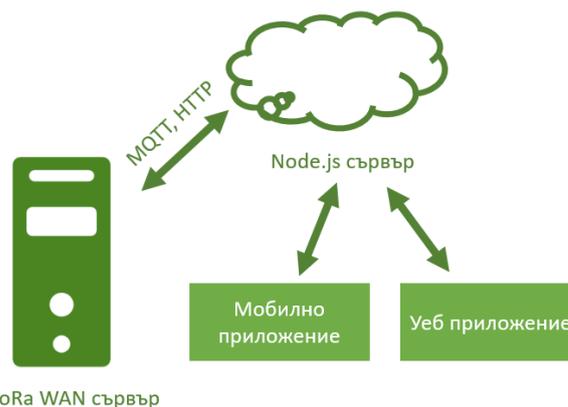


Fig. 2. Приложение на Node.js в системата

Представената по този начин система ще може да генерира автоматизирани действия, съгласно даден алгоритъм за работа на сензори, камери и инфрачервени нагреватели. Самият алгоритъм е реализиран в javascript кода на сървъра и е част от приложенията.

III. ПОДХОД ЗА ОЦЕНКА НА ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ

Единният подход за оценка на ефективността на процесите, оборудването и производството по отношение на методологията за оценка на производителността позволява да се разглеждат като енергиен модел, при който се определя преобразуването на всички видове и форми на информация за енергията (аналогови и / или цифров). Този подход ни позволява да разглеждаме енергийната ефективност като относителна ефективност на всички елементи от системата. Така ефективността може да се разглежда като отношение на потреблението на ресурси към общия входящ ресурс [5].

Стъпките по които ще заключим колко енергийно-ефективна е така разработена системата са няколко. Те целят да се определи използваното количество енергия за постигане на благоприятен климат в отопляваното помещение. Важно е да се гарантират безопасни условия на труд за работниците в производството по отношение на климата и вентилацията, тъй като те са изложени на много рискове като тежка работа и химически реакции и обикновено техните задължения изискват неудобно тежко облекло. Ето защо трябва да се осигури подходяща околна температура в помещенията. За индустриални сгради, приблизителната благоприятна температура през зимата е около 25°C [6].

Размерите на цялото помещение са 10 x 20 m, със светла височина 3 m. Работната зона, където са концентрирани работниците е с приблизителни размери 8 x 3 m. Сравнителен анализ ще бъде направен на дневна, седмична и месечна база, като бъдат взети предвид климатичните особености и средните температури. Температурата в помещението ще бъде наблюдавана посредством температурни сензори разположени на няколко места в помещението и програма, обобщаваща показанията им.

A. Стъпка 1

Изчисляване на количеството енергия, необходимо за постигане на желаната температура в помещението при съществуващата отоплителна система. Помещението се отоплява с 10 бр. радиатори свързани към топлоелектрическа мрежа. Заради спецификата на производство, не е необходимо затоплянето на целия обем от помещението а само на зоната, където са работниците. Поради тази причина, очакванията са, количеството енергия използвано за отопление на цялото помещение да е значително повече от необходимото.

B. Стъпка 2

Отчитане на количеството енергия използвано от интелигентната система за отопление. Отчетът ще бъде записван от отделен електромер включен локално към системата. Очакваните ниски разходи на енергия се обуславят от функционалностите на самата система: Тя ще се включва, само когато термокамерата и камерата за движение засекат активност и температурата е по-ниска от желаната; Ще се изключва автоматично при достигане на желаната температура или ако уредите нагряват твърде много повърхностите и хората (това ще бъде отчитано отново, чрез термокамерата); Ще се регулира мощността на системата (на отоплителните уреди), в зависимост от температурната разлика, която трябва да се покрие.

Изчисляването на мощността на излъчване от инфрачервен източник, въз основа на температурата на повърхността на обекта заедно с фактора на черното тяло, се осъществява съгласно закона на Стефан-Болцман:

$$P = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad (1)$$

където P е мощността (W), ε – емисионна способност ($\varepsilon=1$ за абсолютно черно тяло), σ – константа на Стефан-Болцман $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$, A – площ на излъчващата повърхност, T – абсолютна температура (K).

