



АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО

Брой 2
юли 2020 г.

Издателство на ТУ-София

ISSN: 2682-9584

АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО

Брой 2 юли 2020 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

доц. 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 2 July 2020 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

Assoc. 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. Ochriski” 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 2
юли 2020 г.

Издателство на ТУ-София
ISSN: 2682-9584



МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ „АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО”

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

ПОЧЕТЕН ПРЕДСЕДАТЕЛ:

проф. дн 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. дн инж. Александър Михайлов – ТУ-Донецк

д-р инж. Фолкмар Флеминг – ТУ-Дрезден

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

проф. д-р инж. Милка Вичева - декан на МФ

проф. дн инж. Иво Малаков - кат. АДП

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

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

проф. дн 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. Пламен Петров - кат. АДП

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

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. дн инж. Иво Малаков

ЧЛЕНОВЕ:

проф. д-р инж. Димчо Чакърски

проф. д-р инж. Тодор Нешков

проф. д-р инж. Димитър Дамянов

проф. дтн 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

Двадесет и девета международна научно-техническа конференция „Автоматизация на дискретното производство” (АДП 2020) се провежда от 29 юни до 02 юли 2020 год. в УСОБ на ТУ-София, Созопол в рамките на Дните на науката на ТУ-София.

За конференцията са депозираны и приети от програмния комитет 52 доклада от 77 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 – 8 бр.
2. Технологии и машини за автоматизираното дискретно производство – 10 бр.
3. Автоматизиране потока на детайлите – 2 бр.
4. Промислени работи и роботизирани комплекси – 4 бр.
5. Автоматизация на монтажа – 2 бр.
6. Мехатроника – 4 бр.
7. Системи за управление в дискретното производство – 8 бр.
8. Иновации и инженеринг на автоматизираното дискретно производство – 8 бр.
9. CAD/CAM/CAE системи и виртуално инженерство – 6 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 на ТУ-София и на фирмите “FESTO” ЕООД – София, и “SMC” - София за финансовото подпомагане провеждането на конференцията.

Предпечатната подготовка на докладите от МНТК “Автоматизация на дискретното производство” (АДП 2020) е извършена от доц. д-р инж. Ренета Димитрова.

За забележки и препоръки се отнасяйте към 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. | Д. Чакърски, Т. Вакарелска, СЪСТОЯНИЕ, ПОСТИЖЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ НА РАЗВИТИЕ НА АВТОМАТИЗАЦИЯТА И РОБОТИЗАЦИЯТА НА ДИСКРЕТНИТЕ ПРОИЗВОДСТВЕНИ ПРОЦЕСИ 4 |
| 2. | И. Малаков, АЛГОРИТЪМ ЗА СИНТЕЗИРАНЕ НА МАТРИЦА НА ПРИЛОЖИМОСТ ПРИ ОПТИМИЗАЦИЯ НА РАЗМЕРНИТЕ РЕДОВЕ НА ТЕХНИЧЕСКИ СРЕДСТВА ЗА АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ЛЕЯРСКОТО ПРОИЗВОДСТВО 10 |
| 3. | R. Dimitrova, M. Kambushev, S. Biliderov, МЕТНОD FOR DESIGN OF SPECIAL MECHATRONIC DEVICES AND SYSTEMS 14 |
| 4. | Б. Бахчеванов, Р. Димитрова, С. Николов, КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНКА СЪСТОЯНИЕТО НА АВТОМАТИЗИРАНИ СИСТЕМИ ЗА ПРОИЗВОДСТВОТО НА ЛЕКАРСТВЕНИ ФОРМИ 18 |
| 5. | Ч. Костадинов, И. Пеева, ОСОБЕНОСТИ НА СИСТЕМИТЕ ЗА МАСОВО ОБСЛУЖВАНЕ С ОПАШКИ 22 |
| 6. | Ч. Костадинов, ОТНОСНО ОРГАНИЗАЦИЯТА НА РАБОТА НА СИСТЕМИТЕ ЗА МАСОВО ОБСЛУЖВАНЕ С ПРИОРИТЕТИ 26 |
| 7. | Х. Шехтов, Ж. Гочев, П. Вичев, МЕХАНИЗАЦИЯТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА В ДЪРВООБРАБОТВАЩАТА И МЕБЕЛНАТА ПРОМИШЛЕНОСТ НА БЪЛГАРИЯ В УСЛОВИЯТА НА ПЛАНОВО СТОПАНСТВО И ДЪРЖАВНА СОБСТВЕНОСТ НА ПРЕДПРИЯТИЯТА – I ЧАСТ 29 |
| 8. | Х. Шехтов, Ж. Гочев, П. Вичев, МЕХАНИЗАЦИЯТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА В ДЪРВООБРАБОТВАЩАТА И МЕБЕЛНАТА ПРОМИШЛЕНОСТ (ДМП) НА БЪЛГАРИЯ В УСЛОВИЯТА НА ПАЗАРНО СТОПАНСТВО И ЧАСТНА СОБСТВЕНОСТ НА ПРЕДПРИЯТИЯТА – II ЧАСТ 32 |
| II. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 2 “ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНИ ЗА АВТОМАТИЗИРАНОТО ДИСКРЕТНО ПРОИЗВОДСТВО | |
| 1. | П. Рачев, М. Ненчева, ОПРЕДЕЛЯНЕ ЧРЕЗ МОДЕЛИРАНЕ НА ФАКТОРИТЕ, ПОРАЖДАЩИ ГРЕШКИ ПРИ ОБРАБОТВАНЕТО 35 |
| 2. | Г. Цветанов Ц. Караджов С. Хаджиев, ЗЪБНИ ПРЕДАВКИ С АСИМЕТРИЧЕН ПРОФИЛ И ВЪТРЕШНО ЗАЦЕПВАНЕ 38 |
| 3. | Г. Цветанов Ц. Караджов С. Хаджиев, ТОВАРОНОСИМОСТ НА НЕКРЪГЛИ ЗЪБНИ КОЛЕЛА С АСИМЕТРИЧЕН ПРОФИЛ НА ЗЪБИТЕ 42 |
| 4. | В. Бояджиев, МОДЕЛИРАНЕ ЧРЕЗ ГРАФ НА НАДЕЖДНОСТНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА ГЛАВНИЯ ПРЕВОД НА МЕТАЛОРЕЖЕЩА МАШИНА С ЦИФРОВО-ПРОГРАМНО УПРАВЛЕНИЕ 45 |
| 5. | М. Севим, С. Николов, СИСТЕМА ЗА КОДИРАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯ ЗА КОНСТРУКТИВНИ АЛУМИНИЕВИ ПРОФИЛИ 48 |
| 6. | М. Панева, МЕТОД ЗА ТЕХНОЛОГИЧНА ПОДГОТОВКА НА ОБРАЗЕЦ/ЕПРУВЕТКА 52 |
| 7. | М. Панева, Л. Клочков, МЕТОДИКА И ЕКПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪГЛЕРОДНА СТОМАНА ПРИ ОПЪН 56 |
| 8. | М. Харалампиева, В. Йосифова, СЪХРАНЕНИЕ НА ТОПЛИННА ЕНЕРГИЯ НА БАЗА ЦИМЕНТОВИ МАТЕРИАЛИ 62 |
| 9. | П. Петров, ОТНОСНО ОСОВОТО РАЗМЕСТВАНЕ НА РЕЖЕЩИТЕ ПЛАСТИНИ ПРИ КОМБИНИРАНО ОБРАБОТВАНЕ ЧРЕЗ РЯЗАНЕ И ПОВЪРХНОСТНО ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМИРАНЕ 66 |
| 10. | С. Костадинов, П. Петров, ДЕФЕКТИ ПРИ КОМБИНИРАНО ОБРАБОТВАНЕ ЧРЕЗ РЯЗАНЕ И ПОВЪРХНОСТНО ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМИРАНЕ 69 |



| | | |
|--|--|-----|
| III. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 3 “АВТОМАТИЗИРАНЕ ПОТОКА НА ДЕТАЙЛИТЕ” | | |
| 1. | С. Димитров, ИНОВАТИВНО ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНО УСТРОЙСТВО ЗА РЯЗАНЕ НА ЕКОБРИКЕТИ | 72 |
| 2. | П. Панев, ПОВИШАВАНЕ ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА ПРИ ЩАНЦОВАНЕ И ПРЕСОВАНЕ НА ДЕТАЙЛИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ТРЪБНА МЕБЕЛ | 76 |
| IV. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 4 “ПРОМИШЛЕНИ РОБОТИ И РОБОТИЗИРАНИ КОМПЛЕКСИ” | | |
| 1. | Д. Авишай, В. Павлов, Г. Павлова, ПРОБЛЕМИ ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ И РОБОТИ В УПРАВЛЕНИЕТО НА СЪВРЕМЕННОТО ПРОИЗВОДСТВО | 80 |
| 2. | Н. Шиваров, Д. Чикуртев, Н. Шиваров, П. Стоев, РОБОТИЗИРАНА МОДУЛНА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА | 84 |
| 3. | Н. Шиваров, МНОГОФУНКЦИОНАЛНА МОБИЛНА РОБО-ПЛАТФОРМА | 90 |
| 4. | R. Zahariev, N. Valchkova, R. Efstratiou, H. Karatsioras, ROBOTIZED TECHNOLOGY HELPS SPECIAL EDUCATION OF CHILDREN WITH DISABILITIES | 95 |
| V. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 5 “АВТОМАТИЗАЦИЯ НА МОНТАЖА | | |
| 1. | В. Митев, ДИЗАЙН НА МОНТАЖНА МАШИНА ЗА ДЕТАЙЛ "WING SEAL" И НЕРЪЖДАЕМА ЛЕНТА | 101 |
| 2. | П. Митев, ПРОЕКТИРАНЕ НА ВИБРОЧИНИИ ЗА ФАРМАЦЕВТИКАТА | 104 |
| VI. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 6 “МЕХАТРОНИКА” | | |
| 1. | К. Камбушев, М. Камбушев, ИЗСЛЕДВАНЕ НА НАДЕЖДНОСТТА НА НЕВРОННИ МРЕЖИ ИЗПОЛЗВАНИ ЗА АПРОКСИМИРАНЕ НА ФУНКЦИИ | 107 |
| 2. | S. Biliderov, R. Dimitrova, D. Chakarski, PRINCIPLES OF MECHATRONICS IN THE DESIGN OF A FLIGHT-NAVIGATION UNIT FOR AN UNMANNED AIRCRAFT | 110 |
| 3. | П. Петкова, И. Абулибде, М. Камбушев, СРАВНЕНИЕ НА МАНЕВРЕНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУ УЧЕБЕН САМОЛЕТ PILATUS PC-9M И УЧЕБНО-БОЕН САМОЛЕТ L-39ZA ALBATROS | 116 |
| 4. | V. Ivanova, A. Boneva, I. Stoianov, OPERATING STATION FOR CONTROL AND MONITORING OF TACTILE TOOLS WITH APPLICATION IN MINIMALLY-INVASIVE SURGERY | 119 |
| VII. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 7 “СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ В ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО” | | |
| 1. | П. Томов, ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНОЛОГИЧНИ ФАЗИ НА РАЗВИТИЕ И ТЯХНОТО ВЛИЯНИЕ ВЪРХУ СТРУКТУРАТА НА МЕХАТРОННИТЕ СИСТЕМИ | 125 |
| 2. | П. Томов, Е. Енчев, СЪВРЕМЕННИ ТЕНДЕНЦИИ В ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЮТЪРНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМИТЕ ЗА УПРАВЛЕНИЕ | 129 |
| 3. | М. Kurtev, V. Trenev, EMBEDDED UAV SYSTEM WITH MACHINE LEARNING CAPABILITIES DEVELOPMENT | 133 |
| 4. | Б. Стойков, Д. Десков, БОРДОВИ РЕГИСТРАТОР НА УСИЛИЯТА В РЪЧКАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА САМОЛЕТА ПРИ РЕАЛНИ ПОЛЕТНИ УСЛОВИЯ | 138 |
| 5. | Ц. Найденов, РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ НА СТЕНД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА РЪЧНИ ЕЛЕКТРОИНСТРУМЕНТИ | 143 |
| 6. | М. Дочев, ИЗСЛЕДВАНЕ И ДИАГНОСТИКА НА РЪЧНИ ЕЛЕКТРОИНСТРУМЕНТИ В УСЛОВИЯТА НА СЕРВИЗНО-РЕМОНТНАТА ДЕЙНОСТ | 146 |
| 7. | К. Терзиев, Д. Карастоянов, СЪВРЕМЕННИ САТЕЛИТНИ КОМУНИКАЦИОННИ СИСТЕМИ | 149 |
| 8. | М. Терзиева, Д. Карастоянов, ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ В СЪВРЕМЕННОТО БАНКИРАН | 155 |

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

| | | |
|----|---|-----|
| 1. | H. Can, D. Minkovska, CURRENT STATUS AND FUTURE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE | 162 |
| 2. | B. Ujkani, D. Minkovska, L. Stoyanova, MACHINE LEARNING AND ITS APPLICATION TO DISCRETE PRODUCTION ENGINEERING | 167 |
| 3. | Р. Петров, НИСКОЕМИСИОННИ И ВИСОКОЕФЕКТИВНИ ЕНЕРГИЙНИ СГРАДИ | 172 |
| 4. | В. Бояджиев, СРАВНИТЕЛЕН НАДЕЖНОСТЕН АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ МОДЕРНИЗАЦИЯТА НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА И ХИДРОПНЕВМАТИЧНА ЧАСТИ НА СЛОЖЕН ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТ | 176 |
| 5. | В. Йосифова, Р. Петров, М. Харалампиева, ИНФРАЧЕРВЕНО ОТОПЛЕНИЕ ЗА ИНДУСТРИАЛНО ПРИЛОЖЕНИЕ СПОРЕД МОДЕЛИ НА РАБОТНИ ПОМЕЩЕНИЯ | 179 |
| 6. | В. Йосифова, Д. Карастоянов, М. Харалампиева, ИНОВАТИВНИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИ ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОКРИВНИ СИСТЕМИ | 184 |
| 7. | К. Кавалджиева ИНОВАЦИОНЕН ПОДХОД ЗА ВИРТУАЛНО И ПО- ЕФЕКТИВНО ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЕКСПЛОАТАЦИОННИЯ СРОК НА АВТОМАТИЗИРАЩА ТЕХНИКА | 188 |
| 8. | Д. Дамянов, Х. Метев, К. Кавалджиева, Б. Влахова, МОДЕРНИЗАЦИЯТА АЛТЕРНАТИВА НА БЪРЗОТО ИНОВАЦИОННО ОСТАРЯВАНЕ И УСЛОВИЕ ЗА УСТОЙЧИВОСТ НА ИНТЕГРИРАНОТО ИНЖЕНЕРИНГОВО ПРОСТРАНСТВО | 193 |

IX. ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 9 “CAD/CAM СИСТЕМИ”

| | | |
|----|--|-----|
| 1. | И. Атанасов, Д. Атанасова, ПРОГРАМНА СИСТЕМА ЗА АВТОМАТИЗИРАН ИЗБОР НА РЕЖЕЩ ИНСТРУМЕНТ ЗА ОПЕРАЦИЯ СТРУГОВАНЕ НА МАШИНИ С ЦПУ | 197 |
| 2. | B. Zlatev, G. Todorov, K. Dimova, OPTIMIZATION OF THE EFFICIENCY OF A KINETIC UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY WITH A FLYWHEEL MASS ACCUMULATOR | 201 |
| 3. | С. Николов, Д. Панайотов, ИЗБОР НА ПОДХОДЯЩА ТЕХНОЛОГИЧНА СТРАТЕГИЯ ЗА ИЗРАБОТВАНЕ НА ФОРМООБРАЗУВАЩИ ИНСТРУМЕНТИ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА САМ СИСТЕМИ | 207 |
| 4. | Т. Гаврилов, Я. Софронов, ВАЛИДАЦИЯ НА ФУНКЦИОНАЛНОСТТА И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗА ИЗНОСВАНЕ НА ХАРАКТЕРНИ ПОВЪРХНИНИ ОТ ФОРМООБРАЗУВАЩИ ИНСТРУМЕНТИ | 212 |
| 5. | П. Панев, Н. Стоименов, М. Панева, АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НА БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ С ПРИЛОЖЕНИЕ В ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ОПАЗВАНЕ НА КУЛТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОТО НАСЛЕДСТВО | 217 |
| 6. | С. Къртунов, ИЗСЛЕДВАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА ФИРМИ ОТ МЕХАТРОНИКАТА ЧРЕЗ СРАВНЯВАНЕ И ИЗБОР НА ОПТИМАЛНИ ТЕХНОЛОГИЧНИ ПРОЦЕСИ В ПРОИЗВОДСТВОТО | 221 |

| | |
|-----------------------|-----|
| АВТОРИ - БИБЛИОГРАФИЯ | 225 |
|-----------------------|-----|

СЪСТОЯНИЕ, ПОСТИЖЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ НА РАЗВИТИЕ НА АВТОМАТИЗАЦИЯТА И РОБОТИЗАЦИЯТА НА ДИСКРЕТНИТЕ ПРОИЗВОДСТВЕНИ ПРОЦЕСИ

Димчо Чакърски
Технически университет - София
София, България
e-mail: dimost@tu-sofia.bg

Татяна Вакарелска
КЕЕ при Технически университет - София
София, България
e-mail: vakarelska@tu-sofia.bg

Резюме: В статията се разглежда състоянието на автоматизацията и роботизацията на производството у нас и в световен мащаб. Посочени са последните достижения в областта на автоматизацията на дискретните производствени процеси. Очертани са тенденциите в развитието на АДП.

Ключови думи: автоматизация, роботизация, състояние, постижения, тенденции, развитие.

I. ОСОБЕНОСТИ НА АВТОМАТИЗАЦИЯТА НА ДИСКРЕТНИТЕ ПРОИЗВОДСТВЕНИ ПРОЦЕСИ.

Основната цел на автоматизацията на дискретното производство е да произвежда повече, по-качествено и с по-малко човешки ресурси, т.е. да повиши ефективността на производството.

В промишлеността съществуват два вида основни процеси:

- Непрекъснати производствени процеси – химия, металургия и др.
- Дискретни производствени процеси – това са процесите с прекъснат характер. Тези процеси в Р.България и в световен мащаб са над 80 %. Дискретни са всички процеси в: машиностроенето, електронната и електротехническата промишленост, фармацевтиката, хранително - вкусовата промишленост, дървообработващата промишленост, производството на строително-керамични изделия и др. [1, 8].

Съществуват два основни подхода при автоматизирането на дискретните производствени процеси:

- Автоматизация на съществуващи машини и съоръжения, въз основа на съществуващи технологии;
- Проектиране на нови автоматизирани съоръжения, на основата на въвеждането на нови технологии.

При автоматизацията на съществуващи машини и съоръжения се автоматизира предимно потокът на детайлите, като универсалните машини и машините полуавтомати се превръщат в машини автомати. В тези случаи ръстът на производителността λ обикновено е в границите от 1,1 до 2.

При проектирането на нови машини и съоръжения ръстът на производителността λ обикновено е в границите от 2 до 5, но може да има и значително по-големи стойности, напр. до 50. Това е възможно при въвеждането на нови иновационни автоматизирани технологии.

Ефектът от автоматизацията на дискретното производство е икономически и социален.

Икономическият ефект се получава в резултат на намалението на човешките ресурси при производството на определени изделия, на повишението на производителността и повишаване на качеството на изделията. Икономическият ефект може да се определи и в резултат на намалението на себестойността на произвежданата продукция.

Социалният ефект се изразява в намаляването на тежкия, монотонен и физически труд, често свързан с нездравословни условия на труд – замърсена среда, голям шум, ударни натоварвания, висока температура, радиоактивна среда и др.

Автоматизацията на дискретните производствени процеси е теоретико- приложно научно направление. То се е развило с развитието на науката и техниката. Повечето технологични, конструктивни, компоновъчни и експлоатационни параметри на автоматизиращата техника се избират на основата на теорията на производителността на машините, теорията на надеждността на машините, инженерната теория на икономическа ефективност, теория на автоматичното управление и регулиране, теорията за структурното изграждане на автоматизираща техника, комплексно системния подход, математическото моделиране и оптимизация и др.

Тази съвкупност представлява научно-теоретичните основи на автоматизацията. Тези теоретично-научни основи на автоматизацията на производството непрекъснато се обогатяват и разширяват. Развитието на автоматизацията на производството на съвременния етап е свързано с разширяването на асортимента от автоматизираща техника и с повишаване на нейните възможности. Търсят се ефективни решения за автоматизация на основата на многовариантност, предварително моделиране и изследване на автоматизираните системи преди тяхното реализиране. Особено актуален за автоматизацията е проблемът за правилната обективна оценка и внедряването на най-новите методи и средства за автоматизация при

съчетаване с традиционните. При усъвършенстването на съществуващата и при създаването на нова автоматизиращата техника все повече се използват съвременни математически методи, реализирани програмно и големите възможности на компютърната техника, която вече е обективна необходимост при инженерната дейност.

II. ОСОБЕНОСТИ ПРИ ПРИЛОЖЕНИЕТО НА ПРОМИШЛЕНИ РОБОТИ.

Промишлените роботи (ПР) са най често използваните средства за автоматизация. Те могат да се използват както за изпълнение на спомагателни операции, така и за изпълнение на технологични операции (заваряване, боядисване, монтаж, палетиране и др. [2, 3].

Промишлените роботи намират все по широко приложение не само в индустрията, но и в различни сфери на услугите, военното дело, здравеопазването, обслужване на възрастни хора и др.

Икономически мотив за развитие на роботиката е индустрията. Автоматизацията на производствените процеси и на производството на завършени изделия, налага използването на манипулиращи устройства (манипулатори) за преместване на заготовки, детайли инструменти и друга екипировка за организиране непрекъснатост на производствения процес. Автоматичните производствени линии на този етап са с твърдо програмно управление (гърбични механизми, прекъсвачи и др.) и това касае и манипулаторите. Манипулатори със сложна кинематика са използвани за манипулиране на радиоактивни материали и други, опасни за здравето на оператора.

Последните години се формира трето направление - роботи с изкуствен интелект. По аналогия с човешкия интелект се развива изкуствен интелект, който намира широко приложение, но много добре приляга на роботите. Нещо повече изпълва съдържанието на някои определения за робот като „железен човек“. Разбира се желязото и по-точно стоманите отдавна не са основен конструктивен материал за роботи. Освен това по много други показатели разликата е съществена.

Понастоящем водещите производители на роботи отделят все повече внимание на възможността ПР да бъдат използвани като многоосни CNC машини – за фрезови операции, шлайфане, полиране, лакиране и т. н. Точността на работа на такъв робот е от порядъка 0.1 – 0.4 mm. Има модели с гарантирана висока точност, която в сравнение със CNC машините е малка, но затова пък работната площ на един робот среден размер е от порядъка 4000/2000/1000 mm, а при роботите с удължена ръка се позволява разкрой на лист с размер 6000/3000 mm, което като работна площ е впечатляващо.

Роботите успешно могат да бъдат свързвани към други машини или автоматизирани линии (PLC системи) и да бъдат част от цялостна автоматизация на производствения цикъл. С възможности за добавяне на 3D скенер, машинно зрение или други външни сензори

ПР могат да поемат напълно разнообразни операции в непрекъснат 24 часов режим на работа.

За последните 10 години степента на автоматизация непрекъснато се увеличава. Това личи и от продажбите на промишлени роботи в световен мащаб, които са се увеличили около два пъти – от около 115 000 броя средно за периода 2005 - 2008 година, достигат до 229 261 робота, продадени през 2014 година. Основният пазар за роботи за 2014 година е Азия със 139 300 броя (с 41% увеличение от 2013 г.), водещ пред Европа – 45 600 броя (5% нарастване спрямо 2013 г.) и Америка с продажби от около 32 600 броя (8% повече продажби от 2013 г.). Общо 5 държави държат 70% от продажбите в световен мащаб: Китай, Япония, САЩ, Южна Корея и Германия. В Европа, след Германия, класацията по продажби за 2014 е, както следва: Италия – 6200 бр. (32% растеж), Франция – 3000 бр. (36% растеж), Испания – 2300 бр. (спад с 16% - поради предишни инвестиции в автомобилната индустрия), Великобритания – 2100 бр. и съответно Чехия, Полша и Турция.

За 2019 година общият брой на използвани роботи в света е около 1 800 000 броя [4, 5].

Използването на един ПР за обслужването на повече от една технологична единица (ТЕ) в индустрията е целесъобразно в редица случаи. По такъв начин се постига намаляване на срока на откупуване и се повишава годишният икономически ефект от внедряването на дадено решение. При проектирането на роботизирани технологични модули (РТМ) и роботизирани системи (РС) възниква необходимостта да се определи оптималният брой машини, обслужвани от един ПР. Най-често критерият за оптималност е минималните престои на ТЕ при максимално натоварване на ПР.

III. ОСНОВНИ ФАКТОРИ, ОКАЗВАЩИ ВЛИЯНИЕ ВЪРХУ ЕФЕКТИВНОСТТА НА РЕШЕНИЯТА ЗА АДП

Основните фактори, от които зависи автоматизацията на дискретните производствени процеси, са [3, 4]:

- Техническите характеристики на обектите за производство (форма, размери, маса, материал, физико-механични свойства и др.).
- Годишната производствена програма.
- Големината на партидите и честота на пренастройване.
- Вида на технологичния процес и изпълняваните операции.
- Вида на технологичните единици и работната им зона.
- Условията на производството.
- Изискванията за техника на безопасност и противопожарни изисквания.
- Санитарно-хигиенните изисквания.

- Специфичните особености на околната среда и др.

Качеството на автоматизиращата техника зависи от начина на проектиране, изработване и експлоатация. Всичко това рефлектира върху качеството на конструкциите на автоматизиращата техника. До голяма степен това качество зависи от заложените параметри и показатели на етапа на проектиране.

За да бъде ефективно едно решение за автоматизация, трябва да са налице следните предпоставки [7, 8]:

- Да позволява увеличение на производителността на машините и съоръженията.
- Да позволява подобряване на качеството на произвежданата продукция и намаляване на брака.
- Да бъде икономически изгодно, т.е. да се произвежда с по-малко човешки ресурси при минимум двусменен режим на работа.
- Да осигурява социален ефект, т.е. да се намалява вредният, тежкия и монотонен ръчен труд и значително да се намаляват трудовите злополуки и професионалните заболявания.
- Да има възможност за пренастройване на автоматизиращата техника за изпълнение на други производствени задания.
- Да работи автоматизиращата техника продължително време без намесата на работниците.
- Да позволява включването на решението в по-сложни автоматични системи.

Развитието на автоматизацията на дискретното производство минава през няколко характерни етапа:

- Автоматизиране на работния цикъл на технологичните единици.
- Автоматизиране на хранването на технологичните единици.
- Автоматизиране на хранването на технологичните единици с промишлени работи.
- Автоматизиране на транспорта между технологичните единици.
- Автоматизиране на складовите и палетизиращите операции.
- Автоматизиране на всички основни и спомагателни операции.
- Развитието на автоматизацията на дискретното производство минава през няколко характерни етапа:
- Автоматизиране на работния цикъл на технологичните единици.
- Автоматизиране на хранването на технологичните единици.

- Автоматизиране на хранването на технологичните единици с промишлени работи.
- Автоматизиране на транспорта между технологичните единици.
- Автоматизиране на складовите и палетизиращите операции.
- Автоматизиране на всички основни и спомагателни операции.

IV. СТЕПЕН НА АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНИ ПРОИЗВОДСТВЕНИ ПРОЦЕСИ

Степента на автоматизация показва каква част от процеса е автоматизирана, т.е. извършва се без участието на човека [1].

Степента на автоматизация А е един представителен показател, който може да служи за сравнение както при проектиране на автоматизираща техника, така и при оценяване развитието на икономиката у нас и в световен мащаб.

Когато се прави преглед на състоянието на автоматизацията обикновено се разглеждат видовете технологични операции и процеси у нас и в световен мащаб.

Дадени са степените на автоматизация в световен мащаб през 2016 година.

В световен мащаб в индустриално развитите страни се наблюдава повишаване на степенята на автоматизация, която понастоящем е както следва: Германия – 40 %; САЩ – 44 %; Япония – 54 % и др.

За последните 10 години степенята на автоматизация непрекъснато се увеличават.

Дадени са степените на автоматизация по процеси у нас и в световен мащаб през 2019 година [5].

От направените изследвания може да се направи следният анализ за степенята на автоматизация по процеси и години:

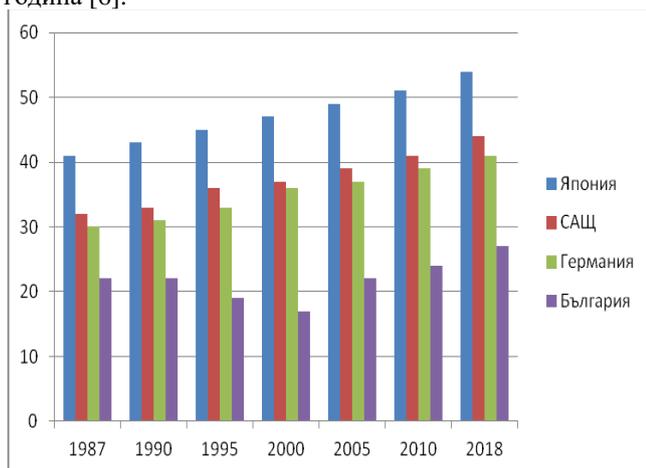
- Наблюдава се известно увеличение на степенята автоматизация за процесите в машиностроенето у нас, например за механообработващите процеси от 18 % през 1988 г. на 28 % през 2019 г.;
- В ХВП и при производството на строително-керамични изделия у нас се забелязва ръст за посочения период с около 14 % ;
- Във фармацевтичната промишленост у нас ръстът на степенята на автоматизация е около 15 % ;
- В дървообработващата и мебелната промишленост у нас ръстът е около 20 %[8]
- В световен мащаб в индустриално развитите страни се наблюдава повишаване на степенята на автоматизация, която понастоящем е както следва: Германия – 43 %; САЩ – 46 %; Япония – 57 % и др.[4,11].
- Степента на автоматизация на дискретните производствени процеси общо за индустрията у нас е около 28 %.

От направеният анализ се вижда, че степента на автоматизация на дискретните процеси у нас все още изостава в сравнение с тази в индустриално-развитите страни, с изключение на процесите в ХВП, фармацевтичната промишленост и производството на строителни и керамични изделия.

През последните няколко десетилетия индустриалните работи се развиха от невероятно скъпи машини с ограничени функции до модерни устройства с многостранно приложение. Те могат да изпълняват най-разнообразни дейности и имат висока възвращаемост на инвестициите.

Интегрирането на технологичните устройства, свързани с роботиката, вече е много по-просто и се извършва почти на принципа „plug and play“. Периферните устройства, различните модели работи и контролери са конструирани така, че да комуникират по-лесно помежду си. Тази съвместимост улеснява изграждането на по-надеждни и гъвкави системи от работи.

На фиг. 1 са дадени в графичен вид данните за степента на автоматизация през периода 1987 - 2018 година [6].



Фиг. 1. Степен на автоматизация в проценти

V. МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ "АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО"

През декември 1971 год. е проведена Национална конференция "Автоматизация на дискретното производство" в София. По същото време по инициатива на проф. Владимир Гановски е учредена секция "Автоматизация на дискретното производство" към Съюза по машиностроене при Централния съвет на НТС в България. За председател на секцията е избран проф. Владимир Гановски (по това време доцент). Цялата катедра АДП е активен член на секцията. Членовете на катедрата са инициатори и организатори за провеждането на редица конференции и симпозиуми.

През декември 1972 год. е проведена Първата Национална конференция с международно участие "Автоматизация на дискретното производство".

Втората Национална конференция с международно участие е проведена през ноември 1974 год. в Комплекс "Дружба" (понастоящем Св. Константин и Елена) - Варна.

През октомври 1976 год. се проведе национална конференция с международно участие в Курорт "Албена" - "Толбухин (сега Добрич). Тук участвах както членове на АДП, така и на АНП и др.

През септември 1977 год. в Пловдив се проведе семинар с международно участие "Механизация и автоматизация на монтажа".

Третата национална конференция с международно участие "АДП" се проведе през октомври 1978 год. в Комплекс "Дружба" (понастоящем Св. Константин и Елена) - Варна.

През септември 1979 год. в София се проведе научно техническа конференция на тема "Проблемни въпроси на автоматизацията на машиностроителното производство с участието на видни руски специалисти."

Четвъртата национална конференция с международно участие "АДП" се проведе през ноември 1980 год. в Пловдив.

През периода 1981 год. до 1996 год. са проведени още три конференции с международно участие "АДП".

От 1998 год. по инициатива на проф. Чакърски (ръководител на катедрата по това време) се проведе седмата Национална конференция с международно участие "Автоматизация на дискретното производство" в София.

От 1998 год. до този момент се провежда ежегодно Националната конференция с международно участие "Автоматизация на дискретното производство". всяка година извън София, предимно в почивната база на ТУ-София в гр. Созопол.

Две от конференциите АДП (шестнадесетата и седемнадесетата) се проведоха в Семково в почивната база на ТУ-София.

От 2012 год. 21-та конференция АДП е международна научно техническа конференция.

Предстоящо е провеждането на 29-та международна Научно техническа конференция през юни 2020 год. в гр. Созопол в рамките на дните на науката в ТУ-София.

На всяка от конференциите участват средно около 100 души - учени от техническите университети от България и от Европа, от Институтите на БАН, от фирми и организации от България, докторанти и студенти на катедра "АДП" при ТУ-София.

VI. ПОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТТА НА АВТОМАТИЗАЦИЯТА И РОБОТИЗАЦИЯТА НА ПРОИЗВОДСТВОТО

В република България първият промишлен робот ХУ е създаден от катедра АДП през 1973 г. Малко по късно бяха разработени от ЦНИИММ порталните работи от фамилията „Пирин“ с товароносимост 40, 80 и 160 kg. През 1974 г. бяха създадени автоматични линии за дискови детайли и за валове с използване на порталните работи. От 1979 г. започна серийното производство на портални промишлени работи в НПКР – Стара Загора. През 1977 г. е създадена гъвкавата манипулационна

система АДП 200 с товарносимост - 200 g, през 1979 г. АДП 1000 с товарносимост 1 kg и през 1980 г. АДП 10 000 с товарносимост 10 kg от катедра „АДП“. През 1982 г. е внедрена в Завода за правотокови двигатели „Г. Костов“ първата гъвкава автоматизирана производствена система (ГАПС) от ЦНИИММ. По това време започна производството на български роботи от фамилията „РБ 232“ в НПКР „Берое“ – Стара Загора. През 1985 г. по инициатива на катедра „АДП“ се обособи КАМ – Пловдив, който започна серийното производство на модули от гъвкавата манипулационна система „АДП 200“ и „АДП 1000“. Комбинатът се специализира по производството на монтажни автоматизирани работни места и автоматични линии. През осемдесетте години започнаха серийно производство на различни технически средства редица организации и предприятия, в т.ч. : „Победа“- Сливен – конвейри и транспортни системи; Комбинат „Н. Вапцаров“- Плевен - роботи за леярското и ковашко пресовото производство; БУД“ИНТРАНСМАШ“– София – автоматизирани складове; ИТКР – БАН – учебна роботика „РОБКО“ и др.

През последните години има значителни постижения в областта както на индустриалната автоматизация, така и в различни сфери, в т.ч. мобилна роботика, медицина, военното дело, административните услуги и обслужването на гражданите, обслужване на възрастни и болни хора, в земеделието, космоса и др.

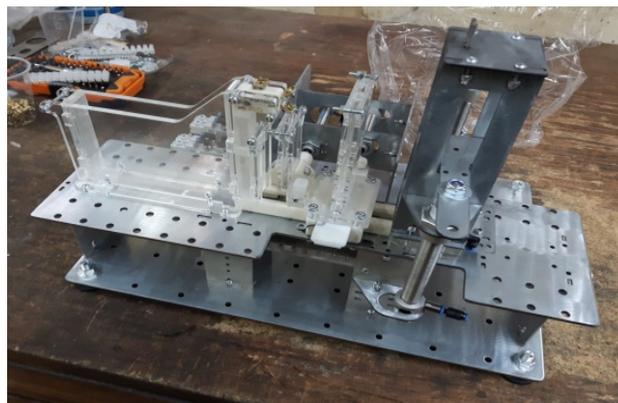
Катедра “Автоматизация на дискретното производство” в своето 50 годишно развитие има редица успехи както в образованието, така и в науката и практиката. Катедрата е разработила и внедрила над 160 научно-изследователски проекта, повечето от които са предадени на потребителите “под ключ”. Особено значими са успехите при автоматизацията на производството и монтажа на малки детайли и изделия.

От катедра АДП са подготвени са над 2350 инженери и са повишили квалификацията над 2800 специалисти от производствената практика. Издадени са общо 88 книги, учебници и учебни пособия. Успешно са защитили и са получили научна степен "доктор"69 души. Създадени и са обновени 13 лаборатории, в които се провежда учебен процес и се извършва научно-изследователска работа. Разработени са над 160 научно-изследователски проекти, като над 80 % от тях са внедрени в инженерната практика, а останалите в учебния процес.

Под ръководството на преподаватели от катедра АДП успешно са защитили 72 докторанти, които са получили образователна и научна степен доктор през периода 1970-2015 година. През последните пет години успешно са защитили 7 докторанти.

Студенти от катедра АДП участват активно в създаването на прототипи на автоматизирани комплекси, които се използват в обучението.

Докторанти от катедра АДП извършват научни изследвания, като създават действащи автоматизирани комплекси, които се използват както в учебния процес, така и в индустрията (фиг.2 и фиг. 3).



Фиг. 2. Авточатирирана система за монтаж на лустър клеми - създадена от докторанта Николай Петров

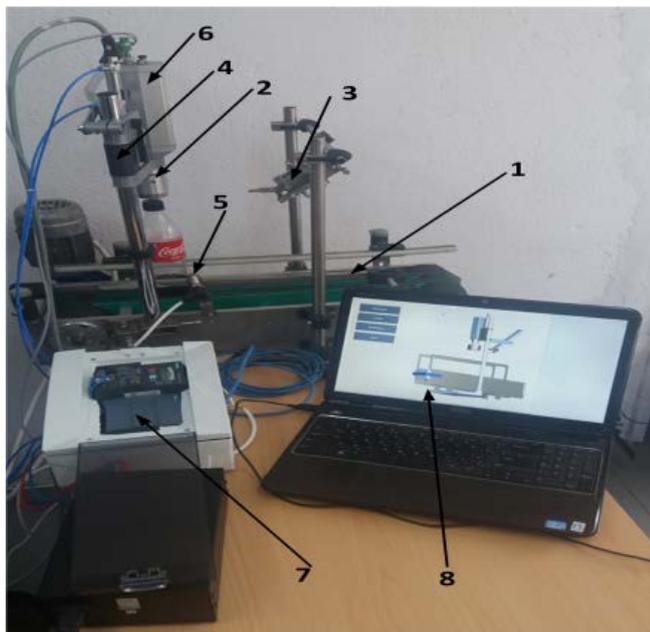
Значителни са постиженията в областта на мобилната и сервизната роботика на Института по роботика при БАН. Той има две основни лаборатории [1]:

Лаборатория: Научна лаборатория по сервизна роботика №118/II бл.

Лабораторията е оборудвана с електронноизмервателна апаратура и лабораторни стендове по дисциплините „Роботи и манипулатори“ и „Сервизна роботика“. Лабораторията разполага с два сервизни робота РОБКО 11 и РОБКО 12, програмируеми контролери, измервателни микроскопи, системи за разпознаване на образи тип KINEKT, компютърна техника за експериментиране на студентите с достъп до Интернет, стабилизирани захранвания, мултицети и др. Учебната лаборатория разполага с сканиращ лазерен сензор и измервателна система за събиране на данни в реално време и обработката им чрез специализиран софтуер, вградена в робота РОБКО 12, което осигурява възможността за работа на докторантите в областта на програмиране на роботите, измервателната електротехника и динамични изследвания на поведението на сервизните роботи в неподредена изменяща се среда.

Научна лаборатория по индустриална роботика.

Лабораторията е оборудвана с електронноизмервателна апаратура и лабораторни стендове по дисциплините „Роботи и манипулатори“ и „Автоматизирани производствени системи“. Лабораторията разполага с три промишлени монтажни роботи PEM10-32 тип SCARA, манипулатори, гъвкави автоматизиращи модули, други средства за автоматизиране на производствените процеси, Видео системи с възможност за разпознаване на образи, Сензорна система за анализ на напрегнатото състояние на механичните конструкции на манипулатори и роботи, Система за реализиране на тактилна чувствителност при роботите и др. Извършват се изследвания в областта на токозахранващите устройства за роботи, системите за непрекъсваемо електрозахранване и автоматизирани роботизирани производствени системи.



Фиг.3 Авточатирирана система за завинтвяране на съдове с винтови капачки - създадена от докторанта Слав Димитров

- [7] Шехтов Х. Нашият опитв разработването на системи за управление на автоматизирани манипулатори и линии със съвременни за времето на тяхното създаванетехнически средства. Известия на НТС по машиностроене, Год. XXVI, бр.3/224, юни 2018.
- [8] Шехтов Х. Проектиране на автоматизирани съоръжение линии за малки и средни мебелни предприятия.Сп. Автоматизация на дискретното производства. Бр. 1, юни 2019.

VII. Изводи

- Систематизирани са особеностите на автоматизацията и роботизацията на производството.
- Изследвана е степента на автоматизация у нас и в чужбина.
- Определени са факторите за ефективна автоматизация.
- Разгледани са постиженията в областта на автоматизацията и роботизация на производството.
- Посочени са постиженията на катедра АДП през 50 годишния период от нейното създаване.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Захариев Р., Н. Вълчкова, Перспективи за развитие на сервизен робот «робко 11», чрез повишаване на мобилността и манипулативността му, за помощ на хора в неравностойно положение. Известия на НТС по машиностроене, Год. XXIV, бр.14/200, юни 2016.
- [2] Чакърски, Д., Т. Вакарелска, Автоматизиращи устройства. Част 1. Ръководство за курсово проектиране, С., Издателство на ТУ, 2004.
- [3] Чакърски Д., Г. Хаджикосев. Автоматизация на дискретното производство. Издателство на ТУ-София, 2008.
- [4] Чакърски Д. Състояние и развитие на автоматизацията и роботизацията на производството. Известия на НТС по машиностроене, Год. XXV, бр.2/217, юни 2017.
- [5] Чакърски Д. Минало, настояще и бъдеще на автоматизацията и роботизацията на производството. Сп. АДП, бр.1, юли 2019.
- [6] Шехтов Х. Система за автоматично управление на работата на пакетформиращо съоръжение-манипулатор. Известия на НТС по машиностроене, Год. XXV, бр.2/217, юни 2017.

АЛГОРИТЪМ ЗА СИНТЕЗИРАНЕ НА МАТРИЦА НА ПРИЛОЖИМОСТ ПРИ ОПТИМИЗАЦИЯ НА РАЗМЕРНИТЕ РЕДОВЕ НА ТЕХНИЧЕСКИ СРЕДСТВА ЗА АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ЛЕЯРСКОТО ПРОИЗВОДСТВО

Иво Малаков
Технически университет - София
София, България
e-mail: ikm@tu-sofia.bg

Резюме: В доклада е предложен инструментариум за формализирано представяне на възможностите на технически средства за автоматизация на леярското производство, елементи на размерни редове, за алтернативно удовлетворяване на полетата с потребности чрез синтезиране по оригинален алгоритъм на т.нар. матрица на приложимост и декомпозирането ѝ на локални матрици. Матрицата на приложимост служи за основа на разработването на алгоритми за решаване на задачи за избор на оптимален размерен ред при отсъствие на ограничения върху основните параметри на изделията.

Ключови думи: оптимизация, размерни редове, средства за автоматизация, леярско производство, алгоритъм

I. УВОД

Значителна част от техническите средства за автоматизация (ТСА) на спомагателните процеси и операции в леярското производство (дозирание и хранене с разтопен метал; изваждане, охлаждане и контрол на отливката; обдухване и обмазване на пресформата; почистване и палетизиране на отливките и др.) са серийно произвеждани изделия в размерни редове или са изградени от елементи на размерни редове – промишлени роботи и манипулатори, модули за трансляция и ротация, хващащи устройства, пръскащи глави, дозиращи лъжичи и др. [1], [2].

Разработването и производството на размерни редове от изделия намалява до минимум обусловените от разнообразието разходи, тъй като всички елементи (типоразмери) на един размерен ред се базират на използване на еднаква идея, структура, материали и производствени методи [3].

За създаване и производство на изделия, елементи на размерни редове, са необходими значителни първоначални инвестиции и време [4], а ефективността от приложението им зависи съществено от многообразието на предлаганите типоразмери. Неправилният и необоснован избор на размерен ред често води до неоправдано пренасищане на някои диапазони на основните параметри с голям брой типоразмери, докато в други този брой е много ограничен. Според изследване на Wildemann [5], двойното увеличаване на броя на типоразмерите в зоните на пренасищане, увеличава разходите за едно

изделие с 20 до 35%. Възможен е и случаят за предлагане на редове с еднаква гъстота на елементите, които не са съобразени с изискванията на пазара. Това налага, в областите с необходимост (потребност) от голяма гъстота, използването на най-близките по-големи типоразмери. Тази замяна води до увеличаване на габаритните размери, масата и стойността на изделията, увеличаване на площта, влошаване на условията на обслужване и др., т.е. до нарастване на допълнителните разходи за потребителите и намаляване на икономическата ефективност от приложението на размерния ред. Това може да доведе до загуба на пазари за производителите.

Ето защо постигането на добри икономически резултати както в сферата на производство, така и в областта на потребление налага прецизно и научнообосновано определяне на включените в редовете елементи, т.е. на решаване на задачата за избор на оптимален размерен ред, който при удовлетворяване на всички потребности по отношение на вид и количество оптимизира избрана целева функция при зададени ограничения [6].

Една от характерните особености на ТСА на леярското производство е възможността за алтернативно изпълнение на полетата със заявки от елементите на размерните редове, която произтича от отсъствието на ограничения върху стойностите на основните им параметри. Тази особеност води до затруднения при генерирането на възможните начини за удовлетворяване на потребностите и последващото им оценяване [6], [7].

Анализът на известни разработки показва, че отсъства инструментариум за подпомагане избора на оптимален размерен ред на ТСА при възможност за алтернативно удовлетворяване на полетата с потребности [8] - [12].

Целта на настоящия доклад е да се разработи инструментариум, който да подпомогне генерирането на възможните начини за удовлетворяване на полетата с потребности при избора на оптимален размерен ред на ТСА при отсъствие на ограничения върху стойностите на основните параметри на елементите на размерните редове.

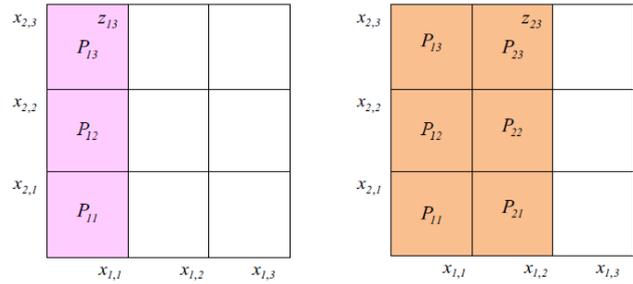
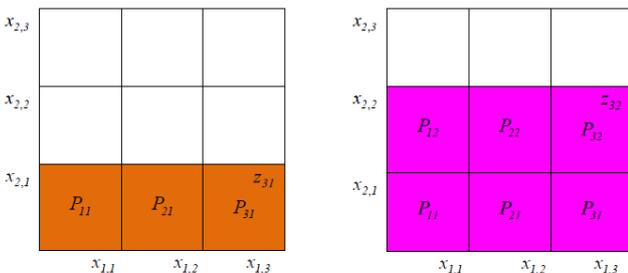
II. АЛГОРИТЪМ ЗА ПОСТРОЯВАНЕ НА МАТРИЦА НА ПРИЛОЖИМОСТ ПРИ ОТСЪСТВИЕ НА ОГРАНИЧЕНИЯ ВЪРХУ СТОЙНОСТИТЕ НА ОСНОВНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ТИПОРАЗМЕРИТЕ

С цел по-голяма яснота на изложението, без да се нарушава общата валидност на резултатите, ще се разгледа двупараметрична задача, $w = 1, 2$, при която $\bar{M}_w = 3$, т.е. всеки един от двата основни параметъра на изделието може да заема три различни стойности $x_w \in X_w = \{x_{w,1}, x_{w,2}, x_{w,3}\}$, $w = 1, 2$. Елементите на множествата $X_w = \{x_{w,1}, x_{w,2}, x_{w,3}\}$, $w = 1, 2$, са подредени по нарастване на техните стойности.

Освен това отсъстват ограничения върху стойностите на основните параметри и на приложимостта на изделията, израждащи размерните редове, т.е. всеки типоразмер $z_{m_1 m_2} = \{x_{1,m_1}, x_{2,m_2}\}$, $m_1, m_2 \in \{1, 2, 3\}$, може да се използва за удовлетворяване на всяка от заявките във всички полета с потребности P_{p_1, p_2} , $p_1, p_2 \in \{1, 2, 3\}$, за които стойностите на параметрите им са по-малки или равни на съответните параметри на конкретния типоразмер. Тъй като елементите на множествата $X_w = \{x_{w,1}, x_{w,2}, x_{w,3}\}$, $w = 1, 2$, са подредени по нарастване на техните стойности е достатъчно да се сравняват съответните индекси на изделията и полетата. Следователно всеки типоразмер $z_{m_1 m_2} = \{x_{1,m_1}, x_{2,m_2}\}$ може да удовлетвори потребностите в полетата P_{p_1, p_2} , за които:

$$m_1 \geq p_1 \wedge m_2 \geq p_2, \forall m_1, m_2 \in \{1, 2, 3\}, p_1, p_2 \in \{1, 2, 3\}$$

Например изделие $z_{11} = \{x_{11}, x_{21}\}$ може да се използва за удовлетворяване на потребностите в поле P_{11} , изделие $z_{21} = \{x_{12}, x_{21}\}$ в полета P_{11} и P_{21} , изделие $z_{31} = \{x_{13}, x_{21}\}$ в полета P_{11} , P_{21} и P_{31} и т.н. На Фиг. 1 са показани зоните на приложимост на някои изделия - z_{31} , z_{32} , z_{13} , z_{23} . Всяка зона включва определени полета, които са маркирани с еднакъв цвят, характерен за всяко изделие.



Фиг. 1. Зони на приложимост.

Стъпка 1. Построява се таблицата на потребностите $\|P_{m_1, m_2}\|_{M_1 \times M_2}$, $m_1 \in \{1, 2, \dots, M_1\}$, $m_2 \in \{1, 2, \dots, M_2\}$. Елементите ѝ представляват означенията на съответните полета с потребности (Фиг. 2). Например полето P_{11} включва потребности от изделия със стойности на основните параметри в границите $(0, x_{1,1}]$ и $(0, x_{2,1}]$, които могат да се удовлетворят от изделие $z_{11} = \{x_{11}, x_{21}\}$; полето P_{21} включва потребности от изделия със стойности на основните параметри в границите $(x_{1,1}, x_{1,2}]$ и $(0, x_{2,1}]$, които могат да се удовлетворят от изделие $z_{21} = \{x_{12}, x_{21}\}$; полето P_{31} включва потребности от изделия със стойности на основните параметри в границите $(x_{1,2}, x_{1,3}]$ и $(0, x_{2,1}]$ които могат да се удовлетворят от изделие $z_{31} = \{x_{13}, x_{21}\}$; полето P_{12} включва потребности от изделия със стойности на основните параметри в границите $(0, x_{1,1}]$ и $(x_{2,1}, x_{2,2}]$, които могат да се удовлетворят от изделие $z_{12} = \{x_{11}, x_{22}\}$, и т.н.

| | | | | |
|-------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | $x_{2,3}$ | z_{13} P_{13} | z_{23} P_{23} | z_{33} P_{33} |
| | $x_{2,2}$ | z_{12} P_{12} | z_{22} P_{22} | z_{32} P_{32} |
| | $x_{2,1}$ | z_{11} P_{11} | z_{21} P_{21} | z_{31} P_{31} |
| m_2 | | $x_{1,1}$ | $x_{1,2}$ | $x_{1,3}$ |
| m_1 | | 1 | 2 | 3 |

Фиг. 2. Таблица на потребностите.

Стъпка 2. Построява се матрицата на приложимост $C_{n \times n} = \|c_{i,j}\|_{n \times n}$, $n = M_1 \times M_2$, показана на Фиг. 3. Всеки стълб в нея съответства на определено поле с потребности, като първият стълб съответства на поле P_{11} , вторият на поле P_{21} , третият на поле P_{31} , четвъртият на поле P_{12} , петият на поле P_{22} и т.н. Всеки ред съответства на определен типоразмер изделие, като първият ред съответства на изделието z_{11} , вторият на z_{21} , третият на z_{31} , четвъртият на z_{12} и т.н. За

определяне на съответствията се ползва таблицата на потребностите (Фиг. 2), която се обхожда по редове от ляво на дясно, започвайки от първия ред нагоре.

Всеки елемент на матрицата на приложимост (МП) е множество от индексите $c_{i,j} = \{m_1, m_2\}$ на изделие $z_{m_1 m_2} = \{x_{1m_1}, x_{2m_2}\}$, което може да удовлетвори съответното поле с потребности P_{p_1, p_2} . Това са такива изделия, чиито стойности на основните параметри са не по-малки от съответните стойности на характеристиките на полето. Запълването на редовете на МП може да се извърши по два начина по стълбове или по редове.

При първия начин елементите на МП се запълват по стълбове като се започва от най-горния елемент във всеки стълб, т.е. определят се изделията, които могат да удовлетворят потребностите в съответното поле. Тъй като елементите на множествата $X_w = \{x_{w,1}, x_{w,2}, x_{w,3}\}$, $w = 1, 2$, са подредени по нарастване на техните стойности е достатъчно да се сравняват съответните индекси на изделията и полетата, т.е. в случая всеки от индексите на изделията трябва да бъдат не по-малки от съответните индекси на полето:

$$m_1 \geq p_1 \wedge m_2 \geq p_2, \forall m_1, m_2 \in \{1, 2, 3\}, \\ p_1, p_2 \in \{1, 2, 3\}$$

Ако тези условия са изпълнени, то на елемента от МП се присвояват стойностите на съответните индекси на изделието, в противен случай елементът остава празен. Например първият стълб, съответстващ на полето P_{11} , включва индексите 11, 21, 31, 12, 22, 32, 13, 23 и 33 на изделия, които отговарят на горното условие; вторият стълб, съответстващ на полето P_{21} , включва индексите 21, 31, 22, 32, 23 и 33 и т.н.

При втория начин запълването на елементите се извършва по редове, т.е. определят се полетата с потребности, които могат да се удовлетворят от съответното изделие. За целта се сравняват индексите на изделието, съответстващо на определен ред, и индексите на полетата. В случая всеки от индексите на полетата трябва да бъде не по-голям от съответният индекс на изделието. Ако тези условия са изпълнени, то на елемента от матрицата на приложимост се присвояват съответните индекси на изделието, в противен случай елементът остава празен. Например първият ред, съответстващ на изделието z_{11} , има само един елемент 11, поставен в стълб, който съответства на поле, чиито индекси отговарят на горното условие, на втория ред това са два елемента 21, които съответстват на полета, чиито индекси отговарят на горното условие т.н.

| | j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| i | | P_{11} | P_{21} | P_{31} | P_{12} | P_{22} | P_{32} | P_{13} | P_{23} | P_{33} |
| 1 | z_{11} | 11 | | | | | | | | |
| 2 | z_{21} | 21 | 21 | | | | | | | |
| 3 | z_{31} | 31 | 31 | 31 | | | | | | |
| 4 | z_{12} | 12 | | | 12 | | | | | |
| 5 | z_{22} | 22 | 22 | | 22 | 22 | | | | |
| 6 | z_{32} | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | | | |
| 7 | z_{13} | 13 | | | 13 | | | 13 | | |
| 8 | z_{23} | 23 | 23 | | 23 | 23 | | 23 | 23 | |
| 9 | z_{33} | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |

Фиг. 3. Матрица на приложимост.

Стъпка 3. В матрицата на приложимост се формират локални матрици на приложимост (ЛМП). Всяка ЛМП е триъгълна матрица, която представя възможностите за удовлетворяване на полетата с потребности, разположени на един ред в таблицата на потребностите от съответните изделия, намиращи се на един ред в същата таблица (Фиг.2). Край.

Например на Фиг. 4 е показана ЛМП, която представя възможностите за удовлетворяване на полетата с потребности P_{11} , P_{21} и P_{31} от първия ред на таблицата на потребностите от изделията z_{11} , z_{21} и z_{31} , намиращи се на първия ред на същата таблица. На фиг. 5 друга ЛМП, която представя възможностите за удовлетворяване на полетата с потребности P_{11} , P_{21} и P_{31} от първия ред на таблицата на потребностите от изделията z_{12} , z_{22} и z_{32} , намираща се на втория ред и т.н.

| | j | 1 | 2 | 3 |
|-----|----------|----------|----------|----------|
| i | | P_{11} | P_{21} | P_{31} |
| 1 | z_{11} | 11 | | |
| 2 | z_{21} | 21 | 21 | |
| 3 | z_{31} | 31 | 31 | 31 |

Фиг. 3. Локална матрица на приложимост.

| | j | 1 | 2 | 3 |
|-----|----------|----------|----------|----------|
| i | | P_{11} | P_{21} | P_{31} |
| 4 | z_{12} | 12 | | |
| 5 | z_{22} | 22 | 22 | |
| 6 | z_{32} | 32 | 32 | 32 |

Фиг. 4. Локална матрица на приложимост.

На Фиг. 6 са показани формираните ЛМП в матрицата на приложимост от Фиг. 3.

| | j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| i | | P_{11} | P_{21} | P_{31} | P_{12} | P_{22} | P_{32} | P_{13} | P_{23} | P_{33} |
| 1 | z_{11} | 11 | | | | | | | | |
| 2 | z_{21} | 21 | 21 | | | | | | | |
| 3 | z_{31} | 31 | 31 | 31 | | | | | | |
| 4 | z_{12} | 12 | | | 12 | | | | | |
| 5 | z_{22} | 22 | 22 | | 22 | 22 | | | | |
| 6 | z_{32} | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | | | |
| 7 | z_{13} | 13 | | | 13 | | | 13 | | |
| 8 | z_{23} | 23 | 23 | | 23 | 23 | | 23 | 23 | |
| 9 | z_{33} | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |

Фиг. 6. Матрица на приложимост с формирани ЛМП.

След построяване на Матрицата на приложимост (МП) и формиране на Локалните матрици на приложимост (ЛМП) се генерират всички възможни размерни редове и начини за удовлетворяване на полетата с потребности. Резултатите се записват в Таблица на възможните варианти (ТВВ), имаща вида, показан на Фиг. 7. Във всяка клетка на ТВВ се намират индексите на типоразмера, който удовлетворява потребностите в съответното поле.

| № | P_{11} | P_{21} | P_{31} | P_{12} | P_{22} | P_{32} | P_{13} | P_{23} | P_{33} | Брой типоразмери |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | | |

Фиг. 7. Примерна Таблица на възможните варианти (ТВВ).

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработен е инструментариум за формализирано представяне на възможностите на технически средства за автоматизация на лаярското производство, които са елементи на размерни редове, за алтернативно удовлетворяване на полетата с потребности чрез синтезиране по оригинален алгоритъм на т.нар. матрица на приложимост и декомпозирането ѝ на локални матрици. Предложеният инструментариум се прилага за генериране на всички възможни размерни редове и начини за удовлетворяване на полетата с потребности при решаване на задачи за оптимизация типажа, характеризиращи се с отсъствие на ограничения върху стойностите на основните параметри на изделията.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работата е подкрепена от Европейския фонд за регионално развитие в рамките на Оперативна програма "Наука и образование за интелигентен растеж 2014 - 2020" в рамките на проекта ЦВП "Национален център по мехатроника и чисти технологии" BG05M2OP001-1.001-0008.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

[1] В. Гановски, Т. Нешков, И. Бояджиев, В. Станков, Л. Клочков, Б. Монов, Е. Соколов, Автоматизация на производствените процеси с манипулатори и роботи. Техника, София, 1985.

[2] Д. Чакърски, Т. Вакарелска, В. Станков, А. Райков, Промислени роботи, роботизирани технологични модули и системи. МП на ТУ-София, София, 2003.

[3] M. Zhang, M. Tseng, A product and process modeling based approach to study cost implications of product variety in mass customization. IEEE Transactions on Engineering Management, 54 (1), 2007, pp. 130-144.

[4] В. Гановски, И. Бояджиев, Т. Нешков, Ц. Цветков, Механизация и автоматизация на монтажните процеси в машиностроенето. София, Техника, 1986.

[5] H. Wildemann, Komplexitätsmanagement: Vertrieb, Produkte, Beschaffung, Muenchen, TCW Transfer-Centrum, 2000.

[6] И. Малаков, Оптимизация на размерни редове на технически средства за автоматизация на дискретното производство. Дисертационен труд за придобиване на научната степен „Доктор на науките“. София, 2020.

[7] И. Малаков, Класификация на задачите за избор на оптимален размерен ред на технически изделия. Научни известия на НТС по Машиностроене, Година XXVI, Бр. 3/224, ISSN 1310-3946, 2018, с. 12-20.

[8] Т. Зангиев, А. Стрекозов, Оптимизация размерного ряда электромагнитов постоянного тока. Научные труды КубГТУ, N 16, 2016

[9] А. Приймаков, А. Устиненко, Г. Приймаков, Новый метод построения конструктивно-унифицированного ряда силовых волновых редукторов для машиностроения Украины. Механика та машинобудування, N 1, 2010.

[10] T. Kipp, D. Krause, Computer aided size range development – data mining vs. optimization. Eds.: Norell Bergendhal, M., Grimheden, M., Leifer, L., Skogstad, P., Lindemann, U. Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design, Vol. 4, Product and Systems Design, pp. 179-190, Palo Alto, CA, USA, 2009.

[11] J. Lotz, Beherrschung von Unsicherheit in der Baureihenentwicklung. Dissertation, Darmstadt, 2018.

[12] T. Simpson, J.R.A. Maier, F. Mistree, Product platform design: Method and application. Research in Engineering Design 13(1), 2001, pp. 2-22.

METHOD FOR DESIGN OF SPECIAL MECHATRONIC DEVICES AND SYSTEMS

Reneta Dimitrova
Faculty of Mechanical Engineering
Technical University
Sofia, Bulgaria
e-mail: rkd@tu-sofia.bg

Martin Kambushev
Aviation Faculty, Bulgarian Air Force
Academy, Dolna Mitropolia, Bulgaria
e-mail: m_kambushev@yahoo.com

Stefan Biliderov
Aviation Faculty, Bulgarian Air Force
Academy, Dolna Mitropolia, Bulgaria
e-mail: biliderow_ss@yahoo.com

Summary: Special mechatronic devices and systems are designed to work in specific conditions and are adapted to a specific type of operation. They work on a strictly defined program and perform simple operations. As they also have all the necessary safety requirements. The purpose of this study is to propose a method for the design of special mechatronic devices (SMD) and systems. To achieve this goal certain stages in the design process are proposed each of which is characterized by its own peculiarity.

Key words: special mechatronic devices, design, method.

I. INTRODUCTION

Automation devices (AD) and systems play a key role in effective process automation. They provide an opportunity for automation of existing machines and equipment as well as for the design of new highly automated complexes. AD and systems are constantly being improved and their capabilities are expanding. It is necessary for each technological process, which is the basis of automation to take into account the specifics and relevant requirements of production [2, 3, 4].

II. CLASSIFICATION OF SMD AND SYSTEMS

Fig.1 shows an exemplary classification of SMD depending on the specifics of work.

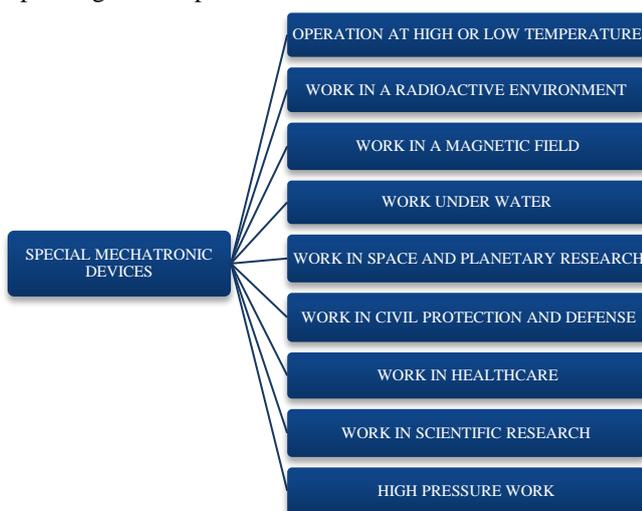


Fig. 1. Classification of SMD

III. METHOD FOR DESIGN OF SMD AND SYSTEMS

SMD design is a complex type of creative activity that includes science; mathematics; intuition and art. Perhaps the

most important in the design is the technical proposal when all the basic and structural solutions are formed an analysis of the main functions of the SMD is made. The method with the main stages in the design of SMD is proposed in fig.2.

A. Analysis of the purpose of SMD

This is a very important stage in the development of methodology for the design of SMD and systems, because all subsequent studies depend on the purpose of the SMD (operating environment, temperature, pressure, specific factors, special application, etc.).

Once the specifics of the purpose and areas of application are clarified it is necessary to make some preliminary calculations that give an idea of the load on the mechatronic devices and the level of their operation. The primary parameters are: t_w - time for total duration of work; t_c - cycle time; t_i - idle time; q - number of positions in the mechatronic systems; $t_{i,ts,z}$ - time for extra cyclic losses for structural reasons. The number of primary parameters can increase with the expansion of mathematical models.

There are different mechatronic devices and combinations of them that perform various functions. For each developed variant an analysis of the main functions of the devices that make up the system is made. Therefore, this stage is essential in the design of SMD and systems. When the main functions of the mechatronic devices do not correspond to the set task, there is a return to the previous stage and other more suitable variants of SMD and systems are developed. With a positive result from the analysis of the main functions i.e. they perform the set functions, proceed to the next stage.

After determining the main functions of mechatronic devices their main parameters is determined i.e. they must meet a number of conditions: high reliability, performance, autonomy, unification and typification, compatibility, stability, compactness, etc.

The quality of the automation equipment depends on the way of design, manufacture and operation. All this reflects on the quality of the constructions of SMD. To a large extent this quality depends on the set parameters and indicators of the design stage.

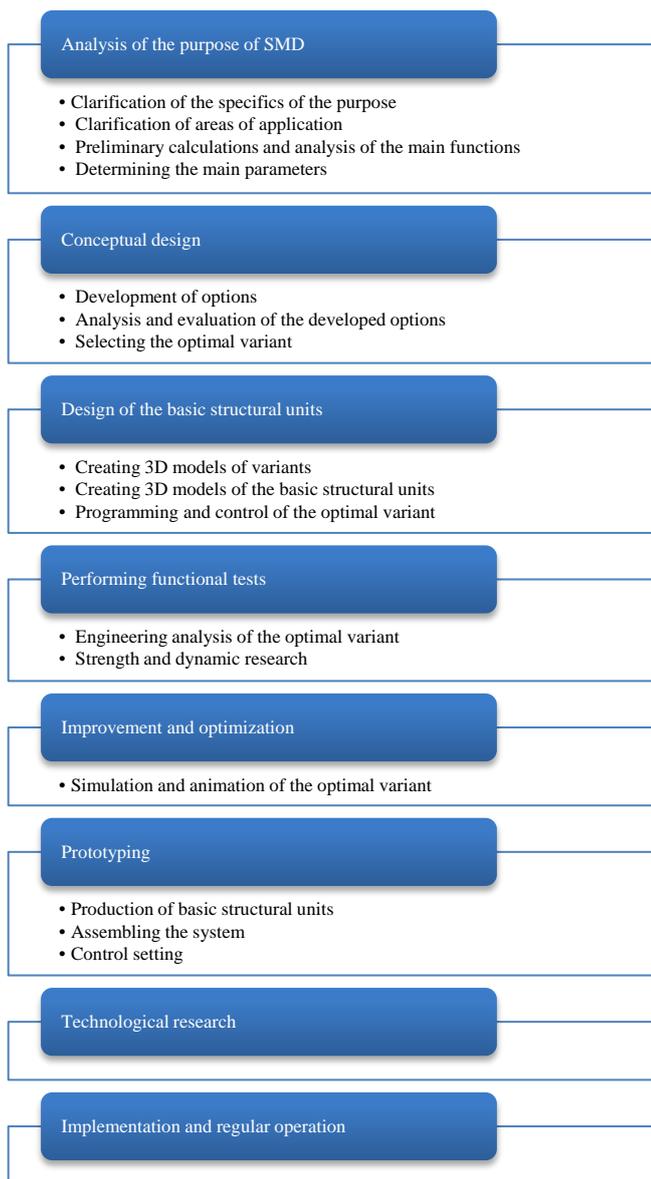


Fig. 2. Basic stages for designing SMD

After the preliminary calculations and the determination of the main parameters of the SMD we move on to the next stage of the method for automating the flow of details i.e. conceptual design.

B. Conceptual design

Once the characteristics and basic parameters of SMD and systems are known we move on to the next stage of the proposed method namely the development of different variants of SMD and systems for a specific site.

After developing possible solutions with the help of certain criteria the options are reduced to a few possible for the specific task i.e. not all developed possible solutions are suitable for specific conditions. Then an analysis and evaluation of the developed options is made. Here the analysis of the following main indicators should be made:

- Q – Cyclic productivity
- R – Reliability
- A – Degree of automation
- G – Degree of flexibility
- EI – Economic indicators

The question is whether the designed mechatronic devices are suitable for the specific task? When the designed mechatronic devices meet the requirements set in the specific task we move on to the next stage. And if they do not respond, then there is a return and development of new variants of SMD. The second question is whether the designed mechatronic devices satisfy the specific task? Different mechatronic devices have different indicators therefore if the results satisfy the set conditions of the specific task we move on to the next stage. If they do not satisfy then there is a return to the stage of developing new variants of SMD.

When choosing the optimal variant it is necessary to make a complete assessment of the different variants of SMD and to choose the optimal one for the set task from all possible ones i.e. the one that best satisfies the specific conditions. This can be done by the already known methods: "scoring method" and "dimensionless coefficient method". Qualitative analysis determines the advantages and disadvantages of the individual options [2, 3, 4].

C. Design of the basic structural units

The creation of 3D models is a very important stage of the method for designing SMD and systems as based on the 3D model it is possible to clearly see what the actually designed SMD and system will look like. Precision is also needed in the creation of 3D models of the basic structural units as well as in the design of the control and programming of SMD and systems.

D. Performing functional tests

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.

E. Improvement and optimization

The simulation and animation of the 3D model shows the action and each movement of the real SMD before its creation this allows increasing the adequacy of the system [1, 8].

Development of 2D constructive documentation - after the stages of creation, analysis, simulation and animation of the 3D model have been passed working 2D documentation is made. This is also a very important stage because every single detail is made and assembled on it.

F. Prototyping

G. Technological research

The prototype of the SMD is put into normal operation and the correct course of the technological process for which it is developed is monitored. This stage is related to the selection of the optimal option for the specific conditions.

H. Implementation and regular operation

In the initial stage of operation the parameters of the system are monitored and if necessary measures are taken to increase the adequacy of the system.