Данните за работата на системата и отчетите за консумацията на енергия ще бъдат записвани в сървър, от където ще бъдат визуализирани в софтуерна програма (Фигура. 3).

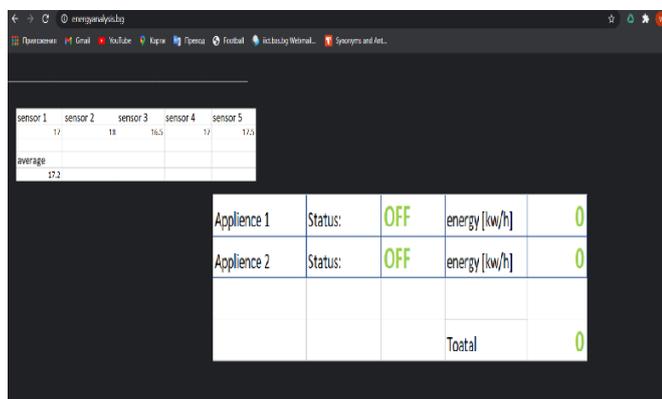


Fig. 3. Данни от температурни сензори и електромер

C. Стъпка 3

Сравнение на резултатите. На база отчетените резултати, ще бъде направено заключение за

поведението на изградената система и консумираната енергия. Нашите очаквания са да намалим консумацията на енергия с повече от 15% за работната зона заради интелигентното управление на нагревателите и над 50% за цялото помещение.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С развитие на съвремените технологии в областта на ИКТ, Интелигентно управление и IoT се увеличава и тяхното приложение в различни икономически сфери. Тяхното приложение в борбата със свръх консумацията на енергия в световен мащаб, заради намаляването на природните ресурси и екологичния отпечатък, непрекъснато нараства. Тъй като сградния сектор е отговорен за близо 40% от консумацията на енергия, именно с тези технологии се прилагат за увеличаване на енергийната ефективност. Чрез развитие на интелигентна система за управление на отоплението в индустриални сгради, се цели драстично намаляване на консумацията на енергия. Чрез подробен анализ на работата на системата и консумацията на енергия, следва да се докаже нейната енергийна ефективност спрямо други, често използвани технологии за отопление в този отрасъл. По този начин подобно разработени системи могат да намерят приложение и в други типове сгради като спортни и концертни зали, които се характеризират с големи светли пространства, наличие на течение и текучество от хора. Това би допринесло за намаляване на общата консумация на енергия и намаление на разходите за отопление.

БЛАГОДАРНОСТИ

„Авторите благодарят на Фонд Научни Изследвания към Министерство на образованието и науката по „Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания на млади учени и постдокторанти – 2019 г.“ договор № КП-06-М37/2 от 06.12.201 и на Българското Министерство на Образованието и Науката при изпълнение на национална научна програма "Млади учени и Постдокторанти" DCM #577 / 17.08.2018”

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. Datta, J. Paulo Davim, Optimization in industry, Present practices and future scopes, Springer International Publishing, ISSN 2365-0532, 2019
- [2] UNECE, Draft Industrial Energy Efficiency Action Plan, and assessment of the role of the United Nations Economic Commission for Europe in delivering on it, Committee on Sustainable Energy Group of Experts on Energy Efficiency Seventh session Geneva, 22-23 September 2020
- [3] Yosifova V., Petrov R., Haralampieva M.. Инфрачервено отопление за индустриално приложение според модели на работни помещения. XXIX Международна научно-техническа конференция – АДП 2020, 2020, ISSN:2682-9584
- [4] Saeed Kamali, Golrokh Khakzar, Soolmaz Abdali HajiAbadi, Effect of Building Management System on Energy Saving, Advanced Materials Research Vol. 856 (2014) pp 333-337, (2014) Trans Tech Publications, Switzerland
- [5] Kuznetsov A.P, Blau P.b , Koriath H., Richter M., Criteria for energy-efficiency of technological processes, technological machines and production engineering, CIRP Conference on High Performance Cutting, Volume 46, 2016, Pages 340-343