IV. EXAMPLES OF DESIGNED SMD AND SYSTEMS

A. SMD for engraving on flat surfaces

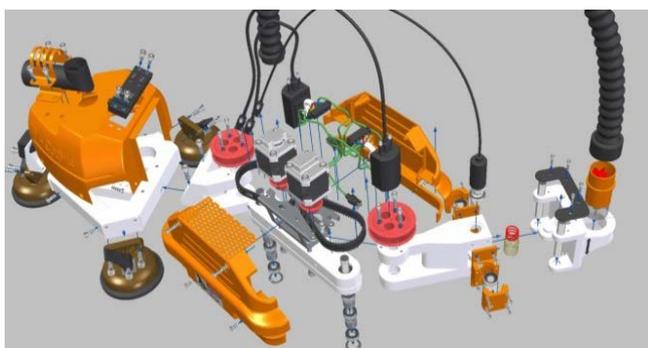
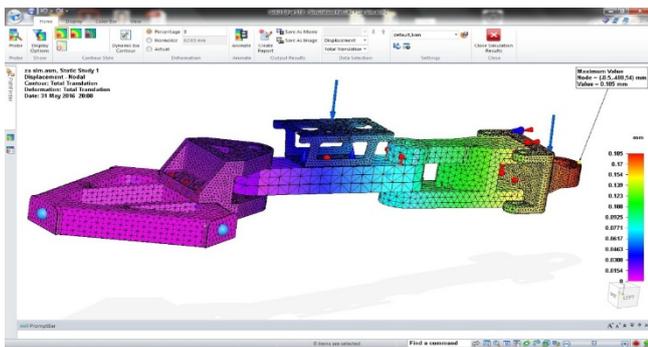


Fig. 3. SMD for engraving

B. SMD for playing chess

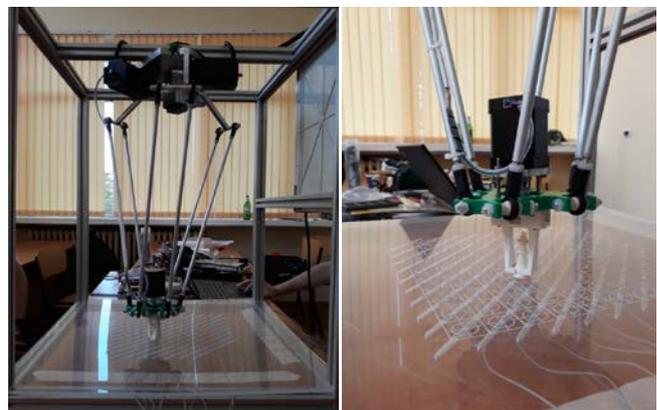
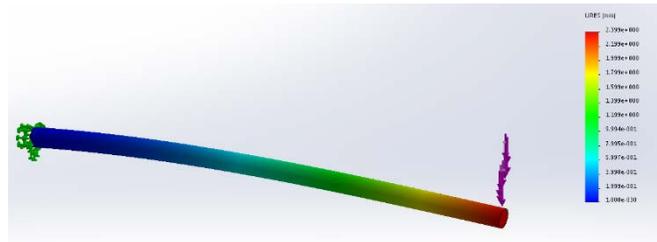
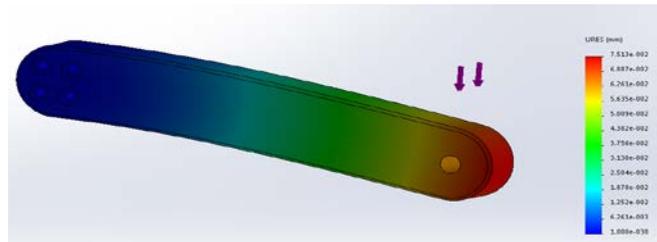
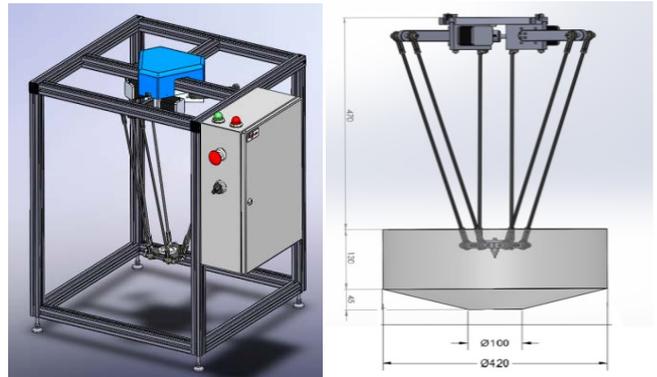
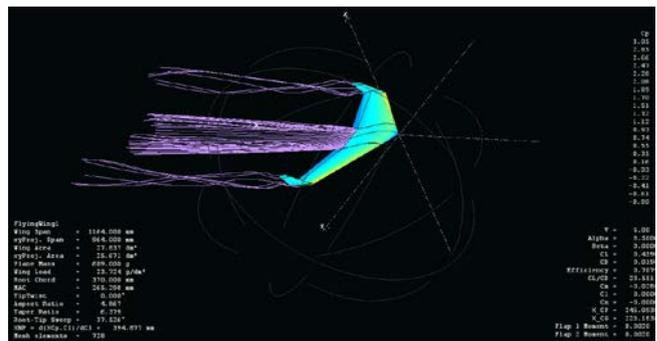


Fig. 4. SMD for playing chess



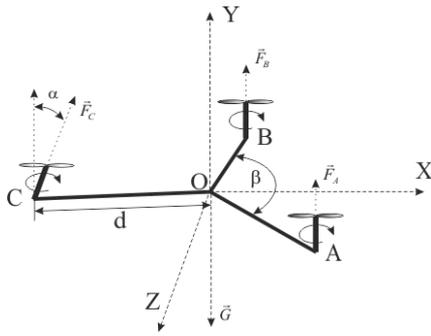


Fig. 6. SMD Tricopter

REFERENCES

- [1] 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.
- [2] R. Dimitrova, Typical effective solutions for automating the flow of small details - dissertation, Sofia, 2008, [Р. Димитрова, Типови ефективни решения за автоматизиране потока на малки детайли – дисертация, София, 2008].
- [3] R. Dimitrova, A. Krastina, Methodology for design of supply positions of systems for automatic installation of small parts., XXI ISTC ADP-2012, ISSN 1310 3946, Sozopol, pp. (180-185), 2012, [Р. Димитрова, А. Кръстина, Методика за проектиране на захранващи позиции на системи за автоматичен монтаж на малки детайли., XXI МНТК АДП-2012, ISSN 1310 3946, Созопол, стр. (180 - 185), 2012].
- [4] R. Dimitrova, V. Pavlov, Automation of discrete production as movement and action with material objects, Scientific notices of NTS in machine building, ISSN 1310 3946, year XXIII, issue. 9/172, pp. (16-23), 2015, [Р. Димитрова, В. Павлов, Автоматизация на дискретното производство като движение и действие с материални обекти, Научни известия на НТС по машиностроене, ISSN 1310 3946, год. XXIII, бр. 9/172, стр. (16-23), 2015].
- [5] 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).
- [6] S. Nikolov, R. Dimitrova, I. Topov, New approach at mechanical engraving of details with large sizes, International conference on High Technology for Sustainable Development HiTech 2019, 10 - 11 November 2019, (print).
- [7] 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).
- [8] 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, [Т. Вакарелска, 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]

ACKNOWLEDGMENTS:

The authors express their sincere gratitude to the graduate's eng. Ivan Topov and eng. Stanislav Tsolov specialty "Mechatronics". As well as all the students who took part, for the tireless work, dedication and diligence in designing, creating and making the described SMD.

КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНКА СЪСТОЯНИЕТО НА АВТОМАТИЗИРАНИ СИСТЕМИ ЗА ПРОИЗВОДСТВОТО НА ЛЕКАРСТВЕНИ ФОРМИ

Боян Бахчеванов
кат. АДП, ТУ - София
бул. "Кл. Охридски" № 8
София, България

e-mail: boyanbahchevanov@gmail.com

Ренета Димитрова
кат. АДП, ТУ - София
бул. "Кл. Охридски" № 8
София, България

e-mail: rkd@tu-sofia.bg

Стилиян Николов
кат. АДП, ТУ - София
бул. "Кл. Охридски" № 8
София, България

e-mail: st_nikolov2@tu-sofia.bg

Резюме: В статията са посочени основните компоненти в структурата на автоматизираните системи за производството на лекарствени форми. Дефиниран е критерий за оценка състоянието на системите като цяло. Разработени са критерии за определяне влиянието на отделни компоненти на една система. Посочени са възможните приложения на дефинираните критерии.

Ключови думи: производството на лекарствени форми, автоматизирани системи, критерии за оценка, основни компоненти

I. УВОД

Разнообразието на предлаганите на пазара, от различни производители, лекарствени форми и техните големи производствени обеми е немислимо без използването на автоматизирани системи за тяхното производство.

Възможността за пренастройване на тези системи, позволява бързо доставяне на пазара на необходимите в момента количества, от различни лекарствени форми. Всичко това, прави актуални въпросите свързани с възможностите за усъвършенстване на работата на съществуващите автоматизирани системи и разработване на нови, които да са в състояние бързо да реагират на нуждите на пазара.

II. ОСНОВНИ КОМПОНЕНТИ ИЗПОЛЗВАНИ В АВТОМАТИЗИРАНИ СИСТЕМИ ЗА ПРОИЗВОДСТВОТО НА ЛЕКАРСТВЕНИ ФОРМИ

На база на направените в [1] проучвания, основните компоненти използвани в различните автоматизирани системи за производство на лекарствени форми могат да бъдат класифицирани спрямо следните признаци:

A. За подготовка на основни и помощни вещества

В тази група попадат:

- Химически реактори от боросиликатно стъкло - за течни форми;
- Химически реактори от неръждаема стомана - за мази;
- Миксери и гранулатори - за твърди форми.

B. За подготовка на първични опаковъчни материали

В тази група попадат:

- Машини за вътрешно и външно измиване на ампули или флакони;

- Стерилизационни тунели или пещи за суха стерилизация до 250°C.

B. За дозиране и пресоване на подготвен лекарствен продукт

В тази група попадат:

- Машини за дозиране и запояване на ампули;
- Машини за дозиране и затваряне на флакони;
- Машини за дозиране и пресоване на таблетки;
- Тубопълначни машини;
- Линии за пълнене на аерозоли;
- Машини за дозиране и запояване на лиофилни лекарствени форми /течни форми със сух продукт в ампула или флакон/.

Г. За окачествяване на готов лекарствен продукт

Д. За опаковка

В тази група попадат:

- Етикетир машини;
- Блистер машини;
- Кашонир машини.

Е. За спомагателни дейности

В тази група попадат:

- Климатични системи, осигуряващи въздух с необходимите чистота, температура и влажност;
- SCADA системи за визуализация, контрол и управление на климатични инсталации;
- Транспортни съоръжения;
- Измервателна техника.

Наличието на толкова разнообразни по своята конструкция и функционалност компоненти в структурата на автоматизираните системи за производство на лекарствени форми, води до трудности при оценяване на тяхната моментна функционалност.

Целта на настоящата работа е да се дефинира критерии, чрез който да се даде оценка на моментното състояние на една автоматизирана система за производство на лекарствени форми.

III. ОЦЕНКА СЪСТОЯНИЕТО НА АВТОМАТИЗИРАНИТЕ СИСТЕМИ ЗА ПРОИЗВОДСТВОТО НА ЛЕКАРСТВЕНИ ФОРМИ

Критериите, които могат да се използват за оценка състоянието на една автоматизирана система за производство на лекарствени форми, са свързани с икономическата целесъобразност от нейното използване.



Фиг.1 Криви на разходите свързани с експлоатацията на една производствена система

Тъй като качеството на произвежданите лекарствени форми е строго регламентирано и не може да се променя извън строго определени граници, като комплексен критерий за оценка на състоянието може да се използват разходите за поддръжка на системата.

Съгласно графиките показани на Фиг.2 [2], в началният период на експлоатация на една система разходите свързани с отстраняване на възникващите неизправности и свързаните с това загуби от престой на системата са много по-големи от тези свързани с нейната поддръжка.

Следва период на ефективни разходи, при който сумарните разходи за поддръжката и ремонта на системата са минимални, което води до икономически най-изгодното ѝ използване.

В края на ефективния период, разходите за поддръжка се увеличават и ефективността от използването на системата чувствително намалява.

От изложеното по-горе, за оценка на състоянието на една автоматизирана система за производство на лекарствени форми, може да се използва следният критерий:

Когато разходите за поддръжка на една система надвишат с определен процент (E_c) сумарните разходи за ремонт и свързаните с това загуби от престой, по нататъшното използването на системата е икономически не целесъобразно.

При определянето на точната стойност на процента E_c , в така дефинирания критерий, трябва да се отчита спецификата на различните системи, зависещи от типа на произвежданите лекарствени форми.

Когато по нататъшното използване на една автоматизирана система за производство на лекарствени форми, стане икономически не целесъобразно, трябва да се вземе решение за нейното модернизиране или замяна с нова.

При определянето на конкретната стойност на процента E_c и вземане на решение за бъдещето на системата, трябва да се отчита:

А. Типа на произвежданата лекарствена форма

Типа на лекарствената форма, определя необходимите за производството на отделните ѝ компоненти технологии и превръщането им в готов за употреба продукт.

Разработването на нови, по-ефективни технологии за производство, включването на нови или замяната на някои от използваните в произвежданата лекарствената форма компонентите, както и появата на нови нейни заместители, води до намаляване на пазарната цена на крайният продукт. Това е предпоставка за намаляване стойността на коефициента E_c .

Б. Годишна производствена програма и номенклатура на произвежданите лекарствени форми

Използването на специално оборудване и липса на гъвкавост в автоматизираната система за производство на лекарствената форма, както и предварително договорени големи годишни производствени програми, изискват работа на системата за възможно най-дълъг период от време. Това е предпоставка за увеличаване на коефициента E_c .

В. Пазарна стойност на системата

Пазарната стойност на системата е сумата, която може да се получи от продажбата на системата като цяло или на отделните нейни компоненти. Върху пазарната стойност на системата оказват влияние различни фактори като: възраст на системата, търсене на подобни системи, наличие на нови системи с по-добри функционални показатели и др.

Влиянието на пазарната стойност на една автоматизираната система за производство на лекарствената форма, върху коефициента E_c , може да се разглежда в следните аспекти:

- **запазване на висока пазарна стойност** - това е предпоставка за увеличаване на стойността на коефициента E_c , тъй като по-големите разходи за поддръжка биха се компенсирани при евентуална продажба на системата;
- **намаляване на пазарната стойност** - това е предпоставка за намаляване на стойността на коефициента E_c .

IV. ОЦЕНКА НА КОМПОНЕНТИТЕ НА АВТОМАТИЗИРАНИТЕ СИСТЕМИ ЗА ПРОИЗВОДСТВОТО НА ЛЕКАРСТВЕНИ ФОРМИ

Предложеният в точка III критерий, дава оценка на автоматизирана система за производство на лекарствени форми като цяло.

След комплексната оценка на системата и вземане на решение за нейното усъвършенстване, трябва да се извърши оценка на състоянието на отделните изграждащи я компоненти.

Отчитайки голямото разнообразие на компоненти, използвани в автоматизираните системи за производство на лекарствени форми е важно да се определи „тежестта“ на всеки един от компонентите ѝ.

За тази цел, предлагаме да се използва относителното тегло на всеки компонент G_i , в системата. За определяне на G_i е разработена формулата:

$$G_i = \frac{G_{Si} + G_{Pi} + G_{Tci} + G_{Ci} + G_{Tsi}}{5} \quad (1)$$

където:

G_{Si} е относителната площ на i -тия компонент определена по:

$$G_{Si} = \frac{S_i}{S} \quad (1.1)$$

където:

S е площта на цялата система в [m²];

S_i - площ на i -тия компонент на системата в [m²].

G_{Pi} - относителна мощност на i -тия компонент определена по:

$$G_{Pi} = \frac{P_i}{P} \quad (1.2)$$

където:

P е инсталираната мощност на цялата система в [kW];

P_i - инсталирана мощност на i -тия компонент на системата в [kW].

G_{Tci} - относителна продължителност на работния цикъл на i -тия компонента за едно изделие определена по:

$$G_{Tci} = \frac{T_{ci}}{T_c} \quad (1.3)$$

където:

T_c е продължителността на работния цикъл за едно изделие на цялата система в [min];

T_{ci} - продължителност на работния цикъл за едно изделие на i -тия компонент на системата в [min].

G_{Ci} - относителни разходи за поддръжка на i -тия компонент определени по:

$$G_{Ci} = \frac{C_i}{C} \quad (1.4)$$

където:

C са разходите за поддръжка на цялата система в [лв.];

C_i - разходи за поддръжка на i -тия компонент на системата в [лв.].

G_{Tsi} - относително време за пренастройка на i -тия компонент определено по:

$$G_{Tsi} = \frac{T_{si}}{T_s} \quad (1.5)$$

където:

T_s е времето за пренастройка на цялата система в [min];

T_{si} - време за пренастройка на i -тия компонент на системата в [min].

Определените по формула (1) относителни тегла G_i на отделните компоненти позволяват да се определи кои компоненти на системата оказват най-съществено влияние върху работата ѝ.

За оценка състоянието на отделните компоненти на автоматизираната система за производство на лекарствени форми, се използват съществуващи методики (подобни на тези описани в [3]), а при липса на подходящи се разработват нови, с отчитане на спецификата на отделните компоненти.

V. ПОЛУЧЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Дефиниран е критерий за оценка на моментното състояние на една автоматизирана система за производство на лекарствени форми и са дадени насоки за определяне на използвания в него коефициент E_c .



Разработена е формула за определяне относителното тегло G_i , на всеки един компонент включен в конкретна автоматизирана система.

Изводи

Дефинираният критерий, предоставя възможност за обективна оценка на моментното състояние на една автоматизирана система за производство на лекарствени форми и позволява да се вземе решение за нейното по нататъшно използване.

Разработената формула, за определяне относителното тегло G_i на компонентите, позволява да се прецени доколко съществена е ролята на всеки компонент в системата, което да послужи като критерий при вземане на решение за това дали този компонент да се модернизира или замени с нов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата статия са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ - София – 2020, **Договор №201ПД0005-06**.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Боян Б, Автоматизирани системи за производство на лекарствени форми, Автоматизация на дискретното производство бр.1 юли 2019 г. ISSN 2682-9584 109-114 стр., 2019
- [2] Modern Maintenance Management: A Guide to Success, 866.455.3833, dudesolutions.com
- [3] ISO 17359:2018 Condition monitoring and diagnostics of machines - General guidelines

CRITERIA FOR ASSESSING THE STATE OF AUTOMATED SYSTEMS FOR THE PRODUCTION OF PHARMACEUTICAL FORMS

Boyan Bahchevanov
Dep. ADPE, TU of Sofia
8, Kliment Ohridski St.
Sofia, BULGARIA
e-mail: boyanbahchevanov@gmail.com

Reneta Dimitrova
Dep. ADPE, TU of Sofia
8, Kliment Ohridski St.
Sofia, BULGARIA
e-mail: rkd@tu-sofia.bg

Stiliyan Nikolov
Dep. ADPE, TU of Sofia
8, Kliment Ohridski St.
Sofia, BULGARIA
e-mail: st_nikolov2@tu-sofia.bg

Abstract: The article identifies the main components in the structure of automated systems for the production of pharmaceutical forms. A criterion for assessing the state of the systems as a whole is defined. Criteria have been developed to determine the impact of individual components of a system. The possible applications of the defined criteria are indicated.

Keywords: *production of pharmaceutical forms, automated systems, evaluation criteria, main components*

ОСОБЕНОСТИ НА СИСТЕМИТЕ ЗА МАСОВО ОБСЛУЖВАНЕ С ОПАШКИ

Чавдар Костадинов
 ВА „Г. С. Раковски“
 Катедра КИС
 София, България
 e-mail: chkostadinov@abv.bg

Иванка Пеева
 РУ „Ангел Кънчев“
 Катедра ТММРМ
 Русе, България
 e-mail: ipeeva@manuf.uni-ruse.bg

Резюме: Роботизираните производствени системи от машини, при определени условия на работа, може да се представят като системи за масово обслужване с опашки от заготовки, чакащи обслужване. Разгледани са модели на системи с безкраен и краен обем на буферни устройства и са обобщени зависимости за определяне на основни техни параметри.

Ключови думи: роботизирани системи, моделиране, системи за масово обслужване с опашки

I. УВОД

Особеност на производствените системи от машини, реализиращи единен технологичен процес, е необходимото обработване на подадени заготовки, независимо от възможните работоспособни състояния на системата в момента на постъпване на всяка заготовка. Ако в момента на постъпване на нова заготовка (заявка за обслужване) обработващата машина (или някоя от машините в системата с паралелно действие) е свободна, то реализирането на съответната операция може да започне. При липса на свободен обслужващ елемент в системата, постъпващата заготовка трябва да изчака освобождаване на работно място, като по този начин се създават условия за образуване на опашки. За моделиране работата на такива системи, с цел оптимизация по зададени критерии, се съставят математически модели на системи за масово обслужване (СМО) с опашки. Ефективността на такива системи зависи до голяма степен от организацията на опашките, определяща броя опашки, тяхното място в системата и необходимия обем на буферните устройства, съхраняващи постъпващите заготовки или детайли в производствения процес.

II. ХАРАКТЕРИСТИКА НА СМО С ОПАШКИ

При моделиране на СМО, с цел прогнозиране на техни параметри при определени условия на работа, се разглеждат различни състояния на системите, които се характеризират със съответните вероятности за пребиваване на системите в тези състоянията. СМО се определят по следните основни параметри:

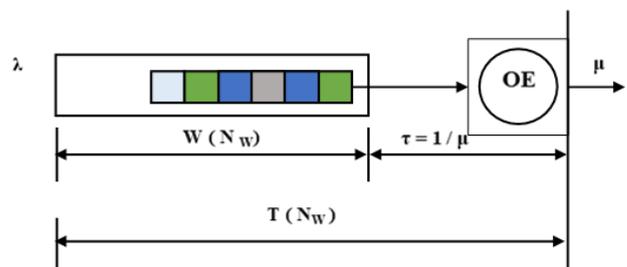
- Вероятност за отказ – P_{OTK} – в СМО с откази;
- Среден брой заявки на обслужване – N – в СМО с откази; в СМО с опашки;
- Среден брой заявки в опашката – NW – в СМО с опашки;

- Среден брой заявки в системата – $N = NS + NW$ – в СМО с опашки;
- Средно време на чакане на заявките – W – в СМО с опашки;
- Средно време на пребиваване на заявките в СМО – $T = W + \tau$ – чакане плюс обслужване

Интензивността на трафика E на входа на СМО се определя като произведение на интензивността на постъпване на заявките λ и средното време на обслужване на една заявка τ . Тя се измерва в Ерланги или „часо-засемания в час“ [1]. В теорията на масовото обслужване е прието е да се използват следните означения:

- интензивност на постъпване на заявките λ (заявки/час);
- интензивност на обслужване на заявките от СМО $\mu = 1/\tau$ (заявки/час);
- средно време на обслужване на 1 заявка в СМО $\tau = 1/\mu$ (час/заявка);
- интензивност на трафика $E = \lambda \cdot \tau = \lambda / \mu$ [Erl], което е безразмерна величина.

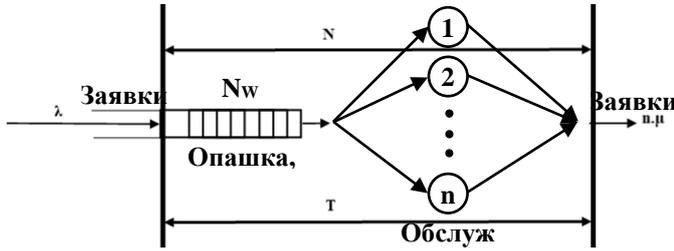
За СМО с опашки и една обслужваща единица (фиг. 1) за достигане на стационарен режим, което често се приема като условие за моделиране на такива системи, (за едни и същи по големина времеви интервали, постъпват един и същ брой заявки) е необходимо спазване на условието [4]:



Фиг. 1. СМО от типа M/M/1

За СМО с опашки и n обслужващи устройства (фиг. 2), за достигане на стационарен режим е необходимо спазване на условието:

$$E = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\lambda}{\frac{1}{\tau}} = \lambda\tau < n \text{ [Erl]}$$

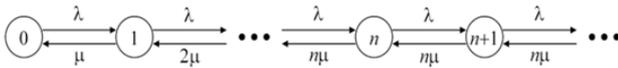


Фиг. 2. СМО типа М/М/п с безкраен буфер

Интензивността на обслужване при $n \leq N$ е:

$$n \frac{1}{\tau} = n \frac{1}{\frac{1}{\mu}} = n\mu$$

Графикът на състоянията и преходите (фиг. 3) включва безкраен брой състояния $S = \{0, 1, 2, \dots, n\}$.



Фиг. 3. График на състоянията и преходите на СМО с опашки

Според Теорията на масовото обслужване, уравнението на стационарния режим за СМО с безкрайна опашка и P_i - вероятност в системата да има i заявки при $i < n$ е:

$$\begin{aligned} \lambda P_i &= (i+1)\mu P_{i+1} \\ P_{i+1} &= \frac{\lambda}{(i+1)\mu} P_i = \frac{n\rho}{1+i} P_i \\ P_i &= \frac{(n\rho)^i}{i!} P_0 \end{aligned}$$

за $\rho = \lambda / \mu$ и за всички $i = 0, 1, 2, \dots, n$.

Уравнението, описващо стационарен режим при $i \geq n$:

$$\begin{aligned} \lambda P_i &= n\mu P_{i+1} \\ P_{i+1} &= \frac{\lambda}{n\mu} P_i = \rho P_i \\ P_i &= \rho^{i-n} P_n = \rho^{i-n} \frac{(n\rho)^n}{n!} P_0 = \frac{n^n \rho^i}{n!} P_0 \end{aligned}$$

за $\rho = \lambda / n\mu$ и за всички $i = n, n+1, n+2, \dots$

За определяне на вероятностите на състоянията на СМО се използва нормировъчното уравнение:

$$\sum_{i=1}^{\infty} P_i = 1 \tag{1}$$

Като се замести P_i в (4) се получава:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{\infty} P_i &= P_0 \left(\sum_{i=0}^{n-1} \frac{(n\rho)^i}{i!} + \sum_{i=n}^{\infty} \frac{n^n \rho^i}{n!} \right) = 1 \\ P_0 &= \frac{1}{\sum_{i=0}^{n-1} \frac{(n\rho)^i}{i!} + \frac{(n\rho)^n}{n!} \sum_{i=n}^{\infty} \rho^{i-n}} = \frac{1}{\sum_{i=0}^{n-1} \frac{(n\rho)^i}{i!} + \frac{(n\rho)^n}{n!(1-\rho)}} = \frac{1}{\alpha + \beta} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{1}{\sum_{i=0}^{n-1} \frac{(n\rho)^i}{i!} + \frac{(n\rho)^n}{n!} \sum_{i=n}^{\infty} \rho^{i-n}} \\ &= \frac{1}{\sum_{i=0}^{n-1} \frac{(n\rho)^i}{i!} + \frac{(n\rho)^n}{n!(1-\rho)}} \tag{2} \\ &= \frac{1}{\alpha + \beta} \end{aligned}$$

Където $\alpha = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{(n\rho)^i}{i!}$ и $\beta = \frac{(n\rho)^n}{n!(1-\rho)}$ за $\rho < 1$, т.е. $\lambda < n\mu$,

За получаване на характеристиките на стационарния режим трябва да се определят:

- Вероятността, че постъпващата заявка ще попадне в опашката – P_W :

Нека с X^* означим броя заявки в СМО в момент на постъпване на поредната заявка. Всяка постъпваща заявка ще чака, когато всички n прибори са заети в момента на постъпване на заявката, т.е.:

$$P_W = P\{X^* \geq n\} = \sum_{i=n}^{\infty} P_i$$

След преобразувания се получава:

$$P_W = P\{X^* \geq n\} = \sum_{i=n}^{\infty} P_i = \sum_{i=n}^{\infty} P_0 \frac{n^n \rho^i}{n!} = P_0 \frac{(n\rho)^n}{n!(1-\rho)} = \frac{\beta}{\alpha + \beta} \tag{3}$$

Като се използва формулата за математическото очакване на дискретна случайна величина, може да се определи средният брой чакащи заявки N_W :

$$\begin{aligned} N_W &= \sum_{i=n}^{\infty} (i-n)P_i = \sum_{i=n}^{\infty} (i-n)P_0 \frac{n^n \rho^i}{n!} \\ &= P_0 \frac{(n\rho)^n}{n!(1-\rho)} \sum_{i=n}^{\infty} (i-n)(1-\rho)\rho^{i-n} \end{aligned}$$

Като се използват изведените зависимости (3), сумата може да се преобразува така:

$$\begin{aligned} \sum_{i=n}^{\infty} (i-n)(1-\rho)\rho^{i-n} &= (1-\rho) \sum_{j=1}^{\infty} j\rho^j \\ &= (1-\rho)[a\rho + (a+b)\rho^2 + (a+2b)\rho^3 + \dots] = \\ &= (1-\rho) \frac{a\rho + (b-a)\rho^2}{(1-\rho)^2} \end{aligned}$$

Ако $a = b = 1$, то се получава:

$$(1-\rho) \frac{a\rho + (b-a)\rho^2}{(1-\rho)^2} = \frac{\rho}{1-\rho}$$

По този начин

$$N_W = P_0 \beta \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\beta}{(\alpha + \beta)(1-\rho)} \rho = P_W \frac{\rho}{1-\rho}, \tag{4}$$

- Средно време за чакане на заявката в буфера

$$m_w = \frac{N_w}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} P_w \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{1}{\lambda} \frac{\lambda}{n\mu} P_w = \frac{1}{n\mu - \lambda} P_w \quad (5)$$

• Средно време за пребиваване на заявката в СМО Т – времето за чакане в опашката плюс времето за обслужване:

$$T = m_w + \frac{1}{\mu} = \frac{1}{n\mu - \lambda} P_w + \frac{1}{\mu} \quad (6)$$

• Среден брой заявки N, намиращи се в СМО (общо на фаза обслужване и фаза чакане). От формулата на Литъл [3] е известно, че $N = \lambda \cdot T$:

$$N = \lambda T = \frac{\lambda}{n\mu - \lambda} P_w + \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\rho}{1-\rho} P_w + n\rho \quad (7)$$

• Среден брой заявки N_s, намиращи се на фаза обслужване в СМО:

$$N_s = N - N_w = \frac{\rho}{1-\rho} P_w + n\rho - \frac{\rho}{1-\rho} P_w = n \frac{\lambda}{n\mu} = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda\tau \quad (8)$$

• Вероятност, че постъпилата на входа на СМО заявка няма да чака в буфера, а веднага ще постъпи за обслужване P_s, т.е. времето за чакане е равно на нула:

$$P_s = P(W = 0) = 1 - P_w = 1 - \frac{\beta}{\alpha + \beta} = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (9)$$

• Вероятност P(W > t), че времето за чакане в буфера W ще бъде по-голямо от произволно време t > 0:

$$P_s = P(W > 0) = P_w e^{-n\mu(1-\rho)t} = \frac{\beta}{\alpha + \beta} e^{-n\mu(1-\rho)t} \quad (10)$$

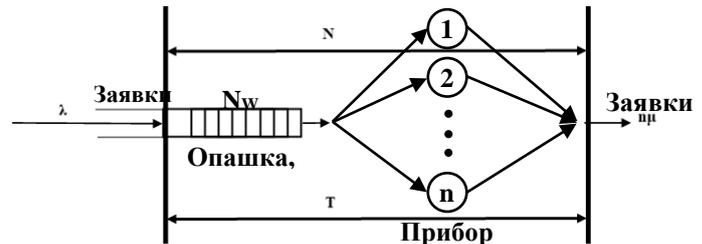
III. СМО С ОПАШКИ И КРАЕН БУФЕР

За автоматизиране на производствени процеси широко практическо приложение намират системи от машини, чиято компоновка включва буферни устройства с определен, краен обем. Това се определя от специфичните особености на постъпващите заготовки (максимално допустимо време за престой в системата и др.), от характерни условия на работа на системата, както и от габаритни ограничения за разполагане на оборудването.

СМО с опашки и краен буфер (СМО с чакане и откази) се характеризират със следните параметри и приети условия на работа (фиг. 3):

- Заявките постъпват с интензивност λ;
- Средното значение на интервала между постъпващите заявки е 1 / λ;
- Заявките се обслужват от n паралелни прибора;
- Един прибор може да обслужва в даден момент само една заявка;
- Когато е зает, приборът обслужва заявки с интензивност μ;

- Средното време за обслужване на 1 заявка в прибора τ = 1 / μ;
- В такава СМО има n + m места за чакане – n места за обслужване и m < ∞ места за чакане
- (m = const > 0);
- Заявка постъпила в пълна СМО (n заявки се обслужват и m заявки чакат), се губи без да получи обслужване;
- Най-често дисциплина на обслужване на заявките в опашката е първи постъпил – първи обслужен (FIFO), но може да съществуват и други „сценарии“ на обслужване.



Фиг. 3. СМО типа М/М/п с краен буфер

В тези системи се допуска, че заявките се генерират от безкраен брой независими източници (k = ∞) и че те създават Пуасонов поток от събития с интензивност λ [1]. При моделирането е необходимо да се добави състояние с вероятност за отказ РОТК, в което при постъпване на заявка при заети всички m места в буфера от чакащи заявки, тя напуска системата. Броят на всички възможни състояния на СМО е (n + m + 1).

При доразвиване на използвания модел и изведените зависимости за P₀ и P_i, за (n + 1) състояния с 0 чакащи заявки в буфера за РОТК се получава:

$$P_{k\text{отк}} = \frac{\frac{a^k}{k!}}{\sum_{k=0}^n \frac{a^k}{k!} + \frac{a^n}{n!} \sum_{s=0}^m \binom{a}{n}^s}, \text{ за всички състояния } 0 \leq k \leq n,$$

$$P_{n+s\text{отк}} = \frac{\frac{a^n}{n!} \binom{a}{n}^s}{\sum_{k=0}^n \frac{a^k}{k!} + \frac{a^n}{n!} \sum_{s=1}^m \binom{a}{n}^s}, \text{ за всички състояния } (n + 1) \leq (n + s) \leq (n + m), \text{ т.е. } 1 \leq s \leq m.$$

Вероятността, че заявката ще получи отказ РОТК, т.е. няма да бъде приета за обслужване, очевидно съвпада с вероятността P_{n+m} на състоянието, в което в СМО са заети n прибора (всеки обслужва 1 заявка) и в буфера чакат m заявки (няма свободни места за чакане). Като заместим s = m се получава:

$$P_{\text{отк}} = P_{n+m} = \frac{\frac{a^n}{n!} \left(\frac{a}{n}\right)^m}{\sum_{k=0}^n \frac{a^k}{k!} + \frac{a^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{a}{n}\right)^s} \quad (11)$$

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СМО с опашки намират широко приложение при моделиране на роботизирани технологични модули и комплекси в дискретното многономенклатурно производство. Необходимостта от буферни устройства, тяхното място и обем, определяни при моделиране, оказват съществено значение за избора на структура и компоновъчно решение на производствените системи. Изведените аналитични зависимости за характерни параметри на опашките може да се използват при анализ на условията на работа на конкретна система, с цел достигане на зададени критерии за ефективност.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] М. Узунов и колектив, Изследване на операциите. Теория, военни примери и задачи. Държавно военно издателство. София, 1975.
- [2] Н. Василев, Л. Цанов, Б. Митов, Ст. Чукова, Приложна математика. Военно издателство. София, 1985.
- [3] Е. С. Вентцель, Исследование операции. Советское радио, Москва, 1972.
- [4] Л. Д. Минкова, Традиционна теория на вероятностите. 2014.
- [5] L. Kleinrock, Queueing System, volume I: Theory, Wiley-Interscience Publication, 1979 г

ОТНОСНО ОРГАНИЗАЦИЯТА НА РАБОТА НА СИСТЕМИТЕ ЗА МАСОВО ОБСЛУЖВАНЕ С ПРИОРИТЕТИ

Чавдар Костадинов
ВА „Г. С. Раковски“
Катедра КИС
София, България
e-mail: chkostadinov@abv.bg

Резюме: В системите за масово обслужване може да постъпват различни по характер заявки. Поради своята значимост за функционирането на системите, някои от тях изискват приоритетно обслужване. Разгледани са въпроси, свързани с организацията на приоритети на заявки при сложно техническо оборудване и са систематизирани зависимости за определяне на основни характеристики.

Ключови думи: системи за масово обслужване, технически системи, приоритети при обслужване на заявки, автоматизирани производствени системи

I. УВОД

Системата за масово обслужване (СМО) с приоритети е система, в която някои от постъпващите на входа заявки изискват обслужване с определено предимство, спрямо останалите в общия поток заявки. Най-често това се налага от различните характеристики на заявките, постъпващи за обслужване в определена техническа система, както и от наложените допустими условия за пребиваване на заявките в системата. Различният характер на заявките определя и различния техен приоритет. Изборът на подходящ сценарий на обслужване се основава на заложените критерии за ефективност на реалните технически системи, като: максимална производителност, минимални загуби от чакане за обслужване, оптимално натоварване на оборудването и други специфични изисквания.

II. ХАРАКТЕРИСТИКА НА СМО С ПРИОРИТЕТИ

За правилното проектиране на нови или експлоатиране на съществуващи, сложни технически или производствени системи се налага решаване на множество инженерни задачи по оптимизация на структурата, избор на компоновъчен вариант, определяне на подходящи параметри на обслужващите единици и др. За решаването на тези въпроси е подходящо използването на математическо моделиране на реалните системи, основано на Теорията на масовото обслужване, чрез което може да прогнозира техни параметри при различни условия на работа. За съставянето на математически модели на СМО с приоритети се използват някои допускания, по-важните от които са:

Заявките от различните потоци могат да се записват в различни опашки за всеки приоритет, или в една опашка с отбелязване на приоритета на всяка заявка;

Ако в опашката има поне една заявка с по-висок приоритет, заявка с по-нисък приоритет не може да постъпи на обслужване;

Заявки с един и същ приоритет се обслужват по дисциплина FIFO;

Когато се обслужва заявка с даден приоритет и постъпи заявка с по-висок приоритет, тогава са възможни 2 случая (ако липсват свободни обслужващи прибори):

Дообслужва се заявката с по-нисък приоритет и тогава се обслужва заявката с по-висок приоритет;

Прекъсва се обслужването на заявката с по-нисък приоритет и се обслужва заявката с по-висок приоритет, след което са възможни два случая:

Прекъснатата заявка се дообслужва от мястото на прекъсването;

Прекъснатата заявка се обслужва отначало.

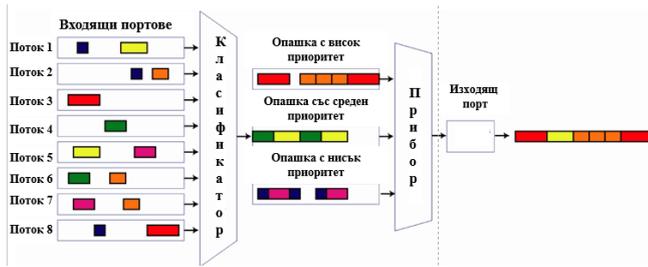
Характер на приоритета – това е начинът, по който приоритетът се свързва със заявката:

СМО с фиксирани (статични) приоритети – заявките имат постоянен приоритет;

СМО с динамични приоритети – приоритета на заявката зависи от времето.

Разграничаването на приоритетите по значимост или друг признак, задаването на начина на обслужване на заявките при постъпване в системата и избора на организация на работата са в основата на съставянето на различни математически модели, описващи състоянията и динамиката на техните промени, характерни за реалните технически системи. За решаването на широк кръг инженерни задачи е необходимо използване на аналитични зависимости, свързващи зададените условия на работа на системата с поставените критерии за ефективност.

На фиг. 1 е показана принципна схема на СМО с приоритети. Постъпващите на входа различни потоци от заявки се разпределят и групират по ниво на приоритет, според условията на работа и изискванията на реалната моделирана система. Определянето или задаването на законите за разпределение на случайни величини, имащи отношение към динамиката на протичащите събития в системата, е в основата на създаването на математически модели.



Фиг. 1. СМО с приоритети

Общи параметри на модела на СМО с приоритети:

На входа на СМО постъпват Q потока с различни приоритети, като приоритет $q+1$ е по-висок от приоритет q и $q = 1, 2, \dots, Q$;

Потоците са Поасонов с интензивности $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_q$;

Сумарният поток е Поасонов с интензивности $\lambda = \sum_{q=1}^Q \lambda_q$;

Заявка с q -ти приоритет се обслужва случайно време, което е независима експоненциална случайна величина със средно значение $1/\mu_q$;

Времето на обслужване, осреднено по заявките от всички приоритети е:

$$\frac{1}{\mu} = \sum_{q=1}^Q \frac{\lambda_q}{\lambda} \frac{1}{\mu_q}$$

Натоварването на СМО от заявките с q -ти приоритет е:

$$\rho_q = \frac{\lambda_q}{\mu_q}$$

Общото натоварване на СМО от всички заявки е:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \sum_{q=1}^Q \rho_q \quad (1)$$

Опашката е обща и в нея постъпват чакащите заявки от всички приоритети;

Известни са 4 теореми [5], дефиниращи величината W_q – математическото очакване на времето за пребиваване на заявката с q -ти приоритет в опашката. Теоремите определят W_q за статични и динамични приоритети и различни начини на обслужване на неприоритетната заявка, при постъпване на приоритетна заявка.

III. ОПИСАНИЕ НА МОДЕЛА НА СМО С ФИКСИРАНИ ПРИОРИТЕТИ

Общите условия на моделирането включват:

На входа на СМО постъпват Q потока с различни приоритети;

Приоритетите се подреждат във реда $Q > Q - 1 > Q - 2 > \dots > 2 > 1$;

Ако в СМО постъпи заявка с по-нисък приоритет от обслужваната, тогава постъпилата заявка се нарежда в опашката;

Ако в СМО постъпи заявка с по-висок приоритет от обслужваната, тогава са възможни два случая:

Постъпилата заявка се нарежда в опашката и продължава обслужването на заявката с по-нисък приоритет (СМО с фиксирани приоритети без прекъсване);

Постъпилата заявка започва да се обслужва веднага, като се прекъсва обслужването на заявката с по-нисък приоритет (СМО с фиксирани приоритети с прекъсване);

В СМО с фиксирани приоритети с прекъсване, прекъснатата заявка се дообслужва от мястото на прекъсване, когато в системата липсват заявки с по-висок приоритет.

Средното време на чакане W_q в опашката на заявките с q -ти приоритет, $q = 1, \dots, Q$ е:

$$W_q = \frac{f \frac{\rho_{j-1}}{\mu_{j-1}} + \sum_{i=j}^Q \frac{\rho_i}{\mu}}{(1 - \sum_{i=q+1}^Q \rho_i)(1 - \sum_{i=q}^Q \rho_i)}$$

за $q \geq j$, където $\rho \geq 0$, j е минималното цяло положително число, за което $\sum_{i=q}^Q \rho_i < 1$

$$W_q = \infty, \quad q < j.$$

за f е в сила зависимостта:

$$f = \begin{cases} 0, & \text{когато } q < 1 \\ \frac{1 - \sum_{i=j}^Q \rho_i}{\rho_{j-1}}, & \text{когато } q \geq 1 \end{cases}$$

По този начин за средното време за чакане W_q в опашката на заявките с q -ти приоритет, $q = 1, \dots, Q$ се получава:

$$W_q = \begin{cases} \frac{s_j \sum_{i=j}^Q \frac{\rho_i}{\mu_i} + \frac{\rho_q}{\mu_q} + \sum_{i=q+1}^Q \rho_i \left(\frac{1}{\mu_q} + \frac{1}{\mu_i} \right) - \sum_{i=j}^{q-1} \rho_i W_q}{(1 - \sum_{i=q+1}^Q \rho_i)} \\ \infty, & \text{когато } q < j \end{cases}$$

където при $q \geq 0, j$ е минималното цяло положително число, за което $\sum_{i=j}^Q \rho_i < 1$

$$s_j = \sum_{i=j}^Q \rho_i$$

Очевидно е, че при $\rho < 0$ имаме $j = 1; s_j = s_1 = \rho$ и

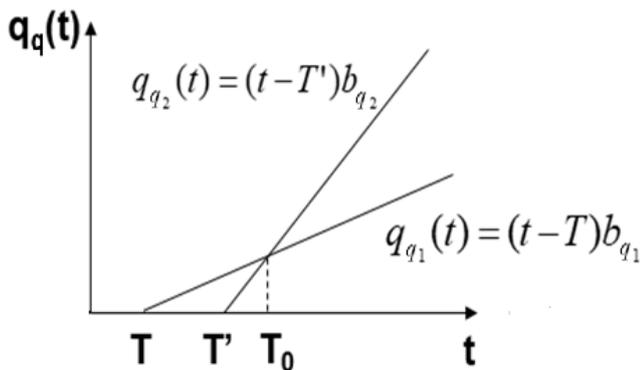
$$s_j = \sum_{i=1}^Q \frac{\rho_i}{\mu_i} = W_0$$

W_0 – математическото очакване на времето за завършването на обслужването на заявката, намираща се в прибора, при постъпване на нова заявка на входа на СМО.

IV. ОБЩИ ПАРАМЕТРИ НА МОДЕЛ НА СМО С ДИНАМИЧНИ ПРИОРИТЕТИ

На входа на СМО постъпват Q потока с различни приоритети, като се приема че:

- Приоритетите се подреждат във реда $Q > Q - 1 > Q - 2 > \dots > 2 > 1$;
- Първоначално, на заявката с приоритет q, $q = 1, \dots, Q$, постъпваща на входа на СМО в момент T, се присвоява номер bq , като $0 \leq b1 \leq b2 \leq \dots \leq bq$;
- Ако в СМО постъпи заявка с по-нисък приоритет от обслужваната, тогава тя се нарежда в опашката;
- Нека с $qq(t)$ означим приоритета на заявка с q-ти приоритет, който зависи от времето линейно, като $qq(t) = (t - T) bq$ и t се променя от T до завършване на обслужването на разглежданата заявка T_0 ;
- Ако в момент T постъпи заявка с приоритет bq_1 , а в момент T' постъпи заявка с приоритет bq_2 , като се изпълняват неравенствата $T < T'$ и $q_2 > q_1$ тогава се получава зависимостта (фиг. 2):
- Ако приборът се освободи преди момент T_0 , тогава се избира заявка с приоритет $qq_1(t)$;
- Ако приборът се освободи след момент T_0 , тогава се избира заявка с приоритет $qq_2(t)$;



Фиг. 2. Избор на заявка за обслужване от приоритета и времето на постъпване на заявката в СМО [5]

$$W_q = \frac{W_0}{1 - \rho D_q} \left[1 + \sum_{j=1}^{q-1} \sum_{0 < i_1 < i_2 < \dots < i_j < q} F_{i_1}(i_2) F_{i_2}(i_3) \dots F_{i_j}(q) \right]$$

където $0 \leq \rho < 1$,

$$D_q = 1 - \sum_{i=q+1}^Q \rho_i \left(1 - \frac{b_q}{b_i} \right)$$

$$F_k(n) = -\frac{\rho_k}{D_k} \left(1 - \frac{b_k}{b_n} \right)$$

$$W_0 = \sum_{q=1}^Q \left(\frac{\rho_q}{\mu_q} \right)$$

При изчисляване на W_q , за сумите се използват характеристиките на всички заявки, чиито приоритети са по-малки от приоритета Q.

За тези СМО, времето за чакане W_q в опашката на заявките с q-ти приоритет зависи от отношението на параметрите b_i на заявките с различни приоритети, което използвано в изведените зависимости създава удобство при изчисления.

По този начин, времето за чакане W_q на заявките в опашката на СМО се получава:

$$W_q = \frac{1}{1 - \sum_{i=q+1}^Q \rho_i \left(1 - \frac{b_q}{b_i} \right)} \left[\frac{W_0}{1 - \rho} + \sum_{i=q+1}^Q \frac{\rho_i}{\mu_q} \left(1 - \frac{b_q}{b_i} \right) - \sum_{i=1}^{q-1} \frac{\rho_i}{\mu_q} \left(1 - \frac{b_i}{b_q} \right) - \sum_{i=1}^{q-1} \rho_i W_i \left(1 - \frac{b_i}{b_q} \right) \right] \quad (4)$$

където $0 \leq \rho < 1$.

Така представените зависимости са получени при $\rho < 1$, което съответства на условията за моделиране на индустриални производствени системи. При тях времето за обслужване на технологично оборудване трябва да е по-малко от времето за обработване на изделията, с цел постигане на ефективност на производството.

V. ИЗВОДИ

Броят на потоците от заявки в СМО с различен приоритет, изборът на последователност и динамиката на тяхното обслужване, оказват влияние върху времето за чакане на обслужване на заявка с определен приоритет в едноименната опашка от заявки. Систематизирани са зависимости за определяне на математическото очакване на времето за довършване на обслужването на заявка, намираща се в обслужващо устройство в момент на постъпване на входа на системата на заявка с по-голям приоритет, както и времето за пребиваване на заявка в опашка от определен вид. Тези параметри оказват влияние върху производителността на сложни технически системи и могат да се използват като критерии за избор на оптимален вариант при проектиране или модернизация на такива системи.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] М. Узунов и колектив, Изследване на операциите. Теория, военни примери и задачи. Държавно военно издателство. София, 1975.
- [2] Н. Василев, Л. Цанов, Б. Митов, Ст. Чукова, Приложна математика. Военно издателство. София, 1985.
- [3] Е. С. Вентцель, Исследование операции. Советское радио, Москва, 1972.
- [4] Л. Д. Минкова, Традиционна теория на вероятностите. 2014.
- [5] L. Kleinrock, Queueing System, volume I: Theory, Wiley-Interscience Publication, 1979 г

МЕХАНИЗАЦИЯТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА В ДЪРВООБРАБОТВАЩАТА И МЕБЕЛНАТА ПРОМИШЛЕНОСТ НА БЪЛГАРИЯ В УСЛОВИЯТА НА ПЛАНОВО СТОПАНСТВО И ДЪРЖАВНА СОБСТВЕНОСТ НА ПРЕДПРИЯТИЯТА

Христо Шехтов
Лесотехнически университет
София, България
e-mail: hr.shehtov@mail.bg

Живко Гочев
Лесотехнически университет
София, България
e-mail: zhivkog@ltu.bg

Павлин Вичев
Лесотехнически университет
София, България
e-mail: p_vitchev@ltu.bg

Резюме: Описано е състоянието на механизацията и автоматизацията в дървообработващата и мебелната промишленост (ДМП) на България през периода 1947÷1989 г. в условията на планово стопанство и държавна собственост на предприятията. Огразена е и ролята на българските учени и специалисти за нейното повишаване в дървообработващите и мебелните заводи в страната.

Ключови думи: дървообработване, мебелно производство, механизация, автоматизация, манипулатори, автоматизирани линии, контрол, управление, регулиране

I. Увод

Дървообработващото и мебелното производства са важен отрасъл на националното ни стопанство, тъй като са с основен дял в строителството на жилищни и обществени сгради с различно предназначение и във вътрешното им обзавеждане. Затова те са се използвали в миналото, използват се сега, ще се разчита на тях и в бъдеще. От съществено значение за ефективността им е степента на механизация и автоматизация на технологичните процеси, променяла се съществено с годините.

II. ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДЪРВООБРАБОТВАЩИТЕ И МЕБЕЛНИТЕ ПРОИЗВОДСТВА И НА МЕХАНИЗАЦИЯТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА В ТЯХ В ПЕРИОДА 1947÷1989 Г.

Национализацията на индустрията в България беше осъществена в края на 1947 г. До тогаваналичните дървообработващи и мебелни предприятия бяха частна собственост и сравнително малки. Машинният парк в тях се състоеше от еднооперационни машини с ръчно управление от типа на циркулярните, фрезовите, абрихтите, шрайхмусите, банцизите лек тип, едноетажните гатери и др. Голяма част от тях бяха немски машини. Имаше и отделни български машини, производство на машиностроителни кооперации. В началото на 40-те години на миналия век повечето от тях бяха не само физически, но и морално остарели. Отделни наченки на механизация имаше в малко от случаите, главно за механизано подаване на дървените материали към машините за обработването им. Трудът на работниците си оставаше тежък, изморителен. Това състояние на машинния парк се запази в дървообработващите и мебелните предприятия

у нас и в първите години след 1947, макар те да бяха в много от случаите окрупнени. Тази констатация направи и наш работен колектив с ръководители В. Михайлов и Хр. Шехтов, извършил по възлагане от Националното ведомствено управление пълна оценка и категоризация на машините и съоръженията в предприятията. Налагащото му се обновление в предприятията се позабави. То навлезе в предприятията в края на 50-те и началото на 60-те години на миналия век. В много от тях заработиха съвременни за времето си машини, внесени от ФРГ, Италия, Франция, СССР и др. В дървообработващите заводи това бяха едноетажни гатери от Полша, едноетажни и двуетажни такива и фрезово-призмиращи машини от СССР, блок-банцизи от Франция и др. В мебелните ни заводи намериха широко приложение немски и италиански агрегатни машини за разкрояване и последваща технологична обработка на плочести детайли. Внедрени бяха и първите автоматизирани линии от фирмите "Хомаг" и „Хакемаг“ (ФРГ), италианска линия за производство на полиуретанови детайли за производство на тапицирана мебел и др.

В началото на 60-те години беше организирано у нас за първи път и производство на плочи от дървесни частици (ПДЧ) и от дървесни влакна (ПДВ). Внесените за целта крупно-габаритни инсталации, линии и спомагателни съоръжения от фирмата „Симпелкам“ (ФРГ) бяха най-добрите в световната практика с реализирана в тях висока степен на механизация и автоматизация.

В първите години след национализацията на индустрията, към продължилите да произвеждат еднооперационни дървообработващи машини малки машиностроителни предприятия, се присъединиха и заводите в Якоруда и Троян (Машстрой). Освен еднооперационни, те произвеждаха и многооперационни машини с подобрени характеристики.

През 1963 г. беше пуснат в експлоатация модерен за времето си, специализиран завод-комбинат за дървообработващи машини и линии (КДМЛ) в гр. Пловдив. Той разработи и произведе по аналог на вносните машини (главно на италианските) и по свои оригинални технически решения голям брой агрегатни машини и спомагателни съоръжения за автоматизирани

линии главно за мебелните заводи у нас. Завод „Машстрой“ – Троян преустанови производството на дървообработващи машини и премина към такова на металорежещи машини, по-късно и на определен тип електродвигатели.

През 1970 г. беше подменен изцяло машинният парк на комбината за производство на врати и прозорци на Гара Искър – най-голям с такова производство не само у нас, но и на Балканите. Главният проектант- шведската фирма „Чер“ достави и монтира в завода най-добрите по технически показатели специализирани машини и съоръжения, произведени във ФРГ, Англия, Швеция и др. Въведено беше съвременно, високо механизирани и автоматизирано производство на определен тип врати и прозорци, необходими за строителството на обществени сгради и жилища.

В дървообработващия завод на гара Орещец беше пусната в експлоатация високопроизводителна автоматизирана канадска линия за разкрояване на дървени трупи. В нея, вместо традиционните гатери или блок-банцизи, се използваше високооборотна и голямогабаритна циркулярна машина. В много дървообработващи и мебелни заводи у нас бяха внедрени камери с програмно управление на процеса на изсушаване на дъски в тях, внесени от СССР, ГДР, ФРГ и Австрия.

В работата по осъществяване на подобрените технологии и монтажа на новите машини и съоръжения – вносни и наши, активно участие вземаха и инженерите и специалистите от специализираните в заводите отдели „Технически прогрес“. Голяма заслуга за въвеждането на по-висока степен на механизация и автоматизация в производството имат и инженерите, проектантите и другите специалисти от т.нар. отраслови научни институти: Институт по дървообработване (ИД) – гр. Пазарджик и Институт по мебели и обзавеждане (ИМО) – гр. София. Кадрите с висше образование в тях бяха завършили различни специалности: „Механична технология на дървесината“ и „Механизация и автоматизация на дървообработването“ (ВЛТИ), машинно инженерство (ВМЕИ), „Архитектура (ИСИ), „Икономика“ (ИИ) и др. Активно участие в решаването на проблемите на механизацията и автоматизацията в отрасъла вземаха и отделни преподаватели и научни сътрудници от Висшия лесотехнически институт – самостоятелно, или съвместно със специалисти от посочените отраслови институти.

Колективът на ИД-Пазарджик с изградени в него конструкторски отдел (Л. Попов – ръководител, Н. Кожухаров, В. Нолев и др.) и секция по Автоматизация (О. Попов – ръководител, П. Мишев и др.) и с налична добра експериментална база, успешно реши голям брой конкретни проблеми на дървообработващите заводи в страната, изпълнявайки възложени му и финансирани от ДСО Стара планина задачи. Такива бяха: проблеми на складовете за суровина и готова продукция, на амбалажните и дъскорезни цехове и др.

Колективът на ИМО-София разполагаше с много добър състав от технолози, проектанти, архитекти,

дизайнери и др. Сред успешно решените проблеми от него, възложени и финансирани от ДСО „Мебел“ са: технологични подобрения, разработване на нестандартни машини и съоръжения, разработване на висококачествени лакове и политури и др. Проектантите разработиха чудесни мебели, познавайки от посещенията им ежегодно на мебелни изложби в Париж, Ханوفر, Милано, Лондон и др., световните тенденции в мебелостроенето.

Преподаватели от ВЛТИ решиха успешно голям брой проблеми на ДМП у нас, като [1]: въвеждане на нови методи на рязане на дървесни материали-безстружково (Г. Филипов), лазерно (Вл. Бърнеков, Ж. Гочев); на технологии за заточване на дърворежещи инструменти с абразивни материали от естествени и изкуствени диаманти (П. Григоров, Ж. Гочев, П. Вичев); намаляване на шума от работа на дървообработващи машини (Г. Филипов, Б. Динков, А. Чешмеджиев, П. Вичев); разработване на технология и съоръжения за автоклавно пропарване на талпи, дъски, фурнир, защитени патентно, внедрени успешно у нас и в чужбина – Словакия (Н. Делийски); разработване и внедряване в Комбината за врати и прозорци на Гара Искър първа у нас и на Балканите автоматизирана линия за предварителна обработка и последващо надлъжно слепване на късомерни детайли с правоъгълно сечение (Хр. Шехтов); внедряване на интензифицирано атмосферно сушене на дъски чрез последователно обдухване с вентилатор, монтиран върху самоходна вагонетка на подредени двойки фигури от дъски (Хр. Шехтов, Г. Генчев - ИМО); внедряване на камерно сушене на дъски с програмно управление (Б. Асенов, Н. Делийски); разработване на метод и устройства за следящо управление на камерно сушене на дъски (Хр. Шехтов), патентно защитени у нас, ГДР, СССР, ФРГ, Австрия, Франция, Швеция, Канада; разработване и изработване на патентно защитени [2] 15 броя автоматични позициониращи устройства за настройка на агрегатни машини и автоматизирани линии (Хр. Шехтов, В. Пенчев, Е. Пантев, Н. Деков), едно от които внедрено в мебелен завод на ГДР.

Много благоприятно за решаване на проблеми на механизацията и автоматизацията в ДМП на България, се оказа сътрудничеството на преподаватели и научни сътрудници от ВЛТИ с такива от отрасловите институти. Като примери в това отношение относно сътрудничеството на ВЛТИ и ИД могат да се посочат: разработване и внедряване на електронни и микропроцесорни системи за автоматично управление на сортирането на дървени трупи, дъски и ПДЧ по качество (Хр. Шехтов, Б. Пенчев, Е. Пантев, О. Попов); тунелна камера за нанасяне и сушене на лакови покрития (Е. Тенев, Хр. Шехтов) и др.

В решаването на проблемите на механизацията и автоматизацията в мебелната промишленост особено ефективна дейност прояви колективът на секцията по Автоматизация на ИМО, създадена и оглавена от работещия в периода 1971÷1976 г. по съвместителство преподавател от ВЛТИ Хр. Шехтов. Съставът ѝ беше

подбран от ентузиазирани, знаещи и можещи инженери, випускници на ВЛТИ и ВМЕИ: В. Георгиев, Б. Вичев, В. Тасков, В. Ралчев, Й. Йорданов, П. Маджаров и др. За посочения период секцията разработи и внедри по две автоматизирани линии – едната за втора машинна обработка, другата – за шлайфане едностранно или двустранно на плочести детайли във всичките 26 мебелни заводи. Първите две от тях бяха успешно внедрени във водещия у нас завод „Мебел“ Стара Загора. Оценил високо постигнатия успех, министърът на леката промишленост Стоян Жулев, към която се отнасяше по това време и мебелната промишленост не само награди парично колектива на секцията, но и съдейства по нейна документация машиностроителен завод към Министерството (ЗНОРЧ – Свиленград) да изработи необходимите спомагателни съоръжения – манипулатори, като осигури освен това и необходимите за целта финансови средства по 1-во и 2-ро направления.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В по-далечното минало и в първите 10-15 години след 1944 г. българската дървообработваща и мебелна промишленост беше изостанала до голяма степен в технологично и техническо отношение спрямо тази във водещите индустриални европейски страни. След това, в периода 1970÷1989 г. тя постигна значителни успехи в условията на планово стопанство и държавна собственост на нейните окрупнени заводи. Заслуга за това имат както внасяните у нас съвременни машини и линии, произвеждани от световно известни фирми, така и разработките на учените и специалистите от ВЛТИ, ИД-Пазарджик и ИМО-Пазарджик

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шехтов, Хр. 50 години учебна, научноизследователска и внедрителска работа в областта на механизацията и автоматизацията в дървообработването и производството на мебели, сп. „Дървообработване и производство на мебели“, бр. 2, 2001, (с. 2-6).
- [2] Шехтов, Хр., Е. Пантев, Н. Деков и др., Система за автоматично позициониране на агрегатни мебелни машини от гамата „Персенк“, ПС-02-84, Научни трудове на ВЛТИ, том XXX, 1986 г.

Abstract: The situation of mechanisation and automation of the Bulgarian woodworking and furniture industry for the period 1947÷1989 has been outlined. The role of the Bulgarian scientists and specialists for its boosting in the Bulgarian woodworking and furniture plants has been pointed out.

МЕХАНИЗАЦИЯТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА В ДЪРВООБРАБОТВАЩАТА И МЕБЕЛНАТА ПРОМИШЛЕННОСТ (ДМП) НА БЪЛГАРИЯ В УСЛОВИЯТА НА ПАЗАРНО СТОПАНСТВО И ЧАСТНА СОБСТВЕНОСТ НА ПРЕДПРИЯТИЯТА

Христо Шехтов
Лесотехнически университет
София, България
e-mail: hr.shehtov@mail.bg

Живко Гочев
Лесотехнически университет
София, България
e-mail: zhivkog@ltu.bg

Павлин Вичев
Лесотехнически университет
София, България
e-mail: p_vitchev@ltu.bg

Резюме: Описано е състоянието на механизацията и автоматизацията в ДМП на България в условията на пазарно стопанство и частна собственост на предприятията (след края на 1989 г.). Очергани са тенденциите на бъдещото ѝ развитие и насоките за подготовка от Лесотехническият университет на специализирани кадри за нейното обслужване.

Ключови думи: дървообработване, производство на мебели, механизация, автоматизация, компютърни технологии, „Индустрия 4.0“, кръгова икономика

I. Увод

Дървообработващите и мебелните производства са важен отрасъл на националното ни стопанство, използвани в миналото и сега. Значението им ще расте още повече в бъдеще, когато ще трябва да удовлетворяват все по-високите технически и естетически изисквания към техните продукти от страна на многобройните им потребители. Логично ще расте и ролята на механизацията и, най-вече, на автоматизацията на производствените процеси.

II. ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДЪРВООБРАБОТВАЩИТЕ И МЕБЕЛНИТЕ ПРОИЗВОДСТВА И НА МЕХАНИЗАЦИЯТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА В ТЯХ СЛЕД 1989 Г. ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИЕТО ИМ В БЪДЕЩЕ С ВЪВЕЖДАНЕ НА КОМПЮТЪРНИ ТЕХНОЛОГИИ

В прехода към демокрация и пазарна икономика след 1989 г., в България настъпиха структурни промени в различните промишлени отрасли, в т.ч., и в дървообработващата и мебелната промишленост (ДМП). В замяна на крупните дотогава държавни дървообработващи и мебелни заводи, възникнаха след приватизация голям брой малки и средни частни предприятия. Новите им собственици нямаха задължения да запазят и развият досегашните им производства и много от тях (предимно чужденци) смениха предмета им на дейност след като разпродадоха машинния им парк. Специализираният комбинат за дървообработващи и мебелни машини и линии (КДМЛ)-гр. Пловдив продължи след приватизацията да произвежда само единични машини, подобно и на традиционните производители от миналото в Якоруда, Асеновград и Любимец. Към тях се присъединиха някои

ЗММ-та, сменили производството си от по-малко търсените на пазара металорежещи, към дървообработващи машини. Много от направените по-рано от българските преподаватели и научни работници разработки [1] останаха актуални и в новите условия на развитие на българската ДМП. За съжаление, напълно оправдалото се съществуване на научните отраслови институти ИД-Пазарджик и ИМО-София не само не беше оценено правилно и продължено, но те бяха закрити. Промените в ДМП след 1989 г. засегнаха структурата и собствеността на производствените предприятия, както и степента на механизация и автоматизация в тях [2]. Състоянието на ДМП през последните 30 години може да се охарактеризира в следните три етапи:

- Първи етап (1990-1997 г.) – етап на приватизация на много от държавните предприятия на ДМП. Частният бизнес едва прокождаше. Всичко това се отрази негативно върху материалната база, машинния парк и степента на механизация и автоматизация на производствените процеси.
- Втори етап (1998-2006 г.) – етап на начално развитие на реален частен сектор в ДМП. Създадоха се нови фирми, които започнаха целенасочено инвестиционен процес в нови технологии и машини. Икономическите обстоятелства не позволяваха, обаче, сериозни инвестиции, водещи до тяхна конкурентоспособност. Във фирмите с чуждестранна собственост, запазили предмета на производството, се наблюдаваше известна динамика при внедряване на иновации, свързани с по-добра организация и по-висока степен на механизация и автоматизация на производствените процеси.
- Трети етап (2007-2019 г.) – етап, започнал след влизането на България в Европейския съюз (ЕС). Той е характерен със силно развитие на ДМП в страната и особено на мебелния ѝ сектор, което доведе до нови инвестиции и модернизиране на производството. За съжаление, световната икономическа криза през 2009 г. и срывът на строителството се отразиха отрицателно и на нашата ДМП, което доведе до фалит на

неконкурентноспособните фирми. Днес в България има около 2600 (!) фирми в бранша на ДМП. Около 12 % от тях са в областта на дървообработването, а останалите 88 % - в мебелната индустрия. Над 90 % от фирмите са малки и средни, като 70 % от тях са микропредприятия.

- Вероятно е, за съжаление, да се открие и четвърти етап в състоянието на ДМП след 2020 г. , предизвикано от тежката ситуация, създадена от пандемията „коронавирус“. Наложени ограничения в страната, Европа и света станаха причина някои малки фирми да прекратят своята дейност, поради финансова невъзможност да се справят с тежката ситуация.

Като най-важен в развитието на ДМП в България и в частност, в областта на механизацията и автоматизацията на производствените процеси следва да се посочи третият. Неговото влияние върху развитието на отрасъла в технологично и техническо отношение е най-силно. През него редица фирми от бизнеса се снабдиха с високотехнологично оборудване и това преобразяване на производството се разпротря върху всички производствени компоненти, благодарение и на напредъка в компютърните технологии. Развитието на новите поколения цифрови технологии представлява фактор и основание за изграждане на конкурентноспособна национална икономика, включително и в нашата ДМП в рамките на следващите десетилетия. Вече се наблюдава нарастване на обема дигитализирана информация, свързана с обслужването на клиенти, обработване на техните индивидуални поръчки (в т.ч., изисквания относно дървесен вид, качество на материалите, размери, форми, цветови комбинации на мебелите) и пускането им в производство, следене на технологичните потоци, опаковане, складиране и изготвяне на план за експедиция. Целият този обем от база данни, натрупващи се и анализирани в реално време, съчетано с автоматизирането на отделните технологични процеси е в основата на изключителния подем на индустриално развитие на ДМП през посочения етап. Положителен факт е наличието на разработена концепция за цифрова трансформация на българската индустрия (Индустрия 4.0), чрез която се цели създаване на предпоставки за модернизиране, автоматизиране и конкурентно позициониране на българската икономика за периода 2017-2030 г. Въвеждането на концепцията в ДМП означава обхващане на цялостната визия на фирмите (CAD/CAM системите за проектиране и програмиране; онлайн системите краен клиент-производител; производствен контрол на всички етапи чрез дигитализация и ИТ системи, организиращи информационните потоци; автоматизация и оптимизация при избора на всички параметри, агрегати, инструменти, допустими стойности, обков, материали и др., както и тяхното обезпечаване с помощта на облачни решения; автоматизиране и роботизиране на производството). Следва да се изтъкне, че съвременните

машини, използвани в ДМП не са се променили съществено по отношение на тяхната механика и електроника. Значително се променят и то сравнително бързо управляващите софтуерни продукти.

Българската фирма „МОС Консулт ООД“ - гр. Варна [3] има вече дългогодишен опит в сферата на автоматизацията на процесите и интеграцията на модерни софтуерни решения за оптимизация на производствените процеси в мебелната промишленост т.е. във внедряване на Индустрия 4.0. Добър пример за иновативно производство на мебели в България е фирмата „Ергодизайн“ ООД – гр. Русе. Направените инвестиции в последните няколко години и с консултантската помощ на фирма „МОС Консулт“ ООД, промениха изцяло структурата на компанията в посока на въвеждане на Индустрия 4.0. Постигнати са изключително добри резултати, изразяващи се в повишаване на обема и качеството на продукцията, намаляване на брака, оптимизиране на производствените разходи и др. Друг добър пример също от Русе е фирмата „Ирим“ ЕООД, инвестирала сериозни финансови средства в иновативни технологии и технологично оборудване. Двете фирми не са изключение за модерното производство на мебели у нас. Говори се вече и за „кръгова икономика“, която е модел на производство и потребление, ограничаващ до минимум процента на отпадъците.

Фирмата „Кроношпан“ ЕООД е инвестирала 500 милиона лева в своята фабрика в гр. Велико Търново, в модернизация на производствените линии за ламинирани ПДЧ и нови инсталации и съоръжения за производство на ПДВ. Производството е напълно автоматизирано и отговаря на европейските изисквания за най-добри налични техники в момента. Създадената организация на производството реализира минимум отпадъци и замърсяване на околната среда. Преминаването към кръгова икономика осигурява именно такъв благоприятен ефект.

На международното изложение Ligna в Ханوفر през миналата 2019 година под надслов „Мебелна фабрика на бъдещето“, немският концерн Homag Group демонстрира предимствата на Индустрия 4.0, по-конкретно, как отделните машини комуникират помежду си и вземат решения за оптимизиране на технологичния процес, а транспортирането на детайлите между отделните производствени операции се извършва от роботизирани платформи.

За успешното внедряване на Индустрия 4.0 в пълния ѝ капацитет в икономиката е необходимо да има висококвалифицирани специалисти. Какви знания и умения трябва да имат те? Отговорът на специалистите от фирмите, предлагащи оборудване от посочения по-горе тип е категоричен: за производството на изделия от дървесина и мебели, това технологично оборудване трябва да се обслужва и управлява от хора с добри познания по отношение на материалите, машинните процеси, инструментите и технологиите. Несъмнено те трябва да имат добра дигитална грамотност като потребители на такъв вид технологично оборудване, а

не като софтуерни специалисти или машиностроители. Изхождайки от тези предпоставки, във факултета по Горска промишленост (ФГП) на ЛТУ се разкрива нова специалност „Компютърни технологии в мебелната индустрия“ с първи прием за учебната 2020/2021 година. Обучението в ОКС „Бакалавър“ ще е с продължителност 8 семестъра и ще приключва с разработване и защита на дипломна работа. Учебният план на специалността предвижда освен съответните технологични дисциплини, още и такива, които са свързани тясно с областта на дигиталните и цифрови умения, т.е., със същността на Индустрия 4.0.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С преминаването от планово към пазарно стопанство и от държавна към частна собственост след края на 1989 г., българската ДМП изживя първоначално сериозен спад по отношение на материалната база, машинния парк и степента на механизация и автоматизация. В периода 1998-2006 г. се създадоха вече предпоставки за осъществяване на инвестиционен процес в нови технологии и машини. След влизането през 2007 г. на България в ЕС, ДМП бележи силно развитие, особено в мебелния сектор, засегната негативно само през кризисната 2009 г. Положено е и начало на внедряване на съвременни компютърни технологии в производството, т.е., начало на въвеждане в него на „Индустрия 4.0“, както и на подготовка от ЛТУ на специалисти за нейното обслужване.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шехтов, Хр. 50 години учебна, научноизследователска и внедрителска работа в областта на механизацията и автоматизацията в дървообработването и производството на мебели, сп. „Дървообработване и производство на мебели“, бр. 2, 2001, (с. 2-6).
- [2] Живков, В., Състояние и тенденции в развитието на световната, европейската и българската индустрия, сп. ДМП, Бисмар ООД, No 6, 2018 (с. 44-48 ISSN1311-3380).
- [3] MOS Consult (2019) Industry 4.0 и в България, сп. ДМП, Бисмар ООД, No 3 (с. 52-54, ISSN 1311-3380).

Abstract: The state of mechanisation and automation in woodworking and furniture industry in Bulgaria after 1989 has been described. The tendencies of its future development and the qualification of future specialists are outlined.

ОПРЕДЕЛЯНЕ ЧРЕЗ МОДЕЛИРАНЕ НА ФАКТОРИТЕ, ПОРАЖДАЩИ ГРЕШКИ ПРИ ОБРАБОТВАНЕТО

Петър Рачев
 ТУ - Габрово
 гр. Габрово, България
 e-mail: ra4ev_petar@abv.bg

Мирослава Ненчева
 ТУ - Габрово
 гр. Габрово, България
 e-mail: nencheva@tugab.bg

Резюме: В доклада са разглежда методика за съставяне на математически модел на технологичен процес като се използва матричното записване на закона за движение на телата. Този модел може да се използва за моделиране на грешките при обработване.

Ключови думи: технологичен процес, математическо моделиране, грешки.

I. УВОД

Една от съставните части на теорията на формообразуването се явява методът на съставяне на математически модел на технологичен процес, използван за получаване на повърхност от детайла чрез рязане. В математическия модел влиза описание формата на режещия ръб на инструмента и закона на неговото движение относно заготовката. При това, като правило, се разглеждат няколко координатни системи на отчитане и се работи със сравнително сложно движение на телата.

За съставяне на математически модел на произволен процес на формообразуване, удачно се указва матричното записване на закона на движение на телата.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

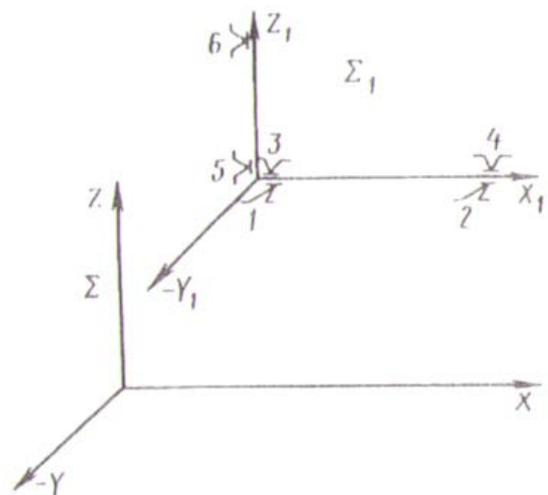
При обработване на детайлите върху металорежещи машини (ММ) формата и размерите на обработваните повърхнини се получават в резултат на относителното движение на технологичните бази на обработвания детайл и изпълнителните повърхнини на режещия инструмент. Предварително обработваният детайл е установен в приспособление, а режещият инструмент е настроен на необходимия размер за статично настройване. Размерът, който се получава в резултат на обработването е затварящо звено на размерната верига на ТС. В процеса на обработване в резултат на действието на динамични фактори (силови и топлинни деформации, износване на режещия инструмент и т.н.) възникват допълнителни премествания на технологичните бази на обработвания детайл и изпълнителните повърхнини на режещия инструмент, водещи до грешки при обработването.

Следователно за моделиране на процеса на образуване на грешки при обработване е необходимо да се изведат уравнения на движение на изпълнителния елемент на режещия инструмент в координатната система, определена от технологичните бази на обработвания детайл. Тези уравнения се извеждат на

база на формализирана схема, отразяваща размерните, кинематични и динамични връзки на ТС [1, 4].

Поради сложността на моделирания обект, се приема формализираната схема да бъде представена във вид на структурен (топологичен) модел – особен вид математичен модел, даващ информация за състава на моделирания обект и за съществуващите в него връзки.

За отчитане на влиянието на действащите фактори на грешките при обработване в началото е необходимо да се получи уравнението на движение на опорните точки [1,3]. В резултат на действието на тези фактори се получават грешки при обработването, които могат да се определят чрез преместване на опорните точки на координатните системи. От своя страна преместването на опорните точки създава преместване и завъртане на координатните системи. Поради това в началото трябва да се установи аналитичната зависимост между трите премествания и ротации на координатната система от преместването на опорните точки. Тези зависимости се определят от геометрични отношения. Тази зависимост може да се определи за система Σ_1 (Фиг.1) зададена в система Σ .



Фиг. 1 Схема на опорните точки

Като се зададе преместване λ на опорните точки в координатната система Σ в направление на лишаване на съответните степени на свобода, може да се определят шестте координати определящи новото положение на координатната система Σ_1 в системата Σ [1, 2].