- [6] Yosifova V., Stoimenov N., Haralampieva M.. On-site research with thermal camera on industrial heating. The International Conference on Technics, Technologies and Education ICTTE 2020, 1032, 2021, DOI:10.1088/1757-899X/1031/1/01208

APPROACH FOR EVALUATION THE ENERGY EFFICIENCY OF AN INTELLIGENT HEATING SYSTEM FOR INDUSTRIAL BUILDINGS

Veneta Yosifova
*Institute of information and
communication technologies –
Bulgarian academy of sciences*
Sofia, Bulgaria
veneta.christova@iict.bas.bg

Denis Chikurtev
*Institute of information and
communication technologies –
Bulgarian academy of sciences*
Sofia, Bulgaria
dchikurtev@gmail.com

Milena Haralampieva
*Institute of information and
communication technologies –
Bulgarian academy of sciences*
Sofia, Bulgaria
milena_biserova@abv.bg

line 5: email address or ORCID

Abstract: The article discusses the steps by which the energy efficiency of a developed intelligent zone system for zoned heating suitable for industrial buildings will be assessed. The system itself, its components and the technologies used are presented.



ФАМИЛИЯ АВТОР	СТРАНИЦА ОТ СБОРНИКА
Ani Boneva	161
Momchil Kurtev	166
Nina Valchkova	91
Roman Zahariev	91
Stanislav Dimitrov	53
Vasil Cvetkov	91
Vasil Trenev	166
Veronika Ivanova	161
Ава Чикуртева	53, 149
Аделина Василева	222
Александър Банчев	114, 122
Богомил Попов	218
Борян Владимиров	171
Боян Бахчеванов	108, 126
Васил Костадинов	57
Венета Йосифова	61, 238
Веселин Павлов	25
Виктория Уручева	135
Владимир Бояджиев	65, 68
Галя Димова	43
Галя Павлова	25
Генади Цветанов	30
Георги Тонков	226, 232
Давид Авишай	25
Даниела Минковска	141
Денис Чикуртев	80, 149, 238
Димитър Карастоянов	9, 149, 181, 204, 209
Димитър Тотев	187
Емил Петров	177
Ивайло Трифонов	139
Иван Златев	146



ФАМИЛИЯ АВТОР	СТРАНИЦА ОТ СБОРНИКА
Иван Лазаров	215
Иванка Пеева	104
Йоанна Алексиева	200
Йото Георгиев	135
Кирил Камбушев	135
Кирил Копаранов	141
Красимир Терзиев	181
Красин Георгиев	141
Кристина Петкова	95, 222
Любен Клочков	76, 218
Людмила Стоянова	141
Мартин Камбушев	135
Мартин Симеонов	146
Миглена Панева	38, 76, 218
Милвина Терзиева	209
Милена Бисерова-Харалампиева	9, 61, 155, 204, 238
Милчо Ташев	95, 222
Михаела Топалова	215
Михаил Кършаков	57
Найден Шиваров	80, 85, 130
Николай Стоименов	85, 218
Павел Петров	57
Панчо Томов	200
Петко Кънчев	43
Петко Стоев	85
Петър Панев	38, 76
Пламен Райков	49, 177
Ренета Димитрова	108, 114, 122, 187
Росен Петров	9, 61, 155, 204
Румяна Цанкова	200
Северин Хаджиев	30, 35



ФАМИЛИЯ АВТОР	СТРАНИЦА ОТ СБОРНИКА
Силвия Ангелова	177
Симеон Сезонов	226, 232
Слав Димитров	114, 122, 187
Снежана Николова	139
Станислав Йовков	130
Станислав Цолов	17, 114, 122
Стефан Къртунов	4
Стефан Шиваров	80, 85, 130
Стилиян Николов	108
Татяна Вакарелска	72
Трифон Банков	114, 122
Христо Шехтов	99
Цанко Караджов	30
Чавдар Костадинов	104, 191, 197
Ani Boneva	161
Momchil Kurtev	166
Nina Valchkova	91

ОРГАНИЗАЦИОННИЯТ КОМИТЕТ БЛАГОДАРИ НА НАШИТЕ СПОНСОРИ!