ТАБЛИЦА 1 Координати на опорни точки

| Опорна точка | Система Σ1 | | | Система Σ | | |
|--------------|------------|-----|-----|-----------|----|----|
| | X11 | Y11 | Z11 | X1 | Y1 | Z1 |
| 1 | X11 | Y11 | Z11 | X1 | Y1 | Z1 |
| 2 | X21 | Y21 | Z21 | X2 | Y2 | Z2 |
| 3 | X31 | Y31 | Z31 | X3 | Y3 | Z3 |
| 4 | X41 | Y41 | Z41 | X4 | Y4 | Z4 |
| 5 | X51 | Y51 | Z51 | X5 | Y5 | Z5 |
| 6 | X61 | Y61 | Z61 | X6 | Y6 | Z6 |

За варианта показан на фиг. 1 може да се запишат следните зависимости:

$$\begin{aligned}
 x &= \lambda_5 ; y = \lambda_3 + x_{11} \operatorname{tg} \theta ; \\
 z &= \lambda_1 + x_{11} \operatorname{tg} \Psi ; \\
 \varphi &= \lambda_6 / z_1 ; \Psi = \operatorname{arctg} \left(\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{x_{21} - x_{11}} \right) ; \quad (1) \\
 \theta &= \operatorname{arctg} \left(\frac{\lambda_3 - \lambda_4}{x_{21} - x_{11}} \right) ,
 \end{aligned}$$

където $\lambda_1 - \lambda_6$ са премествания на опорните точки.

В уравнението на движение вместо координатите $x, y, z, \varphi, \psi, \theta$ радиус-векторите и матриците се поставят десните части на на уравнения 1, даващи връзка между преместването на опорните точки с шестте координати.

При разработване на еквивалентната схема се въвеждат координатни системи характеризиращи основните елементи на технологичната система. За определяне на грешките се отчита влиянието на положението на една координатна система спрямо друга. Това може да става като се използват зависимостите за връзка между координатните системи. За еквивалентната схема показана на фиг. 2 се приема, че неподвижна координатна система е $\Sigma_3[2,4]$.

Като се съединят началата на координатните системи с радиус-вектори може да се запишат две векторни равенства:

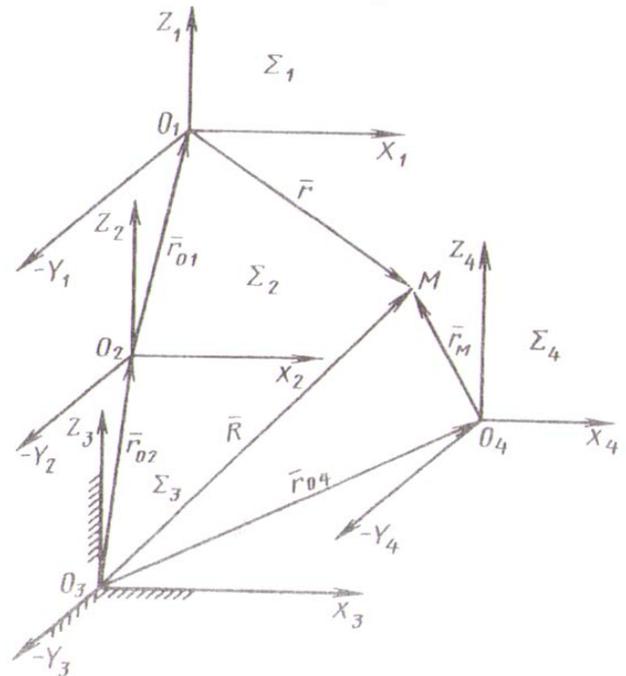
$$\vec{R} = \vec{r}_{02} + \vec{r}_{01} + \vec{r} ; \quad (2)$$

$$\vec{R} = \vec{r}_{04} + \vec{r}_M \quad (3)$$

Като се приравнят десните части на уравнения (2) и (3) се получава уравнение на радиус вектора \vec{r} определящ положението на точка М в системата Σ_1 .

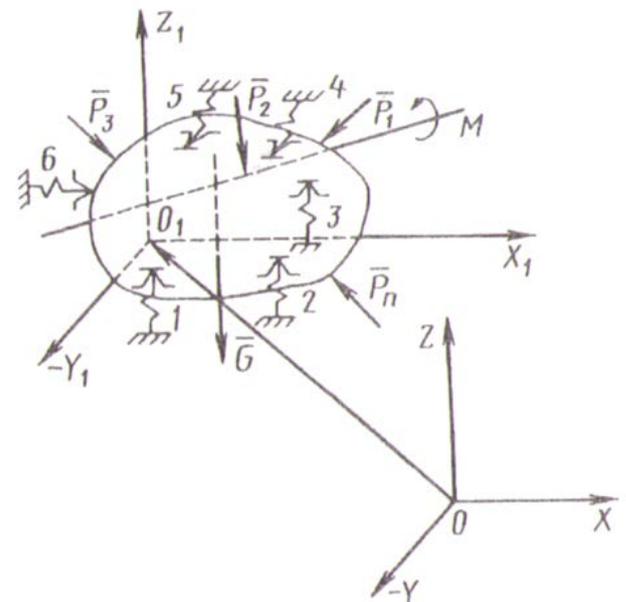
$$\vec{r} = \vec{r}_{04} + \vec{r}_M - \vec{r}_{02} - \vec{r}_{01} \quad (4)$$

За да се въведат в уравнението на движение фактори, водещи до отклонение на движението на точка М (фиг. 2) в координатна система Σ_1 , е необходимо преместванията λ_i на всяка опорна точка да се представят като функция на този фактор.



Фиг. 2 Векторни връзки в еквивалентна схема

Например еластичното преместване λ_i на опорната точка на детайла може да се представи като зависимост от стабилността (фиг.3).



Фиг. 3 Схема на действие на сили и моменти в координатната система

$$\lambda_{yi} = R_i / J_i \quad (4)$$

където R_i е реакция на i -та опорна точка от всичките сили и моменти, действащи на детайла в тази координатна система; J – стабилност на i -та опорна точка.

За да се определят реакциите в опорните точки, се съставят шест уравнения на равновесие от статиката: $\Sigma P_x = 0; \Sigma P_y = 0; \Sigma P_z = 0; \Sigma M_x = 0; \Sigma M_y = 0; \Sigma M_z = 0$.

Стабилността на детайла в опорните точки се пресмята или се определя експериментално. По същия начин в уравнението за движение може да се включат и други фактори като топлинни премествания, износване, остатъчни напрежения, като те се представят чрез преместване на опорните точки. Като се постави в уравнението на движение вместо преместването на опорните точки техните функции и се въведат определени ограничения, се получава математически модел на механизма на получаване на геометричните грешки.

III. ИЗВОДИ

Обработването на детайли на металорежещи машини се характеризира с голямо разнообразие от методи на обработване (струговане, фрезование, свредловане, шлифоване и др.) режещи инструменти и приспособления. Те оказват влияние при получаване на грешките при обработване, предизвикани от различни фактори. Във всеки конкретен случай има специфичен начин на образуване на грешките при обработване.

Методът на координатните системи с деформиращи се връзки дава възможност за единен подход при построяване на модела на механизма на получаване на грешките независимо от метода на обработване, типа на металорежещото оборудване, металорежещите инструменти и приспособления.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Базров Б.М., Основы технологии машиностроения, Машиностроение, Москва, 2007, ISBN 978 – 5 217-03374-4.
- [2] Rachev P. T., Mathematical modeling of errors obtaining process during mechanical treatment, 11th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry", RaDMI 2011, Vol. 2, Sokobanja, Serbia., 2011, p. 1217-1222.
- [3] Къртунов С. П. Рачев., Учебник по технология на машиностроенето и уредостроенето – , УИ „ В. Априлов „ ТУ-Габрово, 2009 ISBN 978-954-683-455-3.
- [4] Рачев П., Анализ на технологични грешки при обработване на цилиндрични зъбни колела с прави зъби- дисертация, ТУ Габрово, 2009.

ЗЪБНИ ПРЕДАВКИ С АСИМЕТРИЧЕН ПРОФИЛ И ВЪТРЕШНО ЗАЦЕПВАНЕ

Генади 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

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

Резюме: В доклада са представени възможностите за геометричен синтез на еволвентни цилиндрични зъбни предавки с асиметричен профил и вътрешно зацепване. Построени са безусловните области на съществуване в полето на независимите коефициенти на изместване на инструмента. Определени са качествените показатели на еквивалентните предавки с различен асиметричен профил на образуване.

Ключови думи: вътрешно зацепване, асиметричен еволвентен профил

I. Увод

Еволвентните цилиндрични зъбни предавки с вътрешно зацепване имат редица предимства пред предавките с външно зацепване някой от които са: по-малки габарити при по-големи предавателни отношения, по-висок коефициент на припокриване и по-малък шум, по-малки контактни напрежения и като цяло по-голяма товарносимост на зацепването. Основен недостатък на тези предавки е в технологичните трудности при производството на колелото с вътрешни зъби и в избора на инструмент за нарязването му по метода на центроидното обвиване. При мини- и малкомодулните зъбни колела съществуват и други методи за изработване на колелата, което прави тези предавки предпочитани при големи предавателни отношения. В литературата [1] се дават насоки за избор на профилни ъгли на инструментите за производството на такива предавки със симетричен профил, като са предпочитани следните профилни ъгли $\alpha=25$ и 28 deg. По-този начин се повишава възможността за избор на изместванията на инструмента, постига се по-малко динамично натоварване на зацепването и по-голяма товарносимост. С оглед получаването на предавки с непознати до този момент качествени показатели в статията се предлага използването на асиметричен профил, който позволява оптимален синтез на зацепване по предварително зададени качествени показатели.

Цел на настоящия доклад е изследването на безусловните области на съществуване при зъбни предавки с асиметричен профил на зъбите и вътрешно зацепване с и без реверсиране на посоката на движение.

II. ИЗСЛЕДВАНЕ НА БЕЗУСЛОВНИТЕ ОБЛАСТИ НА СЪЩЕСТВУВАНЕ ПРИ АСИМЕТРИЧЕН ЗЪБЕН ПРОФИЛ

A. Необходимо и достатъчно условие

Синтеза на зъбна предавка с асиметричен профил на зъбите и вътрешно зацепване се извършва на база теоремата за реверсиране на посоката на движение [2], която дава необходимото и достатъчно условие за определяне на профилните ъгли на зацепване за съставните профили във вида:

$$\left| \frac{\operatorname{inv}\alpha_{tw} + \operatorname{inv}\alpha_{tw}^*}{\cos\alpha_{tw} \cos\alpha_{tw}^*} = \frac{2(x_2 - x_1)(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\alpha^*)}{z_2 - z_1} + \frac{\operatorname{inv}\alpha_t + \operatorname{inv}\alpha_t^*}{\cos\alpha_t \cos\alpha_t^*} \right|, \quad (1)$$

където α_{tw} и α_{tw}^* са профилните ъгли на зацепване в челното сечение;

α_t и α_t^* – профилните ъгли на инструмента в челно сечение;

x_1 и x_2 – коефициентите на изместване на инструмента за колелата от предавката, като за колелото с вътрешни зъби се приема коефициент на изместване на еквивалентното колело с външни зъби.

Профилните ъгли на зацепване α_{tw} и α_{tw}^* се определят по метода на последователните приближения до желаната точност по следната итерационна зависимост.

Определените по този подход профилни ъгли на зацепване на колелата от предавката с вътрешно зацепване позволяват двата съставни профила на всяко от колелата да се реализират с един инструмент, който има едно изместване:

$$\alpha_{tw(n+1)} = \alpha_{tw(n)} - \frac{\text{inv}\alpha_{tw(n)} + \text{inv} \left(\arccos \left(\frac{\cos\alpha_t^*}{\cos\alpha_t} \cdot \cos\alpha_{tw(n)} \right) \right)}{\text{tg}^2\alpha_{tw(n)} + \text{tg}^2 \left(\arccos \left(\frac{\cos\alpha_t^*}{\cos\alpha_t} \cdot \cos\alpha_{tw(n)} \right) \right)} + \frac{\left\{ 2(x_2 - x_1)(\text{tg}\alpha + \text{tg}\alpha^*) / (z_2 - z_1) \right\} + \text{inv}\alpha_t + \text{inv}\alpha_t^*}{\text{tg}^2\alpha_{tw(n)} + \text{tg}^2 \left(\arccos \left(\frac{\cos\alpha_t^*}{\cos\alpha_t} \cdot \cos\alpha_{tw(n)} \right) \right)} \quad (2)$$

В. Хипотези в изследването

- за двете козела от предавката не се предвиждат отрицателни коефициенти на изместване. Това се налага от факта, че за колелото с вътрешни зъби се работи с еквивалентното колело с външни зъби и понятието подрязване на такова колело няма практически смисъл;
- колелото с външни зъби се произвежда с червячна мини- или малкомодулна фреза или друг метод, който осигурява същата геометрия на профила;
- колелото с вътрешни зъби се произвежда по метода на центроидно обвиване с друго мини- или малкомодулно зъбонарезно колело (дълбач) което има параметри $z_0=22$, $x_0=0,1$ или по друг метод осигуряващ същата геометрия на колелото с вътрешни зъби.

III. ПОЛУЧАВАНЕ НА БЕЗУСЛОВНИТЕ ОБЛАСТИ НА СЪЩЕСТВУВАНЕ

Изследването върху областите на съществуване при асиметрия на профили е извършено върху изходна предавка с параметри $m=1$ mm, $\alpha=\alpha^*=25\text{deg}$, $z_1=30$, $u=2$, ъгъл на наклон на зъбите $\beta=0$, минимален постоянен коефициент на радиална хлабина и условни коефициенти на височините на инструментите: $h^*_a=1$, $h^*_f=1,25$.

На фиг.1 са изобразени последователно областите на съществуване на изходната предавка със симетричен профил и заместващите предавки с асиметричен профил с и без реверсиране посоката на движение. За асиметричния профил с реверсиране на посоката на движение избора на коефициенти на изместване се определя от общата област на две подобласти, които са реализирани поотделно за всеки един от съставните профили.

Обозначенията на фиг.1 са както следва:

ϵ_α и ϵ^*_α – изолиниите на челните коефициенти на припокриване за двата съставни профила;

α_{10} и α^*_{10} – профилните ъгли в граничните работни точки на инструмента, който е необходим за изработване на колелото с вътрешни зъби по метода на центроидно обвиване;

α_{11} и α^*_{11} – профилните ъгли в граничните работни точки от двата съставни профила за колелото с външни зъби при изработването му с червячна фреза;

α_{12} и α^*_{12} – профилните ъгли в граничните работни точки от двата съставни профила за колелото с вътрешни зъби при изработването му със зъбодълбачно колело;

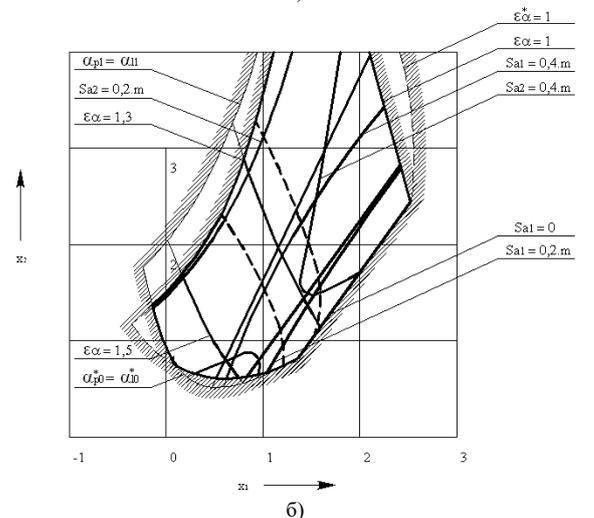
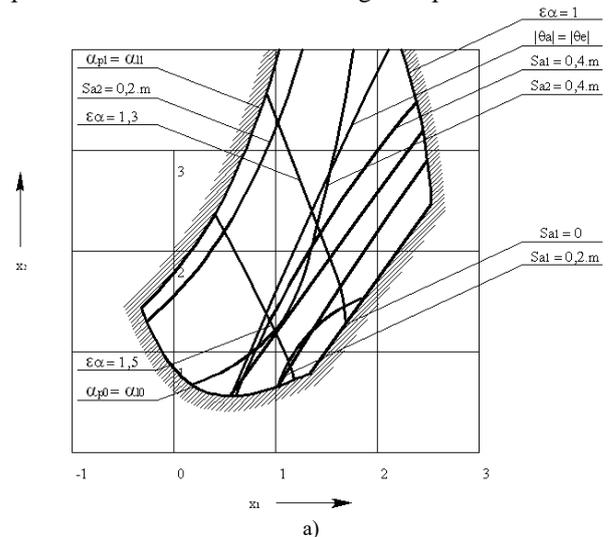
α_{p0} и α^*_{p0} – профилни ъгли в долните активни точки на инструмента при изработване на колелото с вътрешни зъби;

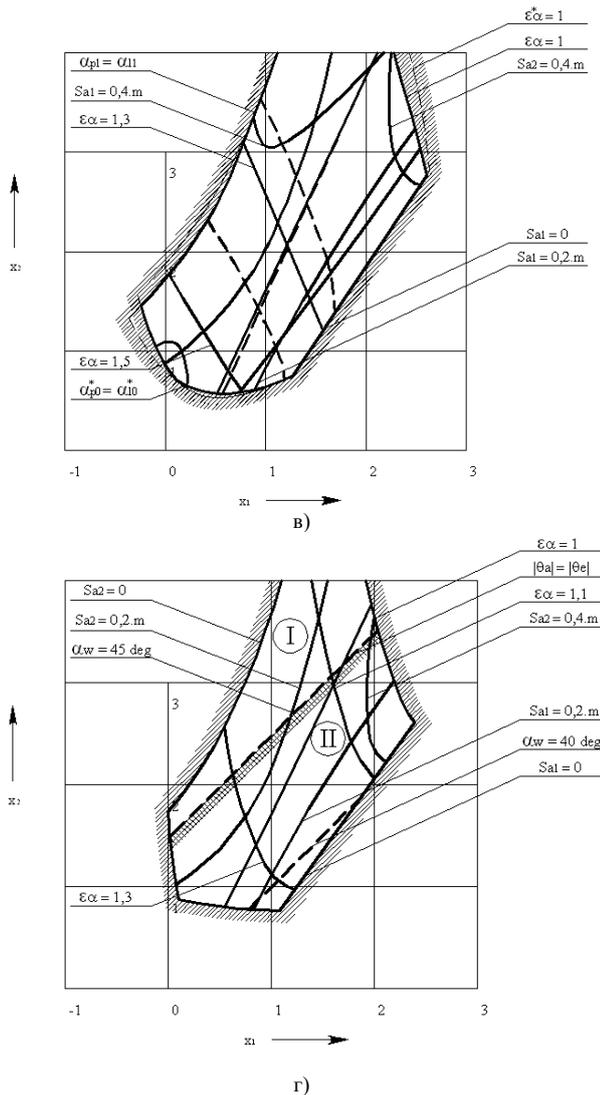
α_{p1} и α^*_{p1} – профилни ъгли в долните активни точки за двата съставни профила на колелото с външни зъби при съвместната му работа с колелото с вътрешни зъби;

α_{p2} и α^*_{p2} – профилни ъгли в долните активни точки за двата съставни профила на колелото с вътрешни зъби при съвместната му работа с колелото с външни зъби;

S_{a1} и S_{a2} – дебелините на профилиите по върховата окръжност за колело 1 и 2 от предавката.

Като основен работен профил на предавката е избран при реверсиране профилен ъгъл на инструмента $\alpha=30\text{deg}$. Всички изолинии на работния профилен ъгъл са изобразени на фиг.1 с непрекъснати линии, а за неработния ъгъл $\alpha^*=20$ или 25deg – с прекъснати линии.





Фиг. 1 Безусловни области на съществуване при симетричен и асиметричен зъбен профил при различни профилни ъгли на инструмента:

а) $\alpha = \alpha^* = 25 \text{ deg}$; б) $\alpha = 20 \text{ deg}$ $\alpha^* = 30 \text{ deg}$; в) $\alpha = 25 \text{ deg}$ $\alpha^* = 30 \text{ deg}$; г) $\alpha = 40 \text{ deg}$ $\alpha^* = 10 \text{ deg}$

В таблица 1 са представени основните качествени показатели при равно изместване $x_1 = x_2 = 1$ и минимална гарантирана радиална хлабина $s = 0,1 \text{ m}$ при различни стойности на асиметрията, които са възприети като определящи за еквивалентната замяна на предавките.

Съгласно данните на проведеното изследване, като заместваща предавка на изходната със симетричен профил на зъбите е избрана предавка с асиметрия $\alpha^* = 20 \text{ deg}$ и $\alpha = 30 \text{ deg}$, която осигурява повишаване на челния коефициент на припокриване с 11 % в работно направление без влошаване на другите качествени показатели на зацепването. Такава еквивалентна предавка с асиметричен профил се характеризира с по-малък шум и по-плавна работа поради увеличеният коефициент на припокриване, като запазва своята товароносимост за сметка на увеличаване на другия профилен ъгъл от инструмента. При изискване за

повишаване на товароносимостта в работно направление като се запазват качествените показатели на зацепването е възможен избора на третия вариант на асиметрия $\alpha^* = 25 \text{ deg}$ и $\alpha = 30 \text{ deg}$, което прави задачата за избора на профилни ъгли на инструмента многовариантна и зависи изцяло от поставени изисквания към зацепването.

ТАБЛИЦА 1 КАЧЕСТВЕНИ ПОКАЗАТЕЛИ НА ЗАЦЕПВАНЕТО

| Вид на предавката | Профилни ъгли на инструмента | Дебелини на зъбите по върховете окръжности | Челен коефициент на припокриване | Специфично плъзгане |
|--|--|--|--|---|
| Симетрична Реверсивна фиг. 1 а) | $\alpha = \alpha^* = 25 \text{ deg}$ | $S_{a1} = 0,48$ $S_{a2} = 0,50$ | $\epsilon_{\alpha} = \epsilon_{\alpha}^* = 1,38$ | $ \theta_{a} = 0,03$ $ \theta_{e} = 0,22$ |
| Асиметрична Реверсивна фиг. 1 б) | $\alpha^* = 20 \text{ deg}$ $\alpha = 30 \text{ deg}$ | $S_{a1} = 0,46$ $S_{a2} = 0,49$ | $\epsilon_{\alpha}^* = 1,53$ $\epsilon_{\alpha} = 1,28$ | $ \theta_{a} = 0,02$ $ \theta_{e} = 0,18$ $ \theta_{a}^* = 0,05$ $ \theta_{e}^* = 0,28$ |
| Асиметрична Реверсивна фиг. 1 в) | $\alpha^* = 25 \text{ deg}$ $\alpha = 30 \text{ deg}$ | $S_{a1} = 0,39$ $S_{a2} = 0,37$ | $\epsilon_{\alpha}^* = 1,38$ $\epsilon_{\alpha} = 1,28$ | $ \theta_{a} = 0,02$ $ \theta_{e} = 0,18$ $ \theta_{a}^* = 0,03$ $ \theta_{e}^* = 0,22$ |

При провеждане на изследването върху областите на съществуване с асиметричен профил на зъбите се отбеляза наличието на области на съществуване и непознати до този момент качествени показатели на зацепването, който не се постигат с използване на симетрията (фиг. 1. в). При премахване на ограниченията наложени от инструмента, т.е. при всички възможни ъгли съществува инструмента за изработване на колелото с асиметричен профил, се реализира предавка с профилни ъгли $\alpha^* = 10 \text{ deg}$ и $\alpha = 40 \text{ deg}$. Особеното при нея е че областта на съществуване се разделя условно на две подобласти:

- подобласт I – предавки, които имат профилни ъгли на зацепване в челно сечение по големи от 45 deg и челен коефициент на припокриване $\epsilon_{\alpha} > 1$ без наклон зъбите $\beta = 0$ и достатъчна дебелина на профила по върховете окръжност ($S_{a1} > 0$, $S_{a2} > 0$). При профилни ъгли на зацепване в челно сечение $\alpha_w \geq 45 \text{ deg}$ ъгълът на триене в зъбното зацепване може да създаде допълнителен момент от триене, който е противоположен на посоката на въртене на колелата и се появява ефект на самоспиране на зъбната предавка. Такива ъгли на зацепване могат да се реализират единствено при предавки с асиметричен профил когато другият от профилите се оформя на база липса на интерференция при съвместната работа на двете колела от предавката.

Използването на ефекта на самоспиране при зъбни предавки с високи ъгли на зацепване в качеството им на заклиниващи при реверсиране на посоката на движение е предложено от Н. С. Мюнстер, а областта на съществуване изобразена на фиг. 1 в) е първата по рода си даваща възможност за използване на този ефект при реални зъбни предавки на база асиметрия между профилите.

- подобласт II – ограничена от двете прекъснати линии се отнася за профилни ъгли на зацепване $40 \text{ deg} \leq \alpha_w \leq 45 \text{ deg}$. Тази подобласт II е междинна и при нея е възможно да се получат предавки със симетричен профил, но със минимална дебелина по върховата окръжност ($Sa_1 = Sa_2 = 0$) и при тях се счита че не възниква такъв допълнителен момент от триене и самоспиране на зъбната предавка.

IV. Изводи

- Предложен е подход за замяна на еволвентна цилиндрична зъбна предавка с вътрешно зацепване и симетричен профил на зъбите с еквивалентна предавка, която има асиметрия между профилите, на база безусловните области на съществуване с и без асиметрия на профила, с и без реверсиране на посоката на движение, който се изобразяват в едно поле на независими променливи $F(x_1, x_2)$.
- Постигнато е 11% увеличение на челния коефициент на припокриване на конкретна реверсивна предавка с асиметричен профил на зъбите и вътрешно зацепване в работно направление, без влошаване на останалите качествени показатели.
- Предложена е област на съществуване за конкретна предавка с асиметричен профил на зъбите, която има профилни ъгли на зацепване $\alpha_w \geq 45 \text{ deg}$, челен коефициент на припокриване $\epsilon_a > 1$, без наклон зъбите $\beta = 0$ и се появява ефект на самоспиране, която е невъзможно да се реализира със симетричен профил на зъбите.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Авиационные зубчатые передачи и редукторы – Справочник /под ред. д-р проф. Э. Б. Вулгаков/ . “Машиностроение” – 1981.
- [2] Симеонов С. К., Г. Ц. Цветанов. Необходимо и достатъчно условие за реверсиране посоката на движение при еволвентни цилиндрични зъбни предавки с асиметричен профил на зъбите- Варна 10÷12.09.2005, XXXII Национален семинар по Динамика на механични системи.

ТОВАРОНОСИМОСТ НА НЕКРЪГЛИ ЗЪБНИ КОЛЕЛА С АСИМЕТРИЧЕН ПРОФИЛ НА ЗЪБИТЕ

Генади 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

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

Резюме: В настоящия доклад е направен анализ на напрегнатото и деформационно състояние за един оборот на елиптична зъбна предавка с еволвентен асиметричен зъбен профил по метода на крайните елементи.

Ключови думи: зъбни предавки, асиметричен профил, некръгли козела, елиптична центроида, елиптични зъбни предавки, товароносимост.

I. УВОД

Оценката на товароносимостта при определени условия на работа, геометрични параметри, материали и термообработка е от първостепенна важност при конструиране на зъбни предавки.

Съществуват стандартизирани методики за якостно оразмеряване на зъбни предавки базирани на критерии за контактна и обемна якост на зъба. При пресмятане и за двата критерия се използват по седем хипотези на абстрахиране, прави се замяна на еволвентния профил с конзолно запъната греда – за обемната якост на огъване на зъба, и замяна на еволвентните повърхнини с цилиндрични – за контактната якост на зъба. За доближаване на приетия теоретичен опростен модел до реалната картина на натоварване и разпределение на напреженията са въведени различни коефициенти [3]. Въпреки това редица въпроси относно действителното разпределение на напреженията по повърхността и във вътрешността на зъба, цялостна картина на деформациите и др. остават недоизяснени. В допълнение, тези съществуващи методи за оценка товароносимостта на зъбната предавка са частично или напълно неприложими при асиметричен зъбен профил.

Използването на асиметричен зъбен профил в уредостроенето води до редица предимства, най-важните от които са: премахване на ограничението в избора на профилни ъгли на инструмента [1], намаляване на граничния брой зъби и увеличаване на предавателното отношение, получаване на ефект на самоспиране и увеличаване на обемната и контактна якост на зъба.

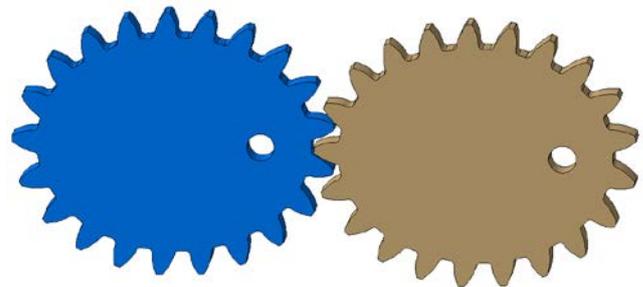
В настоящият момент в световен мащаб при непрекъснато нарастващия софтуерен потенциал и хардуерни ресурси се предоставят все по-добри възможности пред изследователи и конструктори да проверят валидността и коректността на теоретични модели на реални продукти. В много случаи компютърното моделиране и симулация е единствения

възможен начин за провеждане на предварителни пресмятания.

II. ГЕОМЕТРИЯ НА ЗЪБНИТЕ КОЛЕЛА И ДАННИ ЗА ПРЕДАВКАТА

A. 3D модел на предавката

Разработен е 3D модел на елиптично зъбно козело с асиметричен профил; $m=1$; профилни ъгли на изходния асиметричен контур $\alpha=30^\circ$ и $\alpha^*=20^\circ$; коефициент на височината на главата на зъба – $ha^*=1$; коефициент на височината на основата на зъба – $hf^*=1,25$; ширина на зъбното козело – $b=4\text{mm}$; коефициент на радиална хлабина на предавката $c^*=0,25$. Ексцентрицитет на центроидната елипса $0,57$; голяма ос $27,5\text{ mm}$; малка ос $22,5\text{ mm}$; $z=21$. Центъра на въртене е във фокуса на центроидните елипси, предавката е с две еднакви елиптични козела, а междуосовото разстояние е равно на размера на голямата ос на центроидната елипса [3].



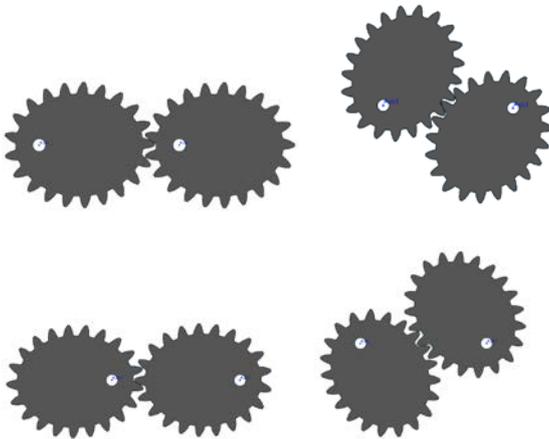
Фиг. 1. Еволвентна зъбна предавка с елиптични козела и асиметричен профил

B. Материал за зъбните козела

Двете зъбни козела са от стомана – 12ХНЗА; повърхнинна твърдост HRC=60; максимално контактното напрежение – $\sigma_{HPmax}=2640\text{ MPa}$; базово гранично контактното напрежение – $\sigma_{Hlimb}=1380\text{ MPa}$; базова якост на огъване $\sigma_{Flimb}=950\text{ MPa}$; якост на огъване при максимално натоварване $\sigma_{Fst}=2800\text{ MPa}$; модул на еластичност – $E=2,16.1011\text{ (N/m}^2\text{)}$; коефициент на Поасон – $\mu=0,29$; въртящ момент на задвижващото козело $8,5\text{ Nm}$ [1].

III. УСЛОВИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА АНАЛИЗА

При некръглите зъбни колела във всеки един момент от работата на предавката (в рамките на един оборот) параметрите са различни и поради тази причина са определени четири базови разположения на зъбните колела едно спрямо друго – фиг. 2.

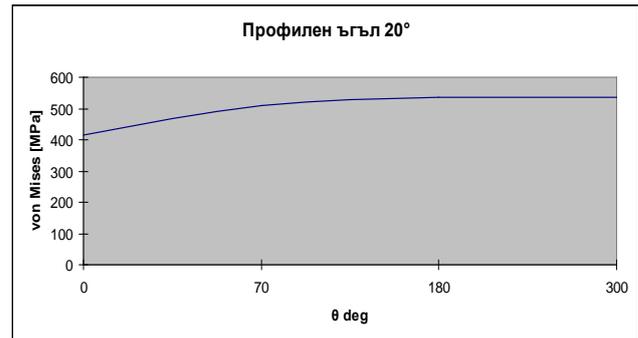
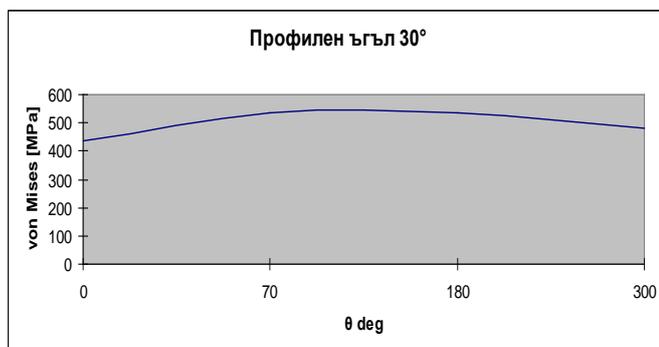


Фиг. 2. Базови разположения на зъбните колела едно спрямо друго

На задвижващото колело е дадена възможност да се върти по оста на въртене (фокуса на центроидната елипса) и е зададен въртящ момент 8,5 Nm. На задвижваното колело са наложени пълни ограничения. За всяко базово положение е проведен анализ по метода на крайните елементи, като е симулирано натоварване при въртене в двете посоки т.е. по двата профила на зъба, в момент в който е в контакт само една двойка зъби – най–неблагоприятния случай на натоварване. В противен случай натоварването би било разпределено между две съседни зъбни двойки в контакт. Коэффициента на триене е приет също за най–неблагоприятния случай при сухо триене – 0,1.

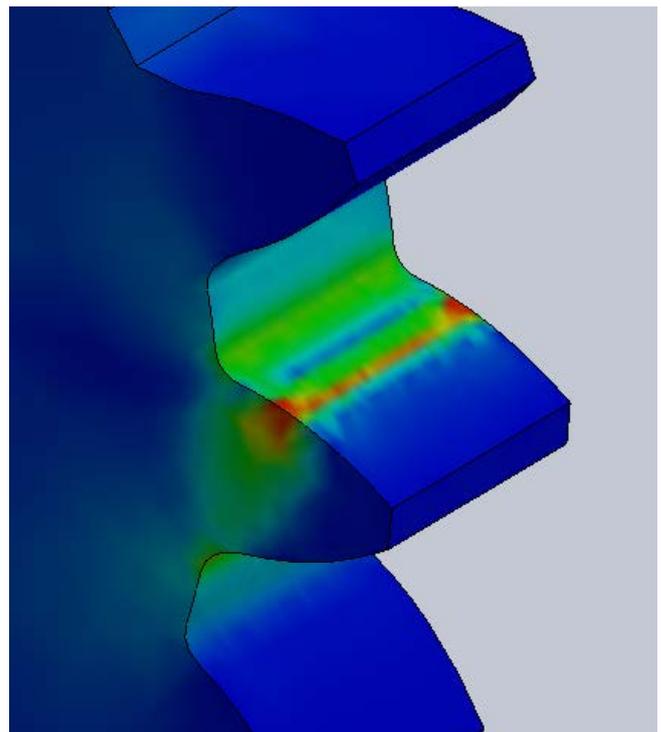
IV. РЕЗУЛТАТИ ОТ АНАЛИЗА

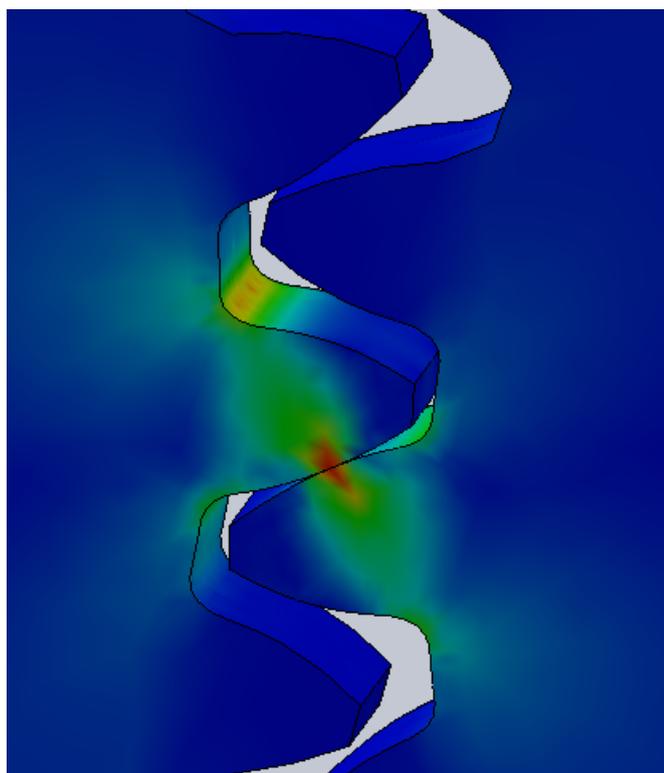
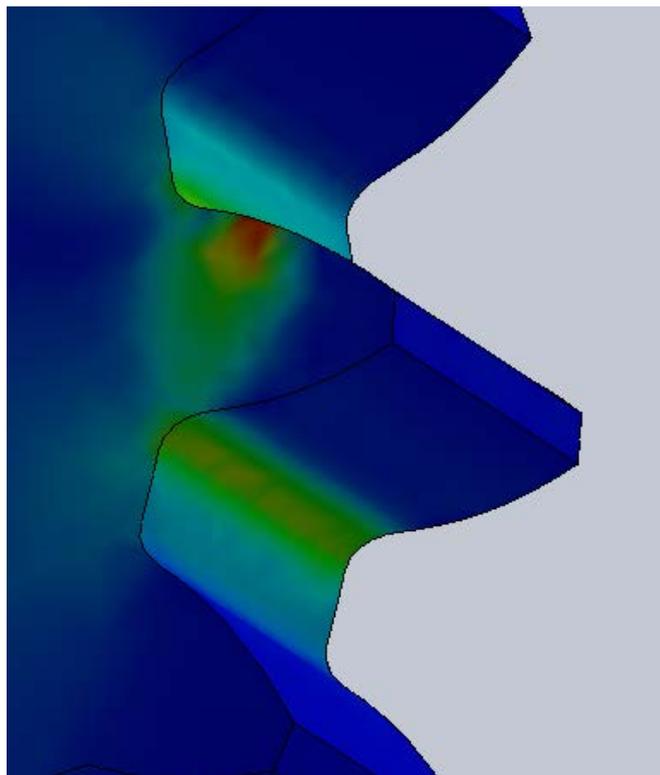
Резултатите са обобщени в диаграмите на фиг. 3 за двата профилни ъгъла. Вижда се, че изменението на натоварването по време на работа на зъбна предавка с елиптични зъбни колела е променливо в зависимост от ъгъла на завъртане θ .