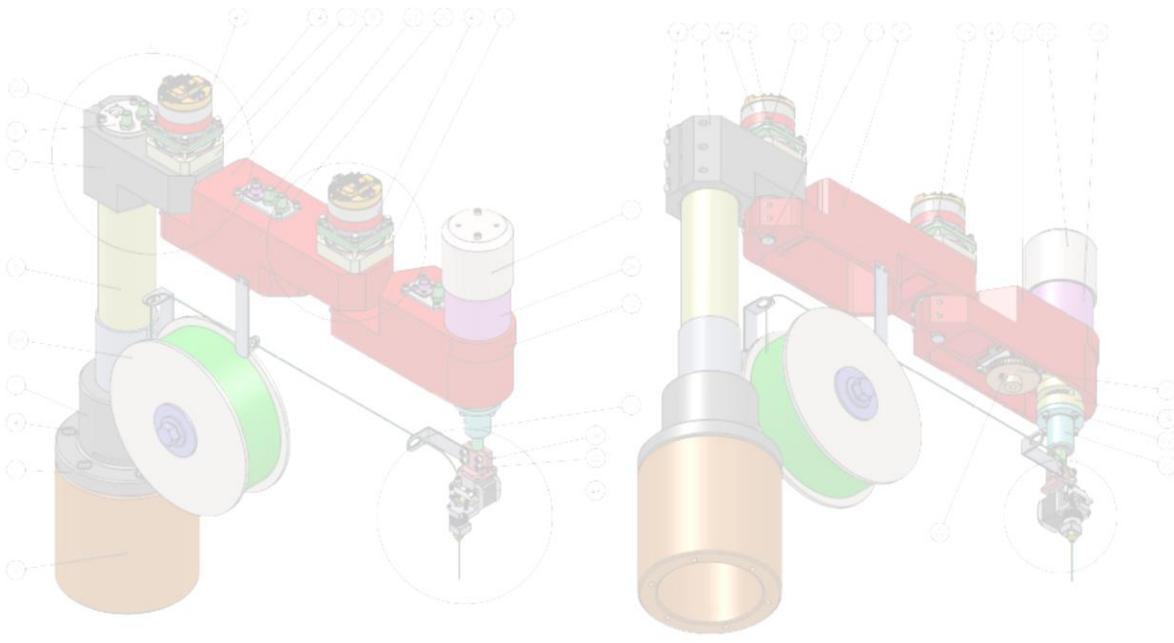
ВАНИКО ООД
2700 Благоевград
ул. Черни връх 3
Office@vaniko.com



ФЕСТО ЕООД
1592 София
бул. Христофор Колумб 9
festo_bg@festo.com



SMC Industrial Automation Bulgaria EOOD
София 1766
Младост 4, Бизнес парк София, сграда 8, корпус "С", ет. 6
office@smc.bg



Sadržaj tablice	
Redni broj	Ime i prezime
1	Marko Marković
2	Marko Marković
3	Marko Marković
4	Marko Marković
5	Marko Marković
6	Marko Marković
7	Marko Marković
8	Marko Marković
9	Marko Marković
10	Marko Marković
11	Marko Marković
12	Marko Marković
13	Marko Marković
14	Marko Marković
15	Marko Marković
16	Marko Marković
17	Marko Marković
18	Marko Marković
19	Marko Marković
20	Marko Marković
21	Marko Marković
22	Marko Marković
23	Marko Marković
24	Marko Marković
25	Marko Marković
26	Marko Marković
27	Marko Marković
28	Marko Marković
29	Marko Marković
30	Marko Marković
31	Marko Marković
32	Marko Marković
33	Marko Marković
34	Marko Marković
35	Marko Marković
36	Marko Marković
37	Marko Marković
38	Marko Marković
39	Marko Marković
40	Marko Marković
41	Marko Marković
42	Marko Marković
43	Marko Marković
44	Marko Marković
45	Marko Marković
46	Marko Marković
47	Marko Marković
48	Marko Marković
49	Marko Marković
50	Marko Marković