Фиг. 3. Изменение на еквивалентното напрежение в елиптична предавка

Проведените симулации показват характерна неравномерност на разпределение на контактните напрежения в зоната на контакта. На фиг. 4 е показано разпределението на еквивалентните напрежения по четвърта якостна теория (von Mises) за един от симулираните варианти. Ясно личи от фигурите, че максималните контактни напрежения са концентрирани в краищата на контактната линия.





Фиг. 4. Картина на еквивалентните напрежения в зъба

Максималната отчетена стойност на повърхностните напрежения в зоната на контакта е 524,6 МПа, а в основата на зъба е 543,2 МПа. Максималните отчетени премествания са 0,0935 mm.

V. Изводи

- На база получените резултати може да се приеме, че предавката е в състояние да понесе натоварването от приложения въртящ момент.
- При анализираната елиптична зъбна предавка натоварването на всеки зъб е различно, следователно износването ще бъде в различна степен, докато при предавка с кръгли колела износването на всички зъби е еднакво. Това е валидно за всички зъбни предавки с некръгли колела.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Цветанов Г. Изследване на малкомодулни зъбни предавки с асиметричен профил, Дисертация за получаване на образователна и научна степен: Доктор, Габрово 2004.
- [2] Панайотов П., Цветанов Г. Зъбни предавки с асиметричен профил на зъбите, Варна 2011
- [3] Арнаудов К. и др. Машинни елементи. "Техника", София, 1980

МОДЕЛИРАНЕ ЧРЕЗ ГРАФ НА НАДЕЖДНОСТНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА ГЛАВНИЯ ПРЕВОД НА МЕТАЛОРЕЖЕЩА МАШИНА С ЦИФРОВО-ПРОГРАМНО УПРАВЛЕНИЕ

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

Резюме: Докладът е посветен на проблематиката, свързана с моделирането на надеждностното поведение на сложни технически обекти, характеризиращи се със сравнително голямо разнообразие на физиката на възникващите откази. Обект на изследването е комплектуващата система „Главен превод” на стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление. Включването на параметрите на тези разнородни откази в един модел се извършва въз основа на теорията на графите.

Ключови думи: моделиране, надеждност, главен превод, граф, металорежеща машина

I. Увод

Изграждането на модел на експлоатационната надеждност на сложен технически обект е обективно трудна задача. Основната трудност при такова моделиране е голямото разнообразие на механизмите, по които протичат процесите, влияещи върху тази надеждност. Сложните технически обекти са изградени от различни части, например електрическа, механична, оптична, пневматична и др. Във всяка от тези части възникват откази по физически различни механизми. Поради това обикновено изследователите избират друга пътека за надеждностно моделиране, а не изграждането на обобщен надеждностен модел. Компромисите се правят по различни направления, например:

- моделират се само определени характеристики на експлоатационната надеждност на сложния технически обект, например времеви характеристики, такива в парично изражение, в броя и др. [1, 2, 3];
- изследват се само определени части на системата, например които са лимитиращи за надеждността ѝ [4, 5];
- обект на изследване е само конкретен процес, влияещ на надеждността, например корозията, влиянието на човека;
- изграждането на надеждностния модел на цялата система се извършва само на формално математическо ниво [6, 7].

Несъмнено обаче, реализирането на цялостен надеждностен модел на сложна техническа система, в който да бъде обхваната широката палитра едновременно на всички възникващи откази има потенциала да разкрие взаимовръзки между факторите и

процесите, влияещи на надеждността, които без този единен модел не биха били отчетени.

В настоящия доклад са изследвани възможностите на теорията на графите за изграждане на такъв модел на експлоатационната надеждност на сложен технически обект. Ограниченият обем на доклада не позволява цялостната реализация на модела. За това конкретното изследване е посветено на конкретна комплектуваща система. Крайната цел обаче е именно получаването на именно такъв цялостен надеждностен модел на сложна техническа система. Настоящото изследване дава само фрагмент от крайната картина при моделирането.

II. МЕТОДИКА – ОСНОВНИ МОМЕНТИ

Като типичен сложен технически обект в настоящото изследване е разглеждана стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление с нейните електронна, електрическа, механична и хидропневматична части. По-конкретно е разглеждана комплектуващата система „Главен превод”. Изследването обхваща три машини малък типоразмер, родно производство. Наблюдаваната експлоатация обхваща около 1500 работни часа общо за три машини.

Целта, към която се стремим, е да построим граф $G(V, E)$,

където:

V –множеството върхове на графа,

E –множеството ребра на графа.

Дефинираме множеството на върховете на графа V като съставните му елементи са комплектуващите системи на разглежданата машина, имащи отношение към експлоатационната надеждност на комплектуващата система „Главен превод”. Въз основа на натрупаната статистическа информация и на базата на експертна оценка правим първоначална оценка на елементите на множеството V . Получаването на крайният вид на графа G , в частност – на множеството V , ще бъде итеративен процес.

В качеството на елементи на множеството на ребрата E на графа определяме факторите и процесите, които формират експлоатационната надеждност на разглежданата комплектуваща система. И тук окончателният вид на множеството на ребрата E ще бъде получен чрез итеративен процес.

Целесъобразно е предварително преди непосредственото реализиране на изследването да бъдат съставени два класификатора. Първият е сравнително лесно осъществим – той съдържа списък на всички комплектуващи системи на изследваната металорежеща машина. Този списък формира множество, чието подмножество е множеството V. Вторият класификатор съдържа всички фактори и процеси, имащи отношение към експлоатационната надеждност на струговата металорежеща машина с цифрово-програмно управление. Първоначалното съдържание на това множество се извършва въз основа на предварителна експертна оценка. Това множество съдържа в себе си подмножеството E. Както и множеството E и това множество е отворено за итеративен процес на уточняване (допълване).

Съставянето на тези два класификатора е първата итерация по пътя на получаването на окончателния вид на графа G(V, E).

Предложената методика предвижда ребрата E на графа G (факторите и процесите, формиращи експлоатационната надеждност на разглежданата комплектуваща система) да бъдат класифицирани в три групи:

- 1) фактори и процеси, обусловени от външни фактори, включително човека;
 - 2) фактори и процеси, обусловени от взаимното влияние на комплектуващите системи и разглежданата комплектуваща система;
 - 3) фактори и процеси, вътрешни за разглежданата комплектуваща система.
- Тази класификация първоначално се извършва на база експертна оценка и в процеса на изследването може итеративно да бъде уточнявана.

III. ПОСТРОЯВАНЕ НА ГРАФА $G_{ГП}(V_{ГП}, E_{ГП})$

$V_{ГП}$ е крайното множество върхове на графа $G_{ГП}$. Това са комплектуващите системи и околната среда, взаимодействащи си с разглежданата комплектуваща система в надеждностно отношение.

$E_{ГП}$ е крайното множество ребра на графа $G_{ГП}$. Това са факторите и процесите, чрез които елементите на множеството $V_{ГП}$ си влияят.

За построяването на графа се използва събраната статистическа информация за възникналите откази – всеки от тях се отнася към някой елемент на множествата на върховете и ребрата на графа.

Съгласно предложената по-горе класификация отнасяме всеки от отказите към една от трите групи ребра:

- 1) фактори и процеси, обусловени от външни фактори, включително човека:
 - V – въздействие на вибрации;
 - D – въздействие на прах;
 - M – въздействие на влага;

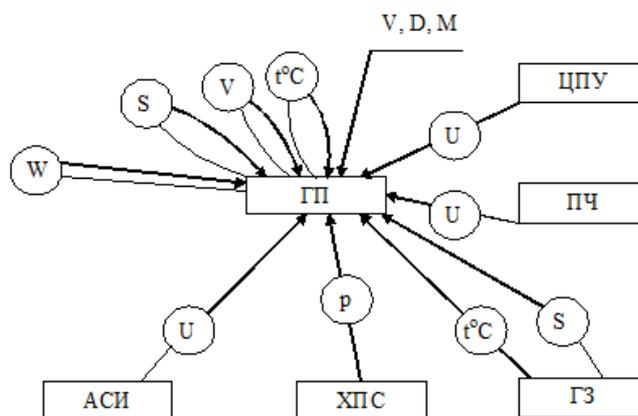
2) фактори и процеси, обусловени от взаимното влияние на комплектуващите системи и разглежданата комплектуваща система:

| | | | | | |
|----------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| от КС → към КС | ЦПУ → ГП | ПЧ → ГП | ГЗ → ГП | ХПС → ГП | АСИ → ГП |
| фактор/ процес | U | U | t°C, S | p | U |

където:

- ЦПУ - цифрово-програмно управление;
 - ГП - главен превод;
 - ПЧ - припасваща част;
 - ГЗ - главно задвижване;
 - ХПС - хидропневматична система;
 - АСИ - система за автоматична смяна на инструмента;
 - U – изменение на параметрите на ел. ток;
 - toC – въздействие на температурата;
 - S – въздействие на механични натоварвания;
 - p – повишаване или пад на налягането;
- 3) фактори и процеси, вътрешни за разглежданата комплектуваща система:
- t° C-въздействие на температурата;
 - V – въздействие на вибрации;
 - S – въздействие на механични натоварвания;
 - W – процеси на износване.

Въз основа на тази информация да построим ориентирания граф $G_{ГП}(V_{ГП}, E_{ГП})$ – фигура 1.



Фиг. 1. Ориентираният граф $G_{ГП}(V_{ГП}, E_{ГП})$ с отразеното влияние върху експлоатационната надеждност на комплектуващата система „Главен превод“ на други комплектуващи системи на машината чрез съответните фактори и процеси

СИСТЕМА ЗА КОДИРАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯ ЗА КОНСТРУКТИВНИ АЛУМИНИЕВИ ПРОФИЛИ

Мелят Севим
кат. АДП, ТУ - София
бул. "Кл. Охридски" № 8
София, България
e-mail: melyat@abv.bg

Стилиян Николов
кат. АДП, ТУ - София
бул. "Кл. Охридски" № 8
София, България
e-mail: st_nikolov2@tu-sofia.bg

Резюме: В статията е предложена система за кодиране на информацията, описваща нуждите на потребителя, от определен тип конструктивен алуминиев профил. Дадени са примери на кодиране с разработената система и са посочени нейните възможни приложения.

Ключови думи: кодиране, информация, конструктивни алуминиеви профили

I. УВОД

Алуминиевите профили, намират широко приложение в различни сфери на съвременния живот и най-вече в архитектурата и машиностроенето.

Основните области на приложението на алуминиевите профили в машиностроенето са:

- Изработване на охладители (радиатори) за различни изделия на електронната промишленост;
- Корпуси на изделия от електротехническата промишленост;
- Предпазни ограждения свързани с безопасността на труда;
- Корпусни конструкции (шасита) на различни машини;
- Елементи от конструкцията на различни механизми.

Алуминиевите профили разгледани по-горе са добили популярност като **конструктивни алуминиеви профили** [1].

Многообразието на предлаганите на пазара конструктивни алуминиеви профили, води до известни затруднения при изборът на най-подходящия за решаване на конкретната задача профил.

Целта на настоящата работа е да се разработи система, чрез която да се кодира информацията, описваща нуждите на потребителя, от определен тип конструктивен алуминиев профил.

II. КОДИРАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯ ЗА КОНСТРУКТИВНИ АЛУМИНИЕВИ ПРОФИЛИ

На база на направените в [2] проучвания и информацията предоставяна от различни производители на конструктивни алуминиеви профили [3, 4, 5] за кодиране на въвежданата от потребителя информация, е разработена система, използваща кодираща таблица показна на фиг. 1.

Резултатът от кодирането е пет цифрен код, в който значението на всяка цифра зависи от цифрите преди нея.

Отделните цифри в този код имат следните значения:

A. Първа цифра

Определя общото предназначение на търсения профил. Въз основа на направения анализ за използването на конструктивни алуминиеви профили в различни машиностроителни и мехатронни изделия и системи са определени следните основни групи:

1 Корпусни конструкции

В тази група попадат профилите, използвани за изграждане на корпусите на машини, работни позиции и автоматизирани системи.

2 Системи за движение

В тази група попадат профилите, използвани за изграждане на транспортни системи между отделни работни позиции и осигуряващи монтирането на елементите от задвижващата система в структурата на машината или системата.

3 Спомагателни системи

В тази група попадат профилите, използвани за изграждане на спомагателните системи в машини и автоматизирани системи, осигуряващи подходящи и безопасни условия на работа с тях.

B. Втора цифра

В зависимост от избраната от потребителя група профили, определена при първата стъпка на кодиране (цифра от **1** до **3**) са налични следните възможности:

• Определяне формата на напречното сечение на профила

За профилите използвани в корпусни конструкции (**първа цифра 1**), се определя формата на напречното сечение на профила.

Възможните напречни сечения се кодират с цифрите от **1** до **6**, както е показано в кодиращата таблица.

• Определяне типа на конструктивния елемент

За профили използвани в системи за движение и спомагателни системи (**първа цифра 2 или 3**), втората цифра определя конкретния елемент, в който се използва профилът.

Възможно е кодирането на четири различни конструктивни елемента, цифрите от **1** до **4**, имащи различни значения показани в кодиращата таблица, в зависимост от стойността на първата цифра.

B. Трета цифра

Кодира особености свързани с конструкцията на търсения профил, като се отчита вече направения от потребителя избор (**първите две цифри от кода**).

| ПОЗИЦИЯ НА ЦИФРАТА В КОДА | | | | | | |
|-------------------------------|---|---|--------------------------|----------------------------|---|--|
| I | II | III | IV | V | | |
| ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ | 1 Корпусни конструкции | Форма на напречното сечение | ОКОЛНА ПОВЪРХНИНА | ВЪТРЕШНА ПОВЪРХНИНА | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> 1 Квадрат 2 Правоъгълник 3 Ъглов 4 Многоъгълник 5 Окръжност 6 Дъга от окръжност | | | Конструктивни особености <ul style="list-style-type: none"> 0 Пълен 1 Скосяване 2 Закръгление 90° 3 Закръгление 180° 4 Закръгления на ъглите 0 Пълен 0 Пълен 0 Правилен 1 Неправилен 0 Пълна 1 Със скосяване 0 Централен ъгъл 90° 1 Централен ъгъл 60° 2 Централен ъгъл 45° 3 Централен ъгъл 30° | <ul style="list-style-type: none"> 0 Без канал 1 Канал по една страна 0 Плътен |
| | | Конструктивен елемент <ul style="list-style-type: none"> 1 Направляващи 2 Конвейери 3 Сачмено винтови задвижвания 4 Ремъчни задвижвания | | | Конструктивни особености <ul style="list-style-type: none"> 1 Едностранны 2 Двустранны 1 Праволинейни 2 Ъгови 1 Външни 2 Вътрешни 1 Външни 2 Вътрешни | <ul style="list-style-type: none"> 1 Канал по две страни 2 Канал по няколко страни 0 Олекотен |
| 3 Спомагателни системи | Конструктивен елемент | Конструктивни особености | ОКОЛНА ПОВЪРХНИНА | ВЪТРЕШНА ПОВЪРХНИНА | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> 1 Покривни 2 Предпазни заграждения 3 Кабелни канали 4 Осветление | Конструктивни особености <ul style="list-style-type: none"> 1 Декоративни 2 Опорни 1 Стени 2 Врати 3 Стъпала 4 Рамки 1 Отворени 2 Затворени 1 Открити 2 Закрити | | | <ul style="list-style-type: none"> 3 Канал по всички страни 4 Канал по всички страни | |

Фиг.1 Криви на разходите свързани с експлоатацията на една производствена система

Възможни са кодиране на различни особености за различни типове профили цифри от **0** до **4**, както е показано в кодиращата таблица.

Г. Четвърта цифра

Кодира формата на околните повърхнини на профила. Стойността на тази цифра не е свързана с направения до момента избор от потребителя.

Възможно е кодирането на наличието на надлъжни канали, разположени по околните повърхнини на профила, цифри от **0** до **4**, както е показано в кодиращата таблица.

Д. Пета цифра

Кодира формата на вътрешните повърхнини на профила. Стойността на тази цифра не е свързана с направения до момента избор от потребителя.

Възможно е кодирането на наличието на надлъжни отвори и канали, във вътрешността на профила, цифри от **0** до **2**, както е показано в кодиращата таблица.

III. КОДИРАНЕ НА КОНСТРУКТИВНИ АЛУМИНИЕВИ ПРОФИЛИ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА РАЗРАБОТЕНТА СИСТЕМА

Разработената кодираща система разделя конструктивните алуминиеви профили отчитайки нуждите на потребителя на 495 групи, както следва:

- профили за корпусни конструкции - 225 групи;
- профили за системи за движение - 120 групи;
- профили за спомагателни системи - 150 групи.

Примерни кодове получени с използването на разработената система са:

11041 - алуминиев профил за корпусни конструкции, с квадратно напречно сечение без закръгления и скосявания, надлъжни канали по всички страни и надлъжен централен отвор фиг.2.



Фиг.2 Профил отговарящ на код 11041

16322 - алуминиев профил за корпусни конструкции, с напречно сечение дъга от окръжност с централен ъгъл 30°, надлъжни канали по 2 околни страни, олекотен фиг.3.



Фиг.3 Профил отговарящ на код 16322

22142 - алуминиев профил за конвейерна система за движение, с надлъжни канали по всички околни страни, олекотен фиг.4.



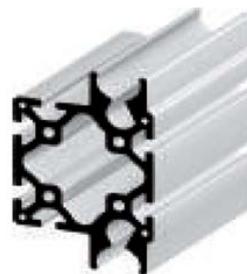
Фиг.4 Профил отговарящ на код 22142

Възможни приложения на профилите от тази група е показано на фиг.5.



Фиг.5 Възможни приложение на профил отговарящ на код 22142

21242 - алуминиев профил за монтиране на направляващи в система за движение, с надлъжни канали по всички околни страни, олекотен фиг.6.



Фиг.6 Профил отговарящ на код 21242

Възможни приложения на профилите от тази група е показано на фиг.7.



Фиг.7 Възможни приложение на профил отговарящ на код 21242

31220 - алуминиев профил за спомагателни конструкции, покривен, опорен, с надлъжни канали по две околни страни, плътен фиг.8.



Фиг.8 Профил отговарящ на код 31220

33122 - алуминиев профил за кабелни канали в спомагателни конструкции, отворен, с надлъжни канали по две околни страни, олекотен фиг.9.



Фиг.9 Профил отговарящ на код 33122

Възможни приложения на профилите от тази група е показано на фиг.10



Фиг.10 Възможни приложение на профил отговарящ на код 33122

IV. ПОЛУЧЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Разработена е кодираща система, използваща петцифрен код, позволяващ кодирането на информация, описваща нуждите на потребителя, от определен тип конструктивен алуминиев профил.

Разработената кодираща система е апробирана при кодиране на конструктивни алуминиеви профили от различни групи.

Изводи

Разработената кодиращата система може да залегне в основата на система, която в диалогов режим да генерира представения код за необходимия тип профил.

Кодиращата система е отворена и позволява добавяне на допълнителни групи от профили, за които да се генерират съответните кодове.

Генерираните с разработената система кодове, позволяват да се автоматизира търсенето на определен

тип профил, в база данни съдържаща обобщена информация за предлаганите на пазара профили.

БЛАГОДАРНОСТИ

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата статия са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ - София – 2020, **Договор №201ПД0006-06**.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Севим М., Класификация на алуминиеви профили, „Българско списание за инженерно проектиране”, брой №37, октомври 2018 г. стр. 161 - 165, ISSN 1313-7530, 2018
- [2] Севим М., Ст. Николов, Определяне на базови размери за различни типове конструктивни алуминиеви профили, Автоматизация на дискретното производство бр.1 юли 2019 г. ISSN 2682-9584 122-126 стр., 2019
- [3] <https://technokom.bg/catalog/view/43>
- [4] <https://www.elega.lt/en/industrial-aluminium-profiles>
- [5] <https://www.paletti.de/profile.htm>

CODING SYSTEM FOR CONSTRUCTIVE ALUMINUM PROFILES

Melyat Sevim, Stiliyan Nikolov

Abstract: The article proposes a system for coding the information, describing the needs of the user, of a certain type of constructive aluminum profile. Examples of coding with the developed system are given and its possible applications are indicated.

Keywords: coding, information, constructive aluminum profiles

МЕТОД ЗА ТЕХНОЛОГИЧНА ПОДГОТОВКА НА ОБРАЗЕЦ/ЕПРУВЕТКА

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

Резюме: Настоящата статия показва стъпките, през които се преминава, за да се подготви метално пробно тяло за изпитване на якост на опън. Стандартът, по който се определят размерите на едно пробно тяло, наречено още епруветка. След определяне на размерите на епруветката се подготвя щанца за преса, на която се изрязват пробите и как е избран вида на пресата. Посочени са размерите и дебелините на метала, който се шанцова. Предвидени са бъдещи стъпки за анализиране на дебелината и ширината на полученото пробно тяло преди и след заточване на щанца по два метода: чрез микрометър и шублер и чрез 3D компютърен томограф с точност до 3µm.

Ключови думи: пробно тяло, щанца, преса

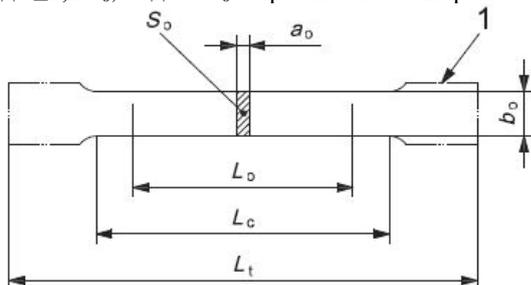
I. ВЪВЕДЕНИЕ

Проектирането на технология за изрязване на метално пробно тяло, необходимо за изпитване на якост на опън предвижда определяне на формата и размерите на заготовката, определяне на броя, вида и последователността на междинните операции (ако има такава) и определяне на необходимата сила за осъществяване на технологичните операции. Стандартът, по който се подготвя пробното тяло е БДС EN ISO 6892-1 [1].

Целта на настоящата статия е да бъде разгледан метод за технологична подготовка на образец/епруветка.

II. ТЕХНОЛОГИЧНА ПОДГОТОВКА

Форма. Обикновено тестваните образци трябва да имат уширения в двата си края на паралелната дължина, които се захващат за челюстите на машината за якост на опън. Другата причина на тези уширения е да се избегне скъсването на пробата в участъка на захващане с челюстите на машината за изпитване. Паралелната дължина L_c трябва да бъде свързана с краищата на пробното тяло с помощта на криви на преход с радиус от най-малко 20 mm. Ширината на тези краища трябва да бъде $\geq 1,2 b_0$, където b_0 е оригиналната ширина.



Фиг. 1. Модел на шанцовано пробно тяло с правоъгълно сечение

където:

a_0 - дебелината на пробното тяло, mm;

b_0 - ширина на оригиналната дебелина на плоско пробно тяло;

S_0 - Сечение на пробно тяло;

L_c - Паралелна дължина;

L_0 - оригинална габаритна дължина;

L_t - обща дължина на пробното тяло.

Размери на пробно тяло. Размерите на пробното тяло се определят от Таблица 1, а допуските се съобразяват според Таблица 2. В нашият случай ние сме избрали тип на пробно тяло № 2 с ширина 20 ± 1 mm.

III. ТЕХНОЛОГИЧНИ ОСОБЕНОСТИ ПРИ ПОЛУЧАВАНЕ НА ИЗДЕЛИЯ И ЗАГОТОВКИ ЧРЕЗ ЛИСТОВО ЩАМПОВАНЕ

Щанцоване се нарича процес, при който метални материали се формуват чрез метод, наречен пластична деформация [2, 3, 4].

Щанцоването дава възможност от изходния материал бързо да бъде произведен продукт с висока точност и перфектна желана форма, който веднага може да премине към следващ етап от производството или дори да бъде пуснат в експлоатация. По време на процеса на шанцоване, материалът не губи първоначалните си качества като якост и устойчивост на корозия. Основните условията, на които трябва да отговарят металните листове, за да бъдат шанцовани са следните: да имат добри механични свойства, да имат нужната пластичност и да са с подходящ химически състав. Като допълнение се препоръчва да се знаят и някои свойства и данни като микроструктура, качество на повърхността, деформационно уякчаване и други характеристики, за да може след обработката на метала, крайният резултат да бъдат безупречно произведени шанцовани продукти.

Технологичен процес на формуване. Обработката на листови материали чрез пластично формуване се осъществява чрез силата на натиск, който се извършва от механични или хидравлични преси за шанцоване. Процесът на формуване започва със създаването на специфична матрица, според която ще бъде изработен елемент. След завършване на матрицата, която ще бъде използвана в производствения процес, листът или лентата се поставят върху матрицата и с помощта на сила се прилага натиск върху метала.

ТАБЛИЦА 1

РАЗМЕРИ НА ТЕСТВАНИТЕ ОБРАЗЦИ В ММ [1]

| Test piece type | Width b_0 | Original gauge length L_0 | Parallel length L_c | | Free length between the grips for parallel sided test piece |
|-----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|-------------|---|
| | | | Minimum | Recommended | |
| 1 | $12,5 \pm 1$ | 50 | 57 | 75 | 87,5 |
| 2 | 20 ± 1 | 80 | 90 | 120 | 140 |
| 3 | 25 ± 1 | 50^a | 60^a | — | Not defined |

^a The ratio L_0/b_0 and L_c/b_0 of a type 3 test piece in comparison to one of types 1 and 2 is very low. As a result the properties, especially the elongation after fracture (absolute value and scatter range), measured with this test piece will be different from the other test piece types.

ТАБЛИЦА 2

ДОПУСКИ ПРИ ШИРИНАТА НА ПРОБАТА В ММ [1]

| Nominal width of the test piece | Machining tolerance ^a | Tolerance on shape ^b |
|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 12,5 | $\pm 0,05$ | 0,06 |
| 20 | $\pm 0,10$ | 0,12 |
| 25 | $\pm 0,10$ | 0,12 |

^a These tolerances are applicable if the nominal value of the original cross-sectional area, S_0 , is to be included in the calculation without having to measure it.

^b Maximum deviation between the measurements of the width along the entire parallel length, L_c , of the test piece.

Благодарение на доброто взаимодействие между пресата и матрицата, листовия материал се формира в краен продукт без никакви недостатъци и без да се нуждае от допълнителна обработка [5].

Видове операции и машини. Най-общо щанцоването може да бъде разделено на две основни операции: разделителна операция (рязане, пробване и други) и формообразуваща операция (пробване, огъване, усукване, изтегляне и други).

Една от най-използваните машини за щанцоване се нарича преса и може да се състои от една или няколко сменяеми матрици. Щанцоването се извършва с различни преси (щанци), които имат сложна конструкция и се делят на следните категории:

- 1) *В зависимост от операцията: щанци за рязане, дълбоко изтегляне, огъване и други;*
- 2) *В зависимост от заготовката, която произвеждат - единични или съвоени щанци, за ивици, за ленти и други;*
- 3) *В зависимост от принципа на действие - комбинирани или с просто действие;*
- 4) *В зависимост от конструктивните принципи - едноразположени, многоположени и т. н.*

Преди обработката на металните листове или ленти на пресата, най-често листовият материал подлежи на първоначално изрязване, след което се поставя на пресата, която оформя крайния продукт.

Изходни заготовки за операциите изрязване и пробване са метални ленти, ивици и листове - продукция на валцовъчното производство. Начинът на взаимно разположение на изрязваните изделия върху металния лист определя начина на т.нар. разкрояване на металните ленти и листове.

Отрязването се осъществява с механични ножици с успоредни или наклонени ножове или с дискови ножици. В механичните ножици с наклонени ножове, наречени още гилотини, горният нож е наклонен спрямо долния под определен ъгъл в диапазона $2-6^\circ$. Поради това с тях във всеки момент се отрязва само определена част от сечението на листа и следователно силата на отрязване е по-малка. Недостатък на гилотинните ножици е, че отрязваната ивица се огъва по посока на движението на горния нож и се налага тя да бъде изправяна. Отрязването с дискови ножици се извършва от двойка дискови ножове, които се въртят в противоположни посоки. Под действието на сили на триене листовият материал се увеличава между дисковете и постепенно се отрязва подобно на отрязването с гилотинни ножици.

IV. ИЗБОР НА ТЕХНИЧЕСКО ОБОРУДВАНЕ И ПОДЛЪГАНИ МАТЕРИАЛИ НА ЩАНЦОВАНЕ

В конкретният случай пресата, която се използва е хидравлична с единична щанца за рязане с просто действие със заготовка, показана на фиг. 2. Щанцата (фиг. 3) за пресата е произведена в инструменталният цех на фирмата според изискванията, които трябва да се

изпълнят за изработката на желаният образец за пробно тяло. Отворът на щанцата за поставяне на заготовка е с размери ВхШ- 300х40 mm. Щанцата е с гилотинни ножове и след дълга употреба по повърхността на пробното тяло има ръбче, което трябва да се зачисти или ножовете на матрицата да се заточат. Второто е препоръчително.

Чрез щанцоване могат да се формуват различни материали, но най-голямо приложение този процес намира при обработката на метални листове (ламарина) със сравнително малка дебелина.



Фиг. 2. Преса с щанца



Фиг. 3. Щанца [6]

Заготовката, която се използва е продукт от валцовото производство на завода или доставената суровина. Тестват се няколко типа метал с различни дебелини:

- Доставена суровина, която най-често са горещо валцувани рулони (ГВР) с дебелини от 2,0 mm ÷ 2,7 mm, като механичните и химичните показатели са с добри показатели.
- Студено валцувана ламарина преди термична обработка, произведена от фирмата. Размерите на дебелината са от 0,8 mm ÷ 1,9 mm. Тук механични показатели са високи и материала е с много малка пластичност.
- Студено валцувана ламарина след термична обработка, произвеждана от фирмата. Размерите на дебелината са от 0,8 mm ÷ 1,5 mm. Механичните показатели са с добри параметри и метала е с добра пластичност.

Поради разнообразието в твърдостта и дебелината на заготовката е трудно да се каже след какъв период от работа се изхабяват гилотинните ножове на щанцата. По наблюдения за нуждите и натовареността на текущото производство се налага заточване през средно 2 години.

На фиг. 4 е показано пробно тяло с наличието на ръбчета (усенъци) в участъка на срязване преди заточване на пресата (обозначени с елипсовидни форми на фигурата). Детайлът е взет от последната партида преди спирането на машината за заточването на гилотинните ножове на щанцата в цеха на фирмата. След заточването ясно се вижда липса на ръбчета показани на фиг. 5 по участъка на срязване. При допир също се усеща липсата на ръб.



Фиг. 4. Пробно тяло с усенъци (преди заточване на пресата)

За да се направи коректна проба за якост на опън - листа ламарина, който се използва трябва да е по посока на валцуване, а от там следва, че не може да се отреже просто една ивица от дължината на рулона, който е със средна ширина от 520 mm. Поради тази причина се налага и по-голям разход на метал.



Фиг. 5. Пробно тяло без усеньци (след заточване на пресата)

Минималната дължина на листа ламарина трябва да е минимум 300 mm, за да има достатъчна дължина и да отреже правилно изрязана проба. От там следва, че се получава лист ламарина с размери 300x520 mm, от който се изрязва ивица с помощта на гилотинна ножица. Крайният размер на заготовката е с размери 300x40 mm. Заготовките се подават ръчно в щанцата.

Полученото пробно тяло е със следните размери:

b_0 - 20 mm, ширина на уширенията 30 mm;
 L_c - 120 mm;
 L_0 - 80 mm;
 L_t - 180 mm.

V. СЛЕДВАЩА СЪПКА

Предвижда се анализ на ширините и дебелините на пробното тяло след експлоатация на щанцата, преди да бъдат заточени гилотинните ножове. Като следваща стъпка се предвижда да бъде направен сравнителен анализ на данните на едно пробно тяло преди и след заточване на щанцата. Анализът ще биде извършен по два начина: чрез микрометър и шублер и чрез 3D компютърен томограф с точност до 3 μ m [7].

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата статия е представен методът за технологична подготовка на едно пробно тяло от изборът на преса, видът щанца до размерите, на които трябва да отговаря по стандарт EN ISO 6892-1 едно пробно тяло за тестване на якост на опън. Пресата, която се използва е хидравлична с единична щанца за

рязане с просто действие със заготовка. След тестването на различни дебелини и твърдости на пробното тяло става ясно, че няма закономерност в броя проби, които ще се подготвят, след което ще трябва да се заточат гилотинните ножове на щанцата. Но след направено проучване и наблюдение на работния процес, вземайки предвид и интензивността на работа се предвижда необходимост от заточване след около 2 години или когато започнат да се появят ръбчета в участъка на срязване на заготовката.

Избран е най-подходящият за нуждите на производството размер на епруветката, а именно b_0 - 20 mm, ширина на уширенията 30 mm, L_t - 180 mm и L_c - 120 mm.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изследването в настоящата статия е осъществено с подкрепа по линия на средства за задочни докторанти – 2020 г.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] European standard - Metallic materials- Tensile testing- Part 1: Method of test at room temperature (EN ISO 6891-1:2009)J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [2] Сп. Инженеринг ревю- брой 6, 2013 г.К. Elissa, “Title of paper if known,” unpublished.
- [3] Zheng Q., Mashiwa N, Furushima T., Evaluation of large plastic deformation for metals by a non-contacting technique using digital image correlation with laser speckles, Materials and Design 191, 2020, 108626.
- [4] Penchev T., Altaparmakov I., Stoimenov N., Controlled Impact: Experimental Results in plastic deformation. XXVIII International Scientific Conference of the Faculty of Industrial Technology of TU-Sofia – FIT 2015, Sozopol, Bulgaria, 11-13 September, 2015, ISBN:978-619-167-178-6, 2015, pp. 151-156.
- [5] Ройдев М., Георгиева В., Стоиленов Н., Клочков Л., Панев П., Разработване на автоматична линия за опаковане с еднократна опаковка, XXV МНТК Автоматизация на дискретното производство „АДП – 2016“ 23-26 Юни, Созопол 2016г., ISSN – 13 10 -3946, 2016, стр.232-239.
- [6] Meusbarger <https://www.meusbarger.com/IT/IT/prodotti/stampi-per-tranciatura/base-portastampo/base-portastampo-di-precisione-sp> (последно посетен март 2020).
- [7] Kazakova S., Kamenova I., Klochkov L., Stoimenov N., Popov B., Sokolov B. Application of 3D Industrial Tomography In Dental Medicine.. International Scientific Conference “Industry 4.0”, 13-16 December 2017, Borovets, Bulgaria., Scientific Technical Union of Mechanical Engineering Industry – 4.0, ISSN:2535-0021, 2017, pp. 187-190

МЕТОДИКА И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪГЛЕРОДНА СТОМАНА ПРИ ОПЪН

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

Любен Клочков
ГУ-София
София, България
e-mail: lklochkov@tu-sofia.bg

Резюме: В настоящата статия е разгледано поведението на въглеродната стомана по време на изпитване на якост на опън и влиянието на водорода върху качеството на метала. Представен е начинът, по който се подготвят епруветките за тестване на опън и машините, на които се извършва. Показани са различните характеристики на нисковъглеродна стомана и други материали, както и диаграми при различните метали при опън и натиск. Описани са методика на тестване на епруветки; етапите при подготовка на епруветките; машината на която се извършва изпитанието; софтуерната програма, с която се изчисляват различните параметри и видове графики при различен тип материал.

Ключови думи: методика въглеродна стомана, епруветка, якост на опън, графика

I. ВЪВЕДЕНИЕ

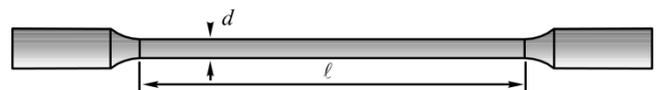
Въглеродните стомани са с теоретично съдържание на въглерод (C) до 2,14%. Те са едни от най-важните съединения в различните отрасли на промишленост [1]. В желязо-въглеродните сплави задължително участват, въглерод (C), силиций (Si), манган (Mn), с минимално участие на фосфор (P) и сяра (S). На стомани с по-специални механични свойства се прибавят легиращите елементи хром, никел, волфрам, ванадий, молибден, кобалт и други или комбинация от тях. С увеличаване на въглеродното съдържание се увеличава както и якостта така и твърдостта им.

Целта на настоящата разработка е да се проследи методиката и експерименталното изследване на въглеродна стомана при опън на епруветки.

II. ПОДГОТОВКА НА ЕПРУВЕТКИ ЗА ИЗПИТВАНЕ НА ОПЪН.

Епруветка за изпитване на материали на опън е показан на фигура 1. Той отговаря на стандарт БДС EN ISO 6892-1 [2]. Епруветката е с удебелена част (захват) с плавни радиуси на закръгление, заедно със съотношение на други размери. Експериментите на чист опън и чист натиск се реализират на специализирани компютъризирани машини със значително разширяване на техните възможности и повишена точност. Работят както на механичен, така и на хидравличен принцип. При тестването се измерва силата F . Нормалното напрежение в напречното сечение се получава като се раздели силата F на лицето на напречното сечение S на

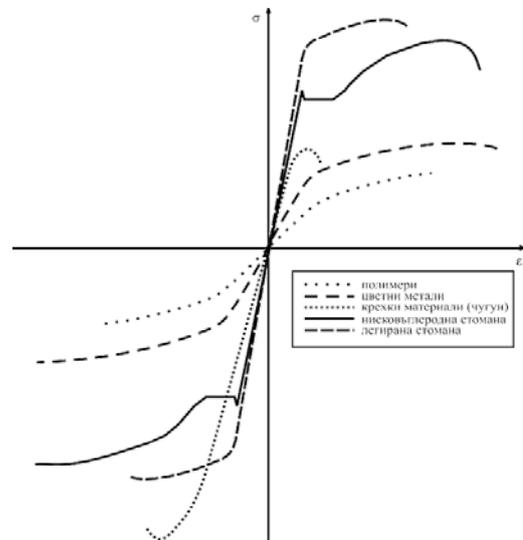
епруветката преди изпитанието и следва построяването на диаграмата σ - ϵ .



Фиг. 1. Епруветка за изпитване на материалите на опън

III. МЕХАНИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СВОЙСТВА НА МЕТАЛИТЕ ПРИ ОПЪН

За по-успешно провеждане на експериментите е желателно да се обърне внимание на теоретичните основи. На фиг. 2 са показани чрез диаграмата σ - ϵ [3] типични механични характеристики на някои материали при опън (положителни напрежения и деформации). Основната разлика при материалите е остатъчната деформация получена при разрушаване. Данните получени при едни е много голяма, а при други е много малка. В зависимост от еластичната деформация, при разрушаване, те се делят на две групи:

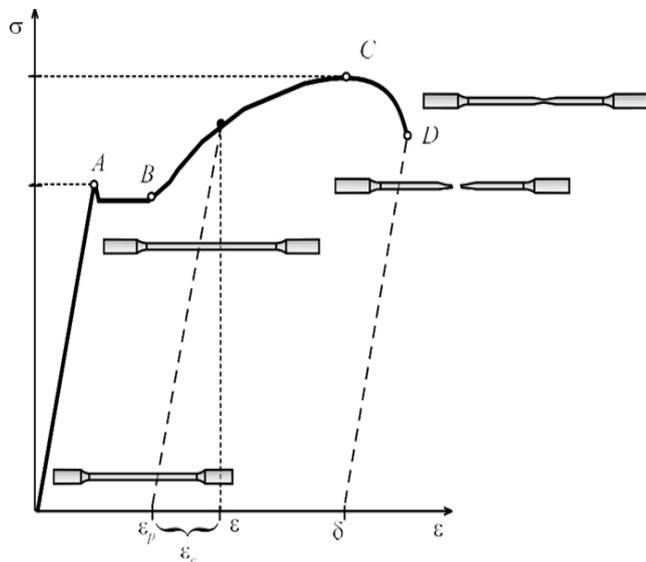


Фиг. 2. Типични механични характеристики на материалите

- пластични материали — материали, които при разрушението си претърпяват големи пластични деформации.
- крехки материали — материали, които при разрушението си имат много малки пластични деформации.

Една типична диаграма от изпитване на опън на нисковъглеродна стомана е дадена на фиг. 3. Следва

зоната АВ- площадка на провлачване. В тази зона материалът претърпява големи пластични деформации при почти постоянна съпротива - напрежението остава константа при нарастващо деформиране.



Фиг. 3. Характеристика на нисковъглеродна стомана при опън

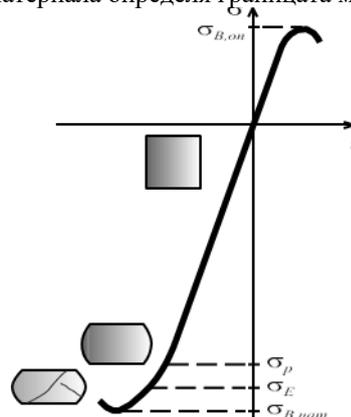
С продължаване на деформирането материалът придобива отново способността да се съпротивлява срещу него и напрежението започва да се повишава в зоната В-С, която е зона на уякчаване. В един момент от продължаващото деформиране на материала, развитието на тези деформации става неустойчиво и те се съсредоточават в една малка и непрекъснато изтъняваща част от епруветката — появява се шийка. Това е зоната на местно провлачване С-Д, като в точка D настъпва окончателното разрушение.

Механичните свойства на материалите се определят от границите на зоните от диаграмата $\sigma - \epsilon$ от изпитване на материала. За пластичните материали може да се определят две такива граници: граница на провлачване σ_s и граница на якост σ_B . Наклонът на диаграмата в еластичната зона определя модулът на еластичност на линейните деформации E на материала. Поради наличието на шийка и локализиране на деформациите преди разрушението, отчетените деформации δ не представляват остатъчни деформации при разрушение, а относително удължение на епруветката при разрушение, което все пак е показател за свойството пластичност на материала.

Цветните метали нямат обособена площадка на провлачване в диаграмата си, както и легираните стомани. Легираните стомани имат по-стръмна характеристика на уякчаване отколкото цветните метали.

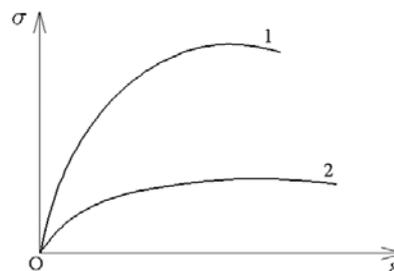
Крежки материали са керамичните материали, бетон, скали, чугун и др. На фигура 4 е показана диаграмата на опън и натиск на крежък материал. Крежките материали имат по-големи отклонения от линейното поведение и след появата на пластични деформации те се разрушават. Тук разликата в границите на пропорционалност и на еластичност е по-голяма в сравнение с тази при

пластичните материали. Напрежението, при което се разрушава материала определя границата му на якост.

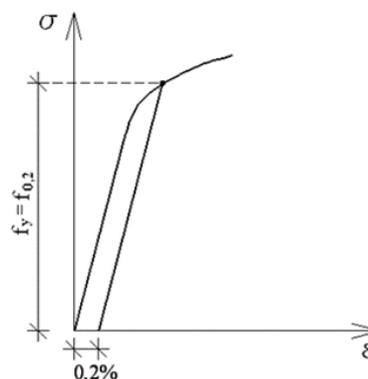


Фиг. 4. Характеристика на крежък материал при опън и натиск

Необходимо е да се уточни, че съществуват материали, чиито работни диаграми нямат ясно изразена граница на провлачване. Например на фигура 5 са показани работните диаграми на висококачествена легирана стомана (крива 1) и алуминий (крива 2). Вижда се, че и двете диаграми нямат граница на провлачване. За такива материали се дефинира условна граница на провлачване $f_{0,2}$, равна на напрежението, при което остатъчната деформация е 0,2 % ($\epsilon_r=0,002$), както е показано на фиг. 6.



Фиг. 5. Диаграма на висококачествена легирана стомана (1) и алуминий (2)



Фиг. 6. Условна граница на провлачване

IV. МЕТОДИКА НА ТЕСТВАНЕ НА ЕПРУВЕТКИ НА ЯКОСТ НА ОПЪН

Тестваният материал, от който са изработени епруветките е с марка стомана DC01(1,0330) = 08kp [4].

Техническата реализация се извършва в следната последователност:

1. Подготвят се заготовки с размери 300x40 mm, дебелина в зависимост от изследвания материал варира от 0,7 до 2,5 mm. Те се шанцоват на хидравлична преса (Фиг. 7).

2. Получените епруветки са с размери: b_0 - 20 mm, ширина на уширенията 30 mm; L_c - 120 mm; L_0 - 80 mm; L_t - 180 mm (Фиг. 8).



Фиг. 7. Хидравлична преса

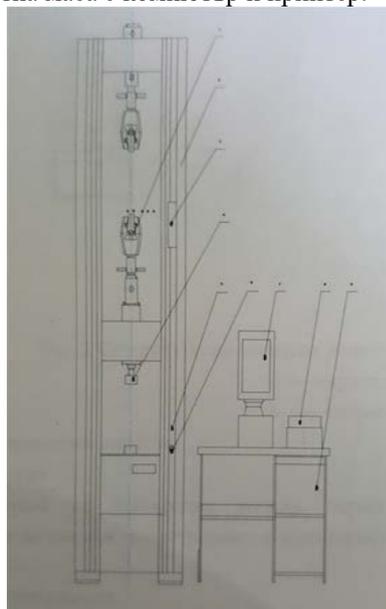


Фиг. 8. Епруветка преди и след тестването ѝ

3. Представена е схема за тестване на якост на опън на епруветките, извършвано на универсална машина. Тестването на якост на опън на епруветките се извършва на Универсална машина WDW 300, показна

на фиг. 9. Състои се от хидравлика, свързана с компютърно устройство и принтер. Машината се състои от:

- 1) Глава с челюсти, неподвижна;
- 2) Глава с челюсти, свързани към подвижна маса (съоръжена със серво устройство);
- 3) Приспособления за натиск;
- 4) Бутони за движение нагоре-надолу;
- 5) Аварийен стоп бутон;
- 6) Работна маса с компютър и принтер.



Фиг. 9. Универсална машина WDW-300



Фиг. 10. Епруветка в процес на изпитване

4. Получените метални епруветки се измерват по ширина и дебелина и се разчертават на 80 mm. Следва тестване и изчисляване на удължението $A_{80\%}$, mm. След обозначаването на изпитвателната дължина l_0 , главите на пробната епруветка се поставят центрирано в челюстите

на изпитвателната машина. Натоварват се постепенно на опън, показано на фиг. 10. С постепенното нарастване на опънната сила F , пишещото устройство започва да построява графика - опънната сила/удължение.

5. С нарастването на опънната сила F стрелката на силомера също се движи равномерно, което отразява закона на Хук [5]. За някои стомани при понататъшното увеличаване на силата тази зависимост се нарушава, а при определено натоварване стрелката започва да се колебае в определени граници. Пробното тяло продължава да се удължава. Това е моментът на достигане на т.н. физическа граница на провлачване.

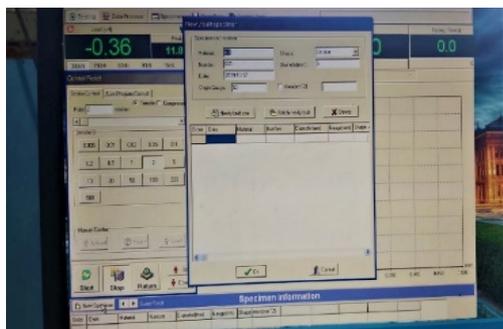
V. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗЛЕДВАНИЯ

Пробите се тестват на универсална машина за якост на опън WDW-300 (фиг. 9).

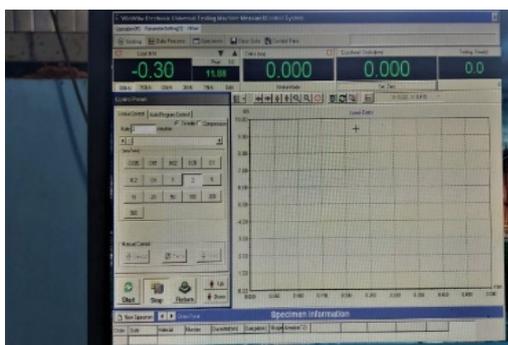
Максималният капацитет на товара е 300 kN, като измерителният обхват е от 1,2 kN ~ 300 kN [6]. Точността на товара е $\pm 0,5\%$; Обхвата на скоростта е от 0,005mm/min ~ 500mm/min безстепенно. Максималното движение на опън е - 600mm; максимално движение на натиск - 600mm; широчина на тестваната област: 600mm; максимално движение на плъзгача: 1350mm.

За сигурен резултат са необходими изследвания на минимум 3 броя. Крайният резултат е осреднена стойност от всички измервания.

След проведения експеримент, получените геометричните параметри се въвеждат в софтуерна програма за обработка на данни WinWDW Electronic Universal Testing Machine, показана на фиг. 11 и фиг. 12.



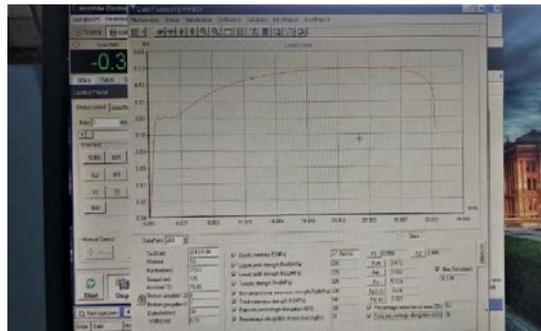
Фиг. 11. Програма за обработка на данни WinWDW



Фиг. 12. Въвеждане на данни за пробното тяло

Данните, които се въвеждат са вид материал, номер на пробното тяло, дата, разстояние между челюсти, форма (кръг- плътен, тръба, правоъгълник и др.), диаметър, ширина, дължина или площ.

Най-голямото значение на опънната сила F , което предшества разрушаването на епруветката се обозначава с F_{max} . До F_{max} удълженията са били равномерни по цялата дължина, но след това силата бързо намалява, а пробната епруветка получава местна деформация – “шийка”– и се къса. Силата в момента на скъсване на епруветката $F_{ck} = F_{max}$, (фиг. 13).



Фиг. 13. Графика и резултати на скъсана епруветка

| № | Вид | № | Дата | Разстояние между челюсти | Форма | Диаметър | Ширина | Дължина | Площ |
|---|--------|---|------------|--------------------------|-------------|----------|--------|---------|------|
| 1 | Стъкло | 1 | 12.12.2012 | 100 | Кръг-плътен | 10 | 10 | 100 | 78,5 |
| 2 | Стъкло | 2 | 12.12.2012 | 100 | Кръг-плътен | 10 | 10 | 100 | 78,5 |
| 3 | Стъкло | 3 | 12.12.2012 | 100 | Кръг-плътен | 10 | 10 | 100 | 78,5 |

Фиг. 14. Експортирани резултати в Excel

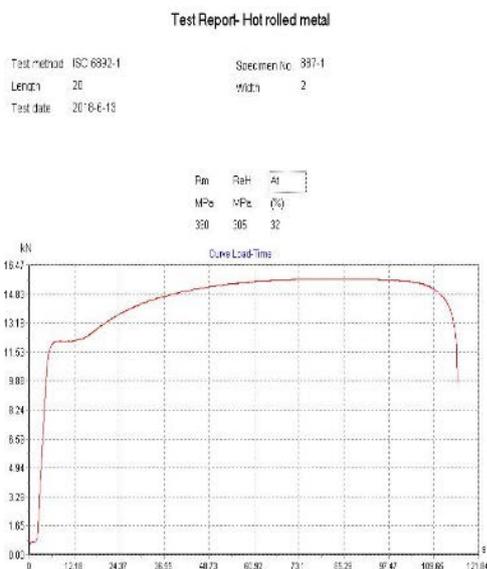
VI. АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ.

С цел по-лесната обработка на резултатите се експортират във файл на Excel, където могат да се систематизират според необходимите параметри. Също така директно от програмата може да се изготви тест репорт с графика и желаните параметри, които е необходимо да фигурират в отчета.

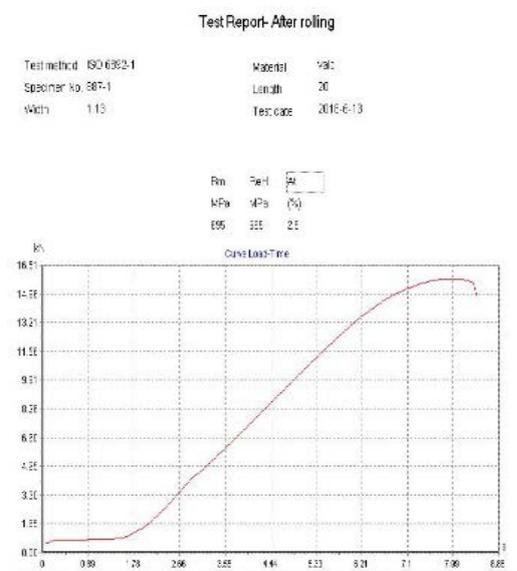
Тествани са различни типове метални епруветки, като поведението им при якост на опън е различно. Първата от тестваните проби е на доставена суровина, която е от горещо валцуван рулон (ГВР). Механичните показатели са с добри параметри и метала е с добра пластичност. Графиката е с ясно изразена граница на провлачване, типична за ниско въглеродна стомана, показана на фиг. 15. Втората проба е на студено валцувана ламарина преди термична обработка, произведена от фирмата. Механичните показатели са високи и материала е с много малка пластичност. Графиката е без граница на провлачване и е типична за крехките метали и тези с висока якост, показана на фиг. 16. Следващата проба е

на студено валцувана ламарина след термична обработка, произвеждана от фирмата. Механичните показатели са с добри параметри и метала е с добра пластичност (фиг. 17). Последната проба е на дресиран метал (преминала 1 пас/ заглаждащ през валцовия стан). Механичните показатели са с добри параметри и метала е с добра пластичност. На графиката се вижда, че няма ясно изразена граница на провлачване в този случай се дефинира условна граница на провлачване $f_{0.2}$, равна на напрежението, при което остатъчната деформация е 0,2%, показано на фиг. 18.

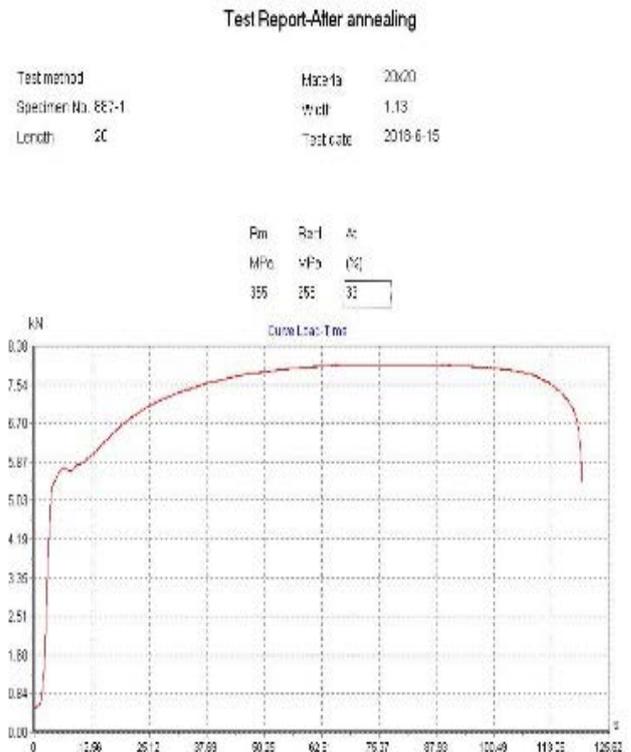
Чрез извършването на тези експерименти се помага за следващите технологични операции на валцоване и определяне на подходящ режим на отгряване, за да се постигнат желаните стойности на механични показатели на крайният продукт-гръбни профили. Те трябва да отговарят на стандарт EN 10305-3 и EN 10305-5 [7].



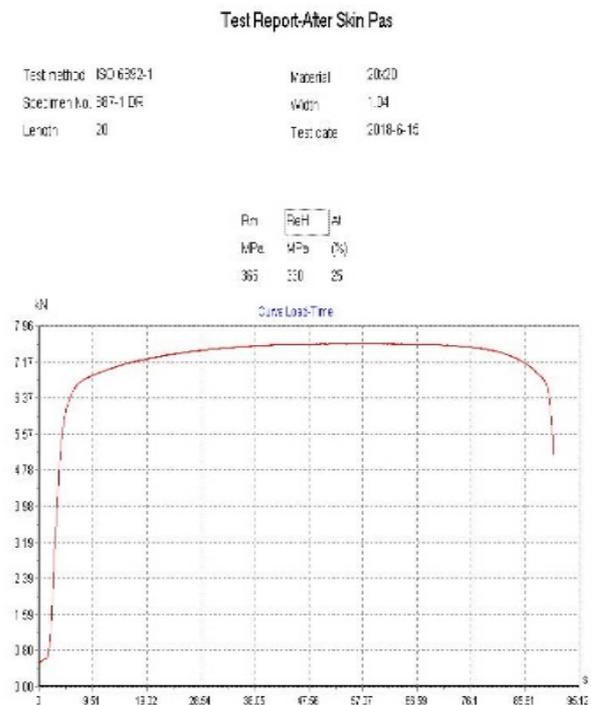
Фиг. 15. Графика на горещо валцуван метал



Фиг. 16. Графика на валцуван метал



Фиг. 17. Графика на отгрят метал



Фиг. 18. Графика на метал след дресиране

След провеждане на изпитанието софтуерната програма за обработка на данните изчислява параметрите, описани в Таблица 1. Единствено относителното удължение A80,% се изчислява ръчно като се измерва от епруветката, посредством шублер.

ТАБЛИЦА 1 Изчислени параметри при якост на опън

| Параметри след скъсване, изчислени от програмата/графиката | | Изчислени параметри от компютъра | | | | Ръчно изчислени параметри | |
|--|-------|----------------------------------|-----|----------|-------|---------------------------|----|
| F _m , kN | 5,124 | R _m , MPa | 325 | E, GPa | 27,35 | A ₈₀ , % | 34 |
| F _{eH} , kN | 3,672 | A _{gt} , % | 21 | ReH, MPa | 230 | | |
| F _{eL} , kN | 3,582 | A _t , % | 30 | ReL, MPa | 220 | | |
| δ, mm | 36,14 | R _p , MPa | 230 | Z, % | 62 | | |
| | | R _t , MPa | 147 | | | | |

- [4] http://www.splav-kharkov.com/en/e_mat_start.php?name_id=356
- [5] Paneva M., Linear Plastic Deformation of Solid Body, Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 71, Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, ISSN:0204-9848, 2019, pp. 35-42
- [6] Ръководство за работа Универсална машина WdW-300
- [7] Срандарты EN 10305-3, EN 10305-5

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За да се тества едно пробно тяло на якост на опън първо е необходимо да се подготви стандартизирана епруветка. Те се измерва и се оразмерява, за да може в последствие да се изчисли относителното удължение. Машините, на които се тестват са механични или хидравлични, като уширенията на епруветката се захващат челюстите. Началните параметри се вписват в програмата на софтуерната програма, свързана с машината за изпитване. По време на тестването се построява графика, от която програмата изчислява параметри, важни за анализирането на материала. В зависимост от тестваният материал графиката е различна. Тествана е нисковъглеродна стомана в различни етапи на преработка, необходима за конструирането на тръбна мебел. При ГВР и студено валцуван метал след термообработка графиката е с ясно изразена граница на провлачване и метала е пластичен и с добри механични показатели, което позволява използването му в последващите етапи при конструирането на тръбни мебели. При студено валцуван метал без последваща термообработка, графиката е без граница на провлачване и металът е крехък. При дресиран метал графиката е без ясно изразена граница на провлачване, но металът е пластичен и добри механични показатели.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изследването в настоящата статия е осъществено с подкрепа по линия на средства за задочни докторанти – 2020 г.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Research of Mechanical Characteristics in Tensile Tests of Low Carbon Steel Samples During Transformation from Hot Rolled to Cold Rolled Sheet Metal, Миглена Панева, Department Embedded Intelligent Technologies, Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences <http://www.iict.bas.bg/EIT>
- [2] Стандарт БДС EN ISO 6892-1
- [3] <https://www.slideshare.net/slidakstz/ss-13246256>

СЪХРАНЕНИЕ НА ТОПЛИННА ЕНЕРГИЯ НА БАЗА ЦИМЕНТОВИ МАТЕРИАЛИ

Милена Харалампиева
Институт по информационни и
комуникационни технологии, бл. 2,
ул. Акад. Г. Бончев 1113 София, България
e-mail: milena_biscerova@abv.bg

Венета Йосифова
Институт по информационни и
комуникационни технологии, бл. 2,
ул. Акад. Г. Бончев 1113 София, България
e-mail: veneta.christova@gmail.com

Резюме: Тази статия обобщава проучванията и анализите на наличните системи за съхранение на топлинна енергия, използващи циментови материали в различни направления, както и мястото, което те заемат в строителния сектор.

Ключови думи: циментови материали, бетон, енергия, чувствителна, латентна, сорбционно съхранение, химично съхранение

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Световното потребление на енергия оказва големи екологични и социално-икономически въздействия. Съхранението на топлина позволява повишено използване на възобновяема енергия в сградите и също така повишава тяхната ефективност на съхранение на енергия. Проблемът с използването на слънчевата енергия е нейният периодичен характер. Ясно е, че акумулирането на топлина би могло да избегне фазовото изместване между слънчевата радиация и потреблението на топлинна енергия и би увеличило използването на слънчевата енергия в строителния сектор. За тази цел могат да се използват много материали за съхранение на топлина.

Съхранението на чувствителна топлина се използва широко при резервоарите за топла вода. Решението за използване на бетон за съхранение на топлинна енергия е базирано на топлопроводност (механизъм за пренасяне на топлина в твърди, непрозрачни материали), топлинна инерция, както и на многобройни проучвания в тази насока. Въпреки забележителното предимство на механичните характеристики, недостатъците на съхранението на чувствителна топлина чрез бетон са: ниска енергийна плътност, нужда от голямо пространство, топлинни загуби и кратка продължителност на топлосъхранението.

Разработени са модели, които предвиждат ефективността на акумулирането на топлинна енергия и топлинните или механични свойства на фазово изменящите се материалите, съдържащи бетон. Тези материали обаче не са подходящи за съхранение на топлинна в дългосрочен план. Системите за сезонно съхранение на енергия изискват много ниски топлинни загуби в периода лято-зима, за да се намали нейният обем и цена.

Сорбционните материали за съхранение на топлинна енергия са широко използвани в сградите, като методът за подобряване на капацитета за

съхранение на топлина на тези материали се състои в импрегнирането им с хигроскопична сол.

Материалите за съхранение на топлинна енергия чрез химична реакция използват предимството на по-високата си енергийна плътност в сравнение с други материали. Въпреки това предимство, основните проблеми на тези материали са високата температура на съхранение (500°C за калциев хидроксид), ниската механична устойчивост и високата инвестиция. Циментовите материали (замазка, хоросан, бетон) с високо съдържание на еtringит, демонстрират висока енергийна плътност при ниска температура (около 60°C), имат висока механична якост и са сравнително евтини. Съхраняването на топлинна енергия чрез еtringитен материал е комбинация от физични (адсорбция) и химични (химична реакция) процеси, които могат да се използват както в краткосрочен (дневен, седмичен), така и в дълъг (сезонен) период [1, 2, 3, 4].

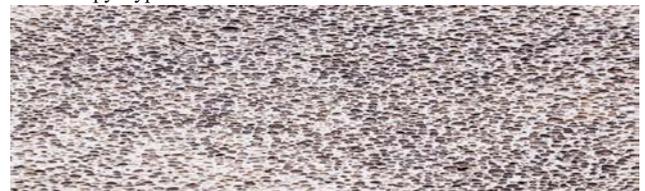
II. СВОЙСТВА НА БЕТОНА

Свойствата на бетона варират в зависимост от неговата плътност. Не аерираният бетон, с висока плътност, има добри механични характеристики, но ниска изолационна способност. Аерираният бетон (лек бетон) все по-често се използва в сгради поради неговата изолационна способност и леко тегло, което облекчава носещите конструкции (основи, стени, подове). Съществуват два метода за образуване на пори в бетон:

- метод за влагане на въздух (газобетон);
- метод на пенообразуване (пенобетон);



Фиг.1. Структура на газобетон



Фиг.2. Структура на пенобетон

Изисква се висока механична якост при използването на газобетон като конструкционен материал в сградите. Методът на втвърдяване влияе върху якостта на натиск. За подобряване на механичните характеристики, газобетонът може да бъде автоклавиран. Структурата и размерите на порите влияят на механичната устойчивост на материала и са силно зависими от неговата плътност.

Газобетонът се използва широко като изолационен материал в сградите благодарение на ниската си проводимост. Клетъчните бетони имат много ниска топлопроводимост, което зависи от обемната плътност, съдържанието на вода и състава на материала. [5, 6, 7].

А. Съхранение на чувствителна топлина

Съхранението на чувствителна топлина се дължи на повишаването на температурата на материала без фазова промяна. Източникът на топлина (например слънчева топлина) дава възможност да се повиши температурата на материала с ΔT . Натрупаната топлина, генерирана от това повишаване на температурата, се определя от първия принцип на термодинамиката (уравнение 1).

$$E = m c \Delta T \quad (1)$$

E - енергията, съхранявана в материала (J),

m - масата на материала (kg),

c - специфичен топлинен капацитет на материала (J / (kg · K))

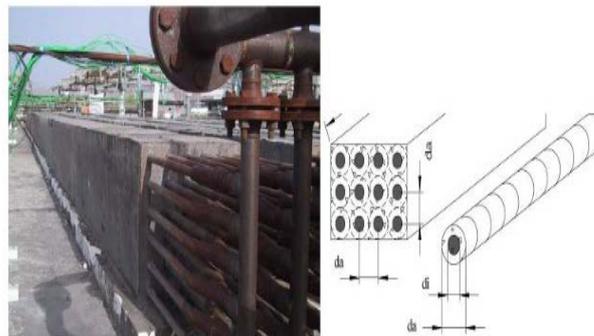
ΔT - средното повишаване на температурата (K или °C).

Съхранението на чувствителна топлина обикновено се използва при ниска температура в обхват, в който материалът е стабилен (температурата на неговата фаза не трябва да бъде достигната). Най-използваният материал за съхраняване на такава топлинна енергия е водата, поради високия си специфичен топлинен капацитет: $c = 4180 \text{ J / (kg · K)}$ при 20°C , за температурен диапазон по-нисък от 100°C . Системите за съхранение на топла вода се използват като буферен запас за снабдяване с битова гореща вода (БГВ) и обикновено са с обем от 500 l до няколко кубика. Тази технология се прилага и за соларни термални инсталации за БГВ, комбинирани със сградни отоплителни инсталации.

Други материали за съхранение на чувствителна топлина, като бетон и плътен камък, могат да бъдат използвани в сгради, чрез съхранение на топлинна енергия в монолитен блок (колона, стена), което повишава енергийните характеристики на сградата.

В сравнение с други скъпи керамични материали, бетонът вече демонстрира своята способност да осигурява подходящи и икономически осъществими решения за съхранение на топлинна енергия, използвайки съхранение на енергия във вид на топлосъдържание. Благодарение на ниската си цена и добрата топлопроводимост, бетонен блок с тръбна

мрежа е използван в соларна електроцентрала при температури до 400°C (Фигура 3) [2, 8, 9].



Фиг.3. Бетонен модул за съхранение на слънчева енергия в Алмерия (Испания)

Предимствата при този вид съхранение на енергия са:

- ниска цена;
- лесна обработваемост на материала;
- ограничено преминаване на топлина между топлообменника и акумулиращата среда.
- Недостатъците са:
- ниска енергийна плътност;
- топлинни загуби по време на съхранението;
- нужда от голямо пространство;
- ограничено време на съхранение [8]

В. Съхранение на латентна топлина

Системите за латентна топлина позволяват тя да бъде акумулирана чрез фазова промяна – основно твърда-течна фаза (Фиг.4).



Фиг.4. Енергията като функция от температурата, латентна топлина.

Енергийната плътност на фазово изменящите се материали е по-висока от тази на материалите, съхраняващи чувствителна топлина. Топлинната енергия се съхранява чрез промяна на физическото състояние на материала при почти постоянна температура (уравнение 2).

$$E = m L \quad (2)$$

E – количество съхранена латентна топлина (J)

m – масата на фазово изменяещия се материал (kg)

L – специфична латентна топлина на фазово изменяещия се материал (J/kg)

Фазово изменящите се материали и тяхното приложение при съхранението на топлинна енергия, са подложени на редица изследвания. За да се подобрят енергийните характеристики на сградите, акцентът често е поставен върху вграждането им в бетонни конструктивни елементи. В основата са три различни начина за използване на фазово изменяещи се материали за отопление и охлаждане на сгради:

- фазово изменяещи се материали в стените на сградите;
- фазово изменяещи се материали, в конструктивни елементи, различни от стени;
- фазово изменяещи се материали в модули за съхранение на топлина и студ. [10, 11]
- Основните предимства при използване на методи за съхранение на латентна топлина в сравнение с други технологии, са:
 - по-висока енергийна плътност в сравнение със средата за съхранение на чувствителна топлина;
 - зависимост на термичното поведение от температурата на фазово изменение - функция, която позволява да се приспособи материала според конкретното приложение, което трябва да се реализира.
- Недостатъците са:
 - нискофазна енталпия на материала;
 - ограничено време на съхранение;
 - механично въздействие върху циментовия материал;
 - непостоянен обем;
 - запалимост на материала (в някои случаи) [12,13].

C. Сорбционна и химично съхранение на енергия

Сорбционното съхранение и химичното съхранение на енергия се извършват съответно чрез десорбция или адсорбция и химично съхранение на топлина - дехидратация или хидратация. Основното предимство при тези два вида съхранение на енергия е, че имат по-голяма плътност на съхранение в сравнение с плътностите на чувствителната и латентната топлина.

Сорбционното съхранение на енергия се състои в съхраняване на топлина, която се използва за прекъсване на връзката между молекулите на водата и материала. Разрушаването на тази физическа връзка е ендотермична реакция (ендотермична десорбция). Загряването на материала за сорбционно съхранение води до ендотермична десорбция на водните молекули. Това е фазата на зареждане. Топлината, съхранявана в материала, се отделя по време на екзотермичната

адсорбция на водните молекули във фазата на разреждане. Сорбционните материали за съхранение на енергия са класифицирани като:

- органични;
- неорганични;
- хибридни.

Характеристиките на сорбционните материали за съхранение като зеолити (фиг.5), активен въглен (фиг.6) и силикагел (фиг.7) са обект на широки проучвания.



Фиг.5. Зеолит



Фиг.6. Активен въглен



Фиг.7. Силикагел

Тези сорбционни материали са подходящи за сезонно съхраняване на топлина в сгради. Въпреки това плътността им на съхранение е по-ниска от тази на химичните материали за съхранение на енергия [12].

Съхранението на енергия по химичен път е свързано с химична реакция (уравнение 3).



Във фазата на зареждане материалът (A) се нагрява (например от слънчева енергия), докато химичното разлагане не го разгради на два стабилни елемента (B) и (C). Съхранената топлина се възстановява по време на екзотермичната химична реакция на (B) и (C). Модулът за съхранение на химична енергия изисква отделни резервоари за продуктите от реакцията. Обратимата химична реакция позволява зареждането и разреждане на топлина съгласно уравнение 3.

Еtringит ($(\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O})$) е обикновен хидрат в материалите на циментова основа и е с висока плътност на съхранение на енергия при ниска температура (около 60°C) (Фиг.8).



Фиг.8. Еtringит

Съхранението на топлинна енергия от еtringитен материал е физикохимичен процес, използваем както в краткосрочен план (ден, седмица), така и в дългосрочен план (сезон). Физическият процес е свързан с десорбция/адсорбция на водна пара върху молекули еtringит. Процесът на химическо съхранение на топлина се основава на обратимото преобразуване на еtringит-метаеtringит (процес на хидратация на дехидратация) съгласно уравнение 3. Във фазата на зареждане топлината се съхранява чрез ендотермично нагряване (десорбция и дехидратация) и не се възстановява, докато материалът е сух. Във фазата на разреждане топлината, съхранявана в материала, се освобождава чрез екзотермична адсорбция (адсорбция и хидратация). Енталпията на дехидратацията позволява да се определи количеството топлинна енергия, съхранена по химичен път [12].

Предимствата на тези методи са:

- ниска температура на съхранение (около 60 °C);
- по-малко пространство в сравнение с другите методи;
- по-ниски инвестиционни разходи;
- механична устойчивост;
- Недостатъците са:
- негативни последици върху околната среда;
- ограничено количество получена енергия;
- получаване на токсични отпадни продукти [12].

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В днешно време способността за съхранение на топлина в бетон предизвиква голям интерес.

Използването на циментов материал в сградите обаче е възпрепятствано от проблеми с дълготрайността: термична стабилност, обратимост, механична стабилност и обемна стабилност. Критерият за устойчивост не трябва да се пренебрегва при избора

на материал за акумулиране на топлина, особено в сгради, където е необходима механична якост (носеща конструкция).

Вграждането на фазово изменящи се материали като конструктивни елементи (стени и подове) подобрява топлинната инертност на сградата, като по този начин се избягват резки промени в температурата в помещението, което оказва съществено влияние върху ефективността на отоплителните и охладителни системи в сградите.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Dehghana AA, Barzegarb A (2011) Thermal performance behavior of a domestic hot water solar storage tank during consumption operation. *Energ Convers Manage* 52: 468–476.
- [2] Ozrahat E, Ünalın S (2017) Thermal performance of a concrete column as a sensible thermal energy storage medium and a heater. *Renew Energy* 111: 561–579.
- [3] Mao Q, Zheng T, Liu D, et al. (2017) Numerical simulation of single spiral heat storage tank for solar thermal power plant. *Int J Hydrogen Energy* 42: 18240–18245.
- [4] Levitskij EA, Aristov YI, Tokarev MM, et al. (1996) “ Chemical Heat Accumulators ” : A new approach to accumulating low potential heat. *Sol Energy Mater Sol Cells* 44: 219–235
- [5] Narayanan N, and Ramamurthy K (2000) Structure and properties of aerated concrete: a review. *Cem Concr Compos* 22: 321–329.
- [6] Valore RC (1954) Cellular concretes-composition and methods of preparation. *J Am Concr Inst* 25: 773–795.
- [7] Tada S (1986) Material design of aerated concrete-An Optimum Performance Design. *Mater Struct* 19: 21–26.
- [8] Salomoni VA, Majorana CE, Giannuzzi GM, et al. (2014) Thermal storage of sensible heat using concrete modules in solar power plants. *Sol Energy* 103: 303–315.
- [9] Laing D, Steinmann WD, Tamme R (2006) Solid media thermal storage for parabolic trough power plants. *Sol Energy* 80: 1283–1289.
- [10] Sharma RK, Ganesan P, Tyagi VV, et al. (2015) Developments in organic solid-liquid phase change materials and their applications in thermal energy storage. *Energ Convers Manage* 95:193–228.
- [11] Fukai J, Hamada Y, Morozumi Y, et al. (2002). Effect of carbon-fiber brushes on conductive heat transfer in phase change materials. *Int J Heat Mass Transfer* 45: 4781–4792.
- [12] Pinel P, Cynthia AC, Beausoleil-Morrison I, et al. (2011) A review of available methods for seasonal storage of solar thermal energy in residential applications. *Renew Sust Energ Rev* 15:3341–3359.
- [13] Sharma A, Tyagi VV, Chen CR, et al. (2009) Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renew Sust Energ Rev* 13: 318–345.

ОТНОСНО ОСОВОТО РАЗМЕСТВАНЕ НА РЕЖЕЩИТЕ ПЛАСТИНИ ПРИ КОМБИНИРАНО ОБРАБОТВАНЕ ЧРЕЗ РЯЗАНЕ И ПОВЪРХНОСТНО ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМИРАНЕ

Павел Петров
 Русенски университет „Ангел Кънчев“
 Русе, България
 e-mail: ppetrov@uni-ruse.bg

Резюме: За обработка на дълбоки отвори в практиката широко се използват разстъргващи подвижни блокове с две срещуположно разположени режещи пластини, тъй като имат сравнително проста и технологична конструкция. В настоящата статия е направено експериментално изследване на влиянието на изместването на оста на режещите ръбове на подвижен блок с две срещуположно разположени режещи пластини с праволинеен режещ ръб.

Ключови думи: комбиниран инструмент, разстъргване, подвижен двуножов блок

I. УВОД

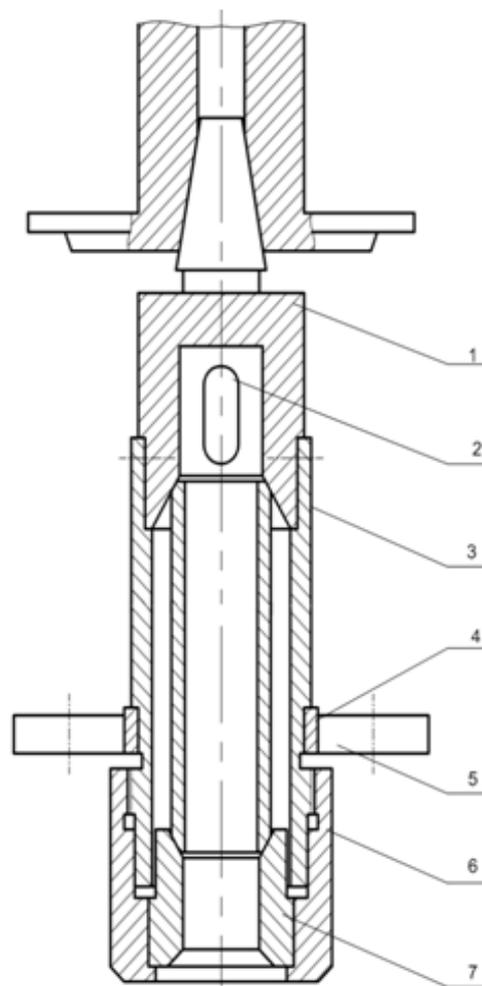
Развитието на машиностроителната наука в съвременни условия се осъществява в много направления и води до усъвършенстването на методите и средствата за получаване на всякакви видове изделия. Едни от разпространените изделия са хидравличните силови цилиндри, прилагани като изпълнителни органи във всички области на техниката [1, 2, 8].

За обработване на отворите на хидравличните цилиндри най-често се използват подвижни двуножови блокове с режещи части, разположени на 180° . В изследванията [3, 4, 6, 7, 9] е установено, че определени условия, включващи регламентираното им осово разместване, могат да се получат крайни ефекти (увеличение на диаметъра на отвора). При подвижни двуножови блокове размерът на динамичното настройване се формира в резултат от непрекъснатия стремеж към динамично равновесие между радиалните компоненти на двете сили на рязане, действието на които се ограничава в системите на инструмента и заготовката. В трудове [5] е извършено теоретично изследване на влиянието на осовото разместване, при праволинейни главни режещи ръбове, върху диаметъра на обработвания отвор. Получени са зависимости за количествена оценка на това влияние, имащи практическо приложение. Съгласно получените теоретични зависимости може да се изрази графично връзката между осовото разместване и радиално преместване на режещите ръбове при конкретни режими на рязане.

Целта на експерименталното изследване е да се установи степента на съответствие между изведените теоретични зависимости и получените експериментално резултати за влиянието на осовото разместване на режещите ръбове на пластините върху диаметралния размер на обработвания отвор.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

Като опитни образци се използват заготовки, отрязани от студено изтеглена тръба за хидравлични цилиндри от стомана 45. Върху универсален струг се подрязват челните им повърхнини и се разстъргват предварително отворите като се оставя еднаква прибавка за още едно разстъргване. При установяване между центри с големи диаметри и ъгъл 40° , върху крайните челни повърхнини на образците са струговани фаски $3 \times 20^\circ$ за установяване в приспособлението, с което се провеждат опитите.

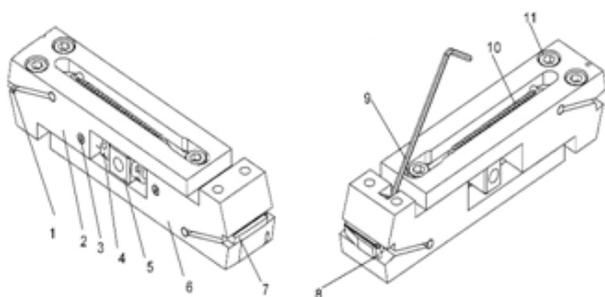


Фиг. 1. Приспособление за установяване на тръбни образци по външни фаски

С негова помощ се прави окончателно разстъргване преди всеки опит, при което се осигурява прибавка $1^{+0,02}mm$.

При провеждане на опитите образците се установяват в специално приспособление, показано на фиг.1. То се поставя във вретеното на универсален струг С11М и се състои от държач 1 с изрязани прозорци за отделяне на стружките и обратен център. Към него е закрепено цилиндрично тяло 3, в десния край на което е присъединено опорно стъпало 4 и чрез резбово съединение е сглобена гайка 6, носеща другия обратен център 7. Опорното стъпало служи за стабилизиране на приспособлението с помощта на неподвижен люнет 5.

Разстъргването на отворите се осъществява с подвижен двуножов блок, вграден като режеща част на инструмент за комбинирано обработване.



Фиг.2. Подвижен двуножов блок

Общият вид на блока е показан на фиг.2. Той се състои два еднакви, подвижни един спрямо друг държачи 2 и 6, към които в прорязани гнезда са закрепени режещите пластини 1 и 7 с помощта на винтове 11. За нагласяване на установъчни ъгли се използват регулиращите винтове, завивани чрез ключа 9. Размерът на статичното настройване се задава като разстояние между върховете на режещите пластини с помощта на два срещуположни винта 4 и подвижен клин 5, притиснати едни към други чрез две пружини 10.

Осовото разместване на режещите пластини се осигурява чрез подложки с желания размер, поставени между опорния шифт 8 на една от тях, която се явява изпреварваща.

Инструментът, носещ подвижния блок се установява в патронник посредством масивна опора, закрепена към напречния супорт на струга, центрована спрямо оста на въртене.

Избраният режим на рязане включва: дълбочина на рязане $a = 0,5mm$; подаване $f = 3mm / rev$; скорост на рязане $V_c = 50m / min$, при честота на въртене $n = 180min^{-1}$. Геометрията на режещите пластини е: $\alpha_0 = 7^\circ$; $\gamma_0 = 3^\circ$; $\lambda_s = 0^\circ$; $r_e = 0,2mm$; $\kappa_r = 9^\circ$; $\kappa'_r = 1^\circ$.

Опитите са провеждани без охлаждаща течност, като за изтласкване на стружките пред инструмента е използвана въздушна струя.

Граничното осово разместване, след което радиалното преместване на блока не се променя, се определя по зависимостта [5]:

$$X_{гр.} = \frac{f}{2} + \frac{L_H - D_0}{3.tg\kappa_r} \quad (1)$$

При посочените условия за обработване граничното осово разместване е $X_{гр.} = 3,87mm$. Опитите се провеждат при равномерно нарастващи стойности на разместването в интервала $0 \leq X_0 \leq X_{гр.}$, с всяка от които е разстъргван по един образец.

Стойността на D_i се осреднява от три измервания – в едно средно и в две крайни сечения, отстоящи на разстояние 20mm от челните повърхнини.

Размерите на образците са измервани с шублер (с точност 0,02mm) и индикаторен вътрешен измервател със стойност на едно деление 0,01mm. Размерът на статичното настройване L_H на двуножовия блок се наглася с помощта на плоско-крайни мерки, тъй като използването на микрометър при осово разместване на пластини дава убедителни резултати.

ТАБЛИЦА 1 РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ

| X ₀ , mm | D _i , mm - теоретично | D _i , mm - опитно | | | Средна стойност от измерванията, mm | Средно отклонение от теоретичната стойност, mm |
|---------------------|----------------------------------|------------------------------|------------|-------------|-------------------------------------|--|
| | | I сечение | II сечение | III сечение | | |
| 0 | 90 | 90.062 | 90.064 | 90.058 | 90.061 | 0.061 |
| 0.5 | 90.043 | 90.098 | 90.097 | 90.104 | 90.100 | 0.067 |
| 1 | 90.086 | 90.229 | 90.139 | 90.143 | 90.170 | 0.084 |
| 1.5 | 90.129 | 90.17 | 90.194 | 90.186 | 90.183 | 0.054 |
| 2 | 90.172 | 90.22 | 90.324 | 90.218 | 90.254 | 0.082 |
| 2.5 | 90.215 | 90.303 | 90.349 | 90.288 | 90.313 | 0.098 |
| 3 | 90.258 | 90.302 | 90.338 | 90.388 | 90.343 | 0.085 |

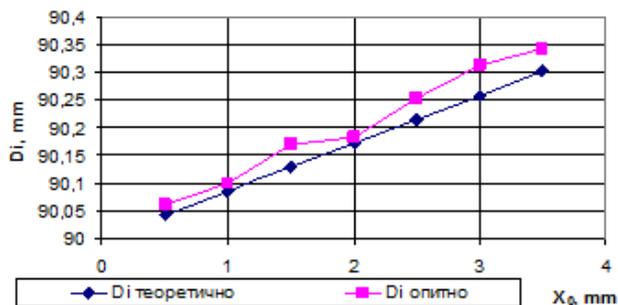
Последователността на провеждане на опитите и получените резултати са дадени в табл.1. Образците са обработвани при размер на статичното настройване $L_H = 90mm$. Теоретичният очакван диаметър се определя по следната формула [5]:

$$D_i = L_H + \frac{X_0(L_H - D_0)tg\kappa_r}{1,5.f.tg\kappa_r + L_H - D_0} \quad (2)$$

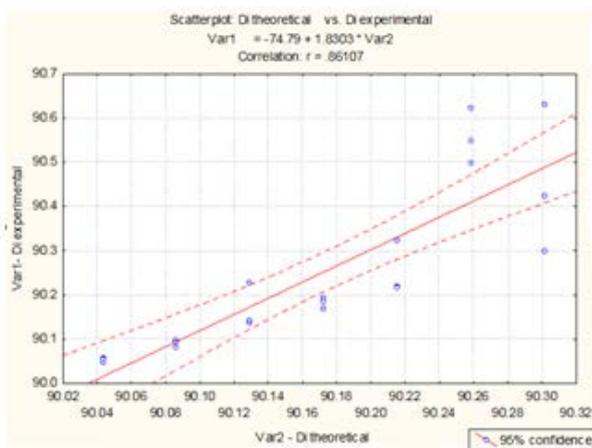
Резултатите от табл. 1. са изложени графично на фиг.3. Тя позволява да се направи сравнителна оценка на теоретичното и опитното влияние на осовото разместване X_0 на режещите пластини върху радиалното преместване на блока.

Изчисленият коефициент на корелация между двете променливи – теоретично пресметнатият диаметър (VAR2) и измереният, в резултат на експерименталното изследване (VAR1) е висок - $r = 0,86107$ (фиг.4), което потвърждава съответствието между изведените

теоретични зависимости и получените експериментално резултати за влиянието на осовото разместване на режещите ръбове на пластините върху диаметралния размер на обработвания отвор.



Фиг.3. Изменение на диаметралния размер при осово разместване в диапазона $0 \leq X_0 \leq X_{гр}$.



Фиг.4. Корелация между теоретичните и опитно получените стойности на диаметралния размер при осово разместване в диапазона $0 \leq X_0 \leq X_{гр}$.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведеното експериментално изследване позволява да се направят следните изводи:

- Осовото разместване на режещите пластини при подвижен блок предизвиква радиалното му преместване към изоставащата пластина, което води до нарастване на диаметъра на получаващия отвор спрямо настроенния размер на блока.
- Нарастването на диаметралния размер на отвора (достигащо до 0,3mm) при разстъргване чрез подвижен двуножов блок с осово разместване на режещи пластини е съществено, което създава възможност за извеждане на инструмента от обработения отвор без нараняване на повърхнината му, което е особено благоприятно при обработване на цилиндрични отвори с помощта на комбинирани инструменти за едновременно разстъргване и повърхностно пластично деформиране.

- Резултатите от експерименталните изследвания потвърждават достоверността на изведените теоретични зависимости (с коефициент на корелация $r=0,86107$), което създава възможност за практическото им прилагане с цел по-ефективно използване пълните възможности на подвижните двуножови блокове при разстъргване на отвори с голяма дължина.

Изследванията са подкрепени по проект ФНИ 2020 – МТФ – 02 "Създаване на оптимизационни алгоритми за механични, термични и термомеханични числени модели".

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] К. Киров, 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.
- [2] К. Киров, 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.
- [3] В. Костадинов, Изследване влиянието на осовото разместване на ножовете при комбинирано обработване чрез плаващ режещ блок. Научни трудове на ВТУ"А.Кънчев", Русе, т.XXXII, 1989, с.206-210.
- [4] В. Костадинов, С. Костадинов, Относно размерообразуването при комбинирано обработване с плаващ режещ блок. Механика на машините, бр. 48, Варна, 2003, с.74-77, ISSN 0861-9727.
- [5] М. Кършаков, Н.Георгиева, П.Петров, Изследване поведението на подвижни двуножови блокове при разстъргване на отвори, AMTECH- 2005, трудове на Юбилейна конференция, том 44, серия 2, с.452-457.
- [6] М. Кършаков, Изследване поведението на подвижен двуножов блок с осово разместване на прави режещи ръбове, XVIII ННТК с международно участие „АДП-2009”.
- [7] М. Кършаков, Относно поведението на подвижен двуножов блок с осово разместване на кръгли режещи ръбове, XVIII ННТК с международно участие „АДП-2009”.
- [8] К. 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.
- [9] К. 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.

ДЕФЕКТИ ПРИ КОМБИНИРАНО ОБРАБОТВАНЕ ЧРЕЗ РЯЗАНЕ И ПОВЪРХНОСТНО ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМИРАНЕ

Стефан Костадинов
Русенски университет „Ангел Кънчев“
Русе, България
e-mail: swk1@abv.bg

Павел Петров
Русенски университет „Ангел Кънчев“
Русе, България
e-mail: ppetrov@uni-ruse.bg

Резюме: При изследване поведението на подвижен двуножов блок е установено получаването на крайни ефекти (увеличаване на диаметъра на отвора). Извършено е експериментално изследване за определяне на тяхното влияние върху показателите на качеството.

Ключови думи: комбиниран инструмент, разстъргване, подвижен двуножов блок

I. УВОД

Повишаването на качеството на повърхнините на детайлите, обект на машиностроителното производство, е от съществено значение за тяхната експлоатационна трайност и надеждност [1, 2, 9, 10].

При обработването на цилиндричните отвори на хидравличните цилиндри чрез комбинирани инструменти за рязане и повърхностно пластично деформиране се получават краищни ефекти при входа и изхода на отвора [3, 4].

В [5, 6] са проведени теоретични изследвания върху получаваните краищни ефекти (увеличаване диаметъра на отвора) при разстъргване с подвижен двуножов блок (ПДБ).

Установено е [7], че при осово разместване на режещите пластини $X_0 \neq 0$ тяхното проявление е при входа и изхода на обработвания отвор.

Целта на настоящата работа е да се провери степента на достоверност на зависимостите, прогнозиращи получаването на краищни ефектите при разстъргване с подвижен двуножов блок през отделните периоди на неговата работа.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

Постигането на целта е свързано с експериментално определяне при $X_0 \neq 0$ на: входящите ефекти, изходящите ефекти, отклоненията от кръглост и съосност.

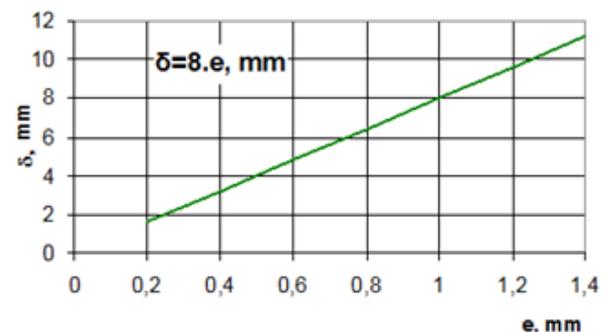
Използват се образци от стомана 45, отрязани от тръбни заготовки за хидравлични цилиндри с диаметър 90mm.

Преди провеждането на опитите образците се разстъргват чисто с помощта на обикновена едноръбова борщанга на размер $\varnothing 90,5^{+0,055}mm$.

Изискванията за съосност и грапавост на цилиндричните повърхнини са постигнати чрез шлифоване върху универсална шлифовъчна машина ШКУ250 на една установка. За осъществяване на тази

операция от тръбните заготовки са отрязани втулки с дължина 110mm и са струговани предварително по цялата външна повърхнина, а по вътрешната – на дължина 60mm с прибавка за шлифоване. Тази дължина е необходима за да могат да се измерят действителните дължини на входните и изходните ефекти.

При провеждане на опитите образците се установяват в патронника на универсален струг С11М посредством срязана втулка.



Фиг.1. Връзка между дебелината на пластините и получавания ексцентрицитет

За задаване на регламентиран ексцентрицитет между оста на симетрия на образците и оста на въртене на вретеното под едната от трите челюсти на патронника се подлага пластина с определена дебелина при установяването на срязаната втулка заедно с образеца – фиг.1.

Разстъргването на всеки образец се осъществява с двуножов подвижен блок без осово разместване ($X_0 = 0$) на режещите пластини. В качеството на режещи пластини се използват пластините WN25 при следната геометрия: $\alpha_0 = 7^\circ$; $\gamma_0 = 3^\circ$; $\lambda_s = 0^\circ$; $r_e = 0,2mm$; $\kappa_r = 9,5^\circ$; $\kappa'_r = 0,5^\circ$ [8].

Точното разполагане на върховете на пластините в една равнина се осъществява чрез контролиране на осовото им положение с помощта на индикаторен часовник и подлагане на пластини.

За определяне на входящите и изходящите ефекти обработването се извършва при следните режими: скорост на рязане $V_C = 99m/min$, честота на въртене $n = 350min^{-1}$, подаване $f = 2mm/rev$, размер на статичното настройване $L_H = 90mm$.

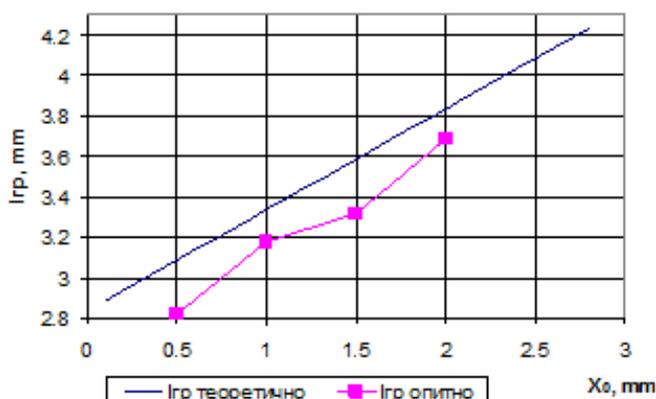
Предварително се изчислява граничната стойност на осовото разместване $X_{гр}$, при избрания режим на рязане и геометрия на пластината [11].

При определяне на грешките във формата се използва следния режим на обработване: скорост на рязане $V_C = 44m/min$, честота на въртене $n = 16min^{-1}$, подаване $f = 0,15mm/rev$, размер на статичното настройване $L_H = 90mm$.

Измерването на диаметрите в границите на дължините, при които се образуват входните и изходните ефекти се извършва чрез индикаторен часовник с точност $0,001mm$, установен в магнитна стойка върху кръстатия супорт на машината.

Профилът на напречното сечение на обработените отвори на стоманените втулки се измерва с кръгломер "Talygond-200", при което са определени стойностите на отклоненията от кръглост и съосност.

За установяване формата на контура на отворите се измерват дебелините на стените на два от образците с помощта на универсален дължиномер със стойност на едно деление $0,2\mu m$.

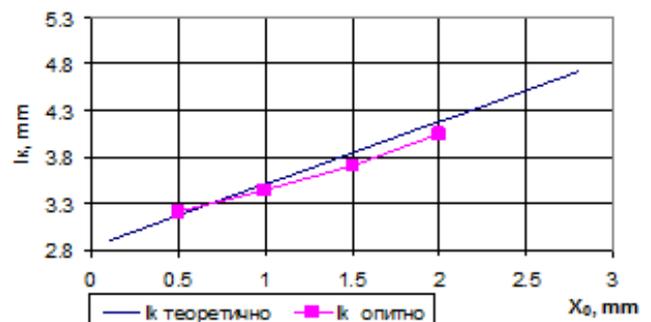


Фиг.2. Сравнение на теоретично изчислената гранична и експериментално измерената действителна дължина на входните ефекти

Експериментите за определяне на входните и изходните ефекти са проведени за четири стойности на осово разместване: $0,5mm$; $1mm$; $1,5mm$ и $2mm$. Теоретичните изчисления [7] и действително измерените стойности са графично представени на фиг.2, а на изходните - на фиг.3.

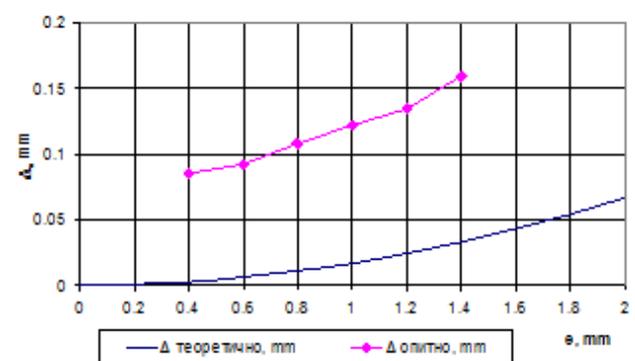
От фиг.2 се вижда, че измерените дължини, в границите на които се наблюдава увеличение на диаметъра са по-малки от теоретично изчислените.

Измерените дължини, при които на изхода на обработваните отвори се наблюдава намаляване на диаметъра са близки до теоретично изчислените, като разликата е в рамките на 6%.



Фиг.3. Сравнение на теоретично изчислената и експериментално измерената дължина на изходните ефекти

Експерименталните изследвания за определяне грешката на формата на отвора са извършени при шест различни стойности на ексцентрицитета e : $0,4mm$, $0,6mm$, $0,8mm$, $1mm$, $1,2mm$ и $1,4mm$. Полученото максимално отклонение от кръглост Δ за всеки опит е сравнено с теоретично изчисленото [7] и е показано на фиг.4.

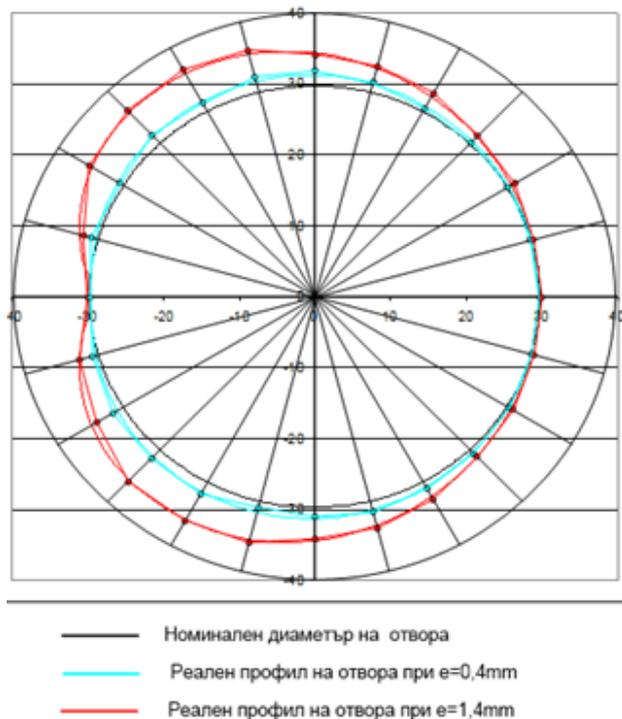


Фиг.4. Сравнение на теоретично изчислените и действително измерените стойности за максималното отклонение от кръглост Δ при различно изместване на оста на обработвания отвор e

За два от обработените образци (при изместване на осите $e = 0,4mm$ и $e = 1,4mm$) е извършено измерване на дебелината на стените им.

Измерванията са правени през 15° . Графиката (фиг.5) е построена като за изходно е избрано сечението с най-голяма дебелина на стената, което съответства на диаметър, най-близък до L_H и нулево отклонение. В следващите сечения са отчитани отклоненията от тази стойност и са нанасяни в мащаб $1\mu m \wedge 100mm$.

От фигурата се вижда, че при $e = 0,4mm$ напречното сечение на отвора има формата на овал с незначителни отклонения от окръжност с диаметър L_H , а при $e = 1,4mm$ – е подобно на равнинна алгебрична крива симетрична на абсцисата. Това потвърждава правотата на теоретичните заключения.



Фиг.5. Влияние на изместването на оста на отвора e , обработен с подвижен двуножов разстъргващ блок, върху профила на отвора

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разстъргването с подвижен двуножов блок с осово разместване на режещите пластини се съпровожда с формиране на входен и изходен участъци, като:

- увеличението на диаметъра при входа се наблюдава на дължина по-малка от теоретичната ($l_D = 3,8\text{mm} < l_T = 4,2\text{mm}$);
- намаляването на диаметъра при изхода е при дължина с около 6% по-малка от теоретичната;
- формата на напречното сечение на отвора има формата на овал при $e = 0,4\text{mm}$ и е подобно на равнинна алгебрична крива симетрична на абсцисата при $e = 1,4\text{mm}$, което потвърждава правотата на теоретичните заключения.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] К. Киров, Приложение на методика FMEA за управление на подобрението на системи за управление на качеството, МНПК Устойчиво развитие 2011, Варна, 2011, с.91-95, ISSN 1314-4138.
- [2] К. Киров, Текущо състояние и идентификация на области за подобрене на системи за управление на качеството във висшето образование, VII международна научно-приложна конференция: Стратегически насоки в бизнеса през XXI-век и качеството на висшето образование, 2-4 юли 2008, Сборник научни трудове, Варна, с.16-21, ISBN 978-954-20-0426-4.
- [3] В. Костадинов, Относно краищния ефект при инструменти за ППД с радиално подаване, Научни трудове на ВТУ „А. Кънчев”, Русе, т. XXVI, 1986, с.317-322.
- [4] В. Костадинов, Особенности на размерообразуването при комбинирани инструменти за повърхностно пластично деформиране. 8 Международна конференция “Авангардни машиностроителни обработки”, Кранево, 2008, с.181-184.

- [5] М. Кършаков, Изследване поведението на подвижен двуножов блок с осово разместване прави режещи ръбове, XVIII ННТК с международно участие „АДП-2009”.
- [6] М. Кършаков, Относно поведението на подвижен двуножов блок с осово разместване кръгли режещи ръбове, XVIII ННТК с международно участие „АДП-2009”.
- [7] М. Кършаков, Период на установено рязане с подвижен двуножов блок с прави и кръгли пластини, XVIII ННТК с международно участие „АДП-2009”.
- [8] М. Кършаков, Н.Георгиева, П.Петров, Изследване поведението на подвижни двуножови блокове при разстъргване на отвори, AMTECH- 2005, трудове на Юбилейна конференция, том 44, серия 2, с. 452-457.
- [9] K. Kirov, Analysis of the possibilities and limitations of the system man-machine in the manufacturing, Annual journal of technical university of Varna, Bulgaria, 2(1), 2018, p 47-51, ISSN 2603-316X, <https://doi.org/10.29114/ajtuv.vol2.iss1.70>.
- [10] K. Kirov, D. Ralcheva, Consistency of application of the methods of risk analysis in accordance with the level of knowledge of the process, сп. Компютърни науки и технологии, vol.1, 2018, с 90-95, ISSN 1312-3335.
- [11] V. Kostadinov, S. Kostadinov, Kinematic analysis of a Self-Centering tool for the surface plastic flow, Kaunas, Mechanika-2007, Technologija, p 163-167, ISSN 1822-2951.

ИНОВАТИВНО ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНО УСТРОЙСТВО ЗА РЯЗАНЕ НА ЕКОБРИКЕТИ

Слав Димитров
Машиностроителен Факултет
Технически университет София, България
e-mail: sbd@tu-sofia.bg

Резюме:Целта на настоящата разработка е да се опише устройството, принципа на работата, програмирането и управлението на новосъздадено електромеханично устройство (ЕМУ) за рязане на екобрикети, осигурявайки рязане по предварително зададено тегло, за което е придобит полезен модел.

Ключови думи: иновация, електромеханично устройство, екобрикети, рязане.

I. УВОД

Брикетите от биомаса са направени от селскостопански отпадъци и са заместител на ископаемите горива като нефт или въглища. Могат да бъдат използвани за отопление на котли в производствените предприятия, а също имат приложение в домакинството. Брикети от биомаса са възобновяем източник на енергия, чието използване спомага да се избегне добавянето на въглероден диоксид в атмосферата и се пестят разходи за котелни горива. Чрез използването на брикети от биомаса могат да се печелят въглеродни кредити за намаляване на емисиите в атмосферата. Също така осигуряват по-висока калорична стойност за килограм и това пести около 30-40 на сто от разходите за котелно гориво. Те предимно се произвеждат от отпадъчна биомаса при дървообработването или растениевъдството в аграрния сектор. За производството на подобни брикети в действителност не се използват свързващи вещества, в процеса на формоване. Процесът на формиране в действителност е естествен по време на нагриването над 100 градуса на биомасата, като естественият лигнин в биомасата под влияние на температурата свързва частиците на крайни продукт и ги формира в процеса на пресоване. Изгарянето на екобрикети е много по-ефективно, отколкото изгаряне на дърва за огрев. Съдържанието на влага на брикетите може да бъде много ниско, около 4%, като се има в предвид, че в дървата за огрев може да бъде по-високо от 65%.

Брикетите са иновативен продукт на пазара на твърди биогорива. Това, както и пониженото съдържание на пепел и високата калоричност се отразява на цената им, която е средно 15-25% по-ниска от цената на дървесните пелети. Разходите за производство на брикети от селскостопански отпадъци са значително по-ниски от разходите за производство на дървесни пелети, така че рентабилността на едно такова производство е достатъчно висока.

II. АНАЛИЗ НА ОБОРУДВАНЕТО ЗА ПЕРЕРАБОТКА НА ОТПАДЪЦИ В ПЕЛЕТИ

Оборудването за преработка на селскостопански и дървесни отпадъци в пелети и брикети е чудесна възможност за създаване на високопроизводителни автоматизирани устройства и системи, които се отличават с непретенциозност към условията за монтаж и експлоатация, отговарят на търсенето за икономични горива и опазване на околната среда, като по този начин правят производството на пелети и брикети рентабилно. Суровината за производство е отпадък – ненужни остатъци от дървесен материал, стърготини, кори и отпадъци от агро-производството, а полученият продукт – биогориво под формата на пелети и брикети (в конкретно разглеждания случай 40 или 80 сантиметрови брикети).

Оборудването за преработка на отпадъци от селскостопанско производство, осигурява безотпаден и в пътя увеличен по отношение на рентабилност процес. Слънчогледови отпадъци, слама, рапица, царевича и всякакви други култури представляват огромен ресурс от биомаса, подходяща за преработка и употреба във вид на брикети. Всяка година земеделските производители се опитват да се справят с милиони тонове такива отпадъци. Някои стигат дори до незаконно изгаряне, което е много жалко, защото води до значителни екологични щети и загуба на потенциална печалба, извлечена от продажба на биогорива и намаляване на разходите за отопление и електричество на местно ниво. Един от начините да се извлекат ползите от тези отпадъци е от тях да се произведат горивни брикети.

III. ИНОВАТИВНО ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНО УСТРОЙСТВО ЗА РЯЗАНЕ НА ЕКОБРИКЕТИ

Проектирано е ЕМУ, което включва носеща рама с монтирани на нея направляващи релси за придвижване на танкети, които са захванати към подвижна шейна. Върху подвижната шейна е монтирана подвижна платформа, задвижвана от повдигащ пневматичен цилиндър. На подвижната шейна са разположени притискащ пневматичен цилиндър, връщащ пневматичен цилиндър и задържащ пневматичен цилиндър. На подвижната платформа са разположени електродвигател, свързан чрез ремъчна предавка с вала на режещ диск. Повдигащия, притискащия, връщащия и задържащия пневматични цилиндри се управляват от пневмо-подготвяща група, която е разположена на носещата рама. Пневмо-подготвящата група включва

филтър за твърди частици, филтър дехидратор, омаслител, регулиране на налягането и разпределители.

ЕМУ е снабдено и с ускорителен модул, електронна везна и блок за електро управление, също разположени на носещата рама.

А. Предимства на създаденото ЕМУ са:

- Осигурява разфасоване на екобрикети по предварително зададено тегло, независимо от тяхната плътност и влажност.
- Автоматично регулиране на теглото на екобрикети, спрямо размера.
- При грешно тегло, дължината на екобрикета се коригира автоматично и следващия брикет е с точното тегло.
- Ако има промяна на наличието на влага в брикета теглото е различно, но системата се самонастройва.

Изброените по-горе предимства на създаденото ЕМУ за рязане на екобрикети позволяват опаковането им в опаковки с точно определено тегло.

В. Структурни единици на създаденото ЕМУ

Създаденото ЕМУ за рязане на екобрикети включва следните основни структурни единици, показани на фиг. 2 и фиг. 3.

IV. ПРИНЦИП НА РАБОТА НА СЪЗДАДЕНОТО ЕМУ

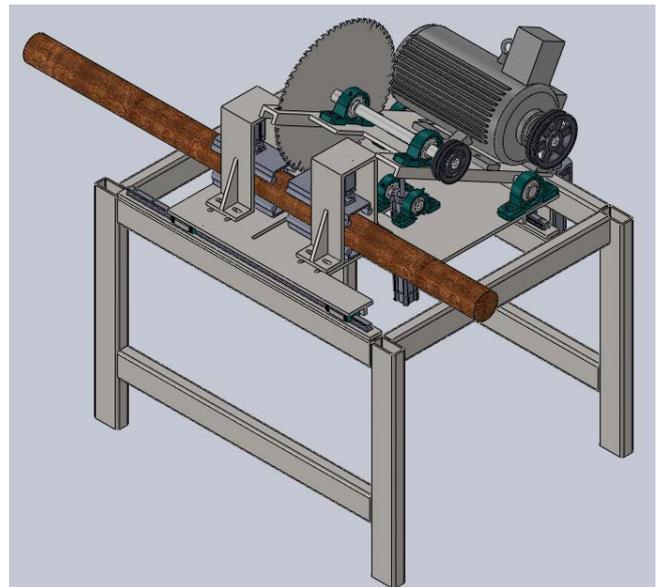
Непрекъснатия основен екобрикет 1 навлиза в зоната на устройството за рязане и след отнемане на необходимата дължина се притиска от притискащия цилиндър 2 към подвижната шейна 5. Тя започва да се свижи заедно с него напред.

След започване на движението напред на подвижната шейна, започва движение надолу на подвижната платформа 15, за да навлезе режещия диск 3 в екобрикета 1. Движението нагоре и надолу се осигурява от повдигащия пневматичен цилиндър 13.

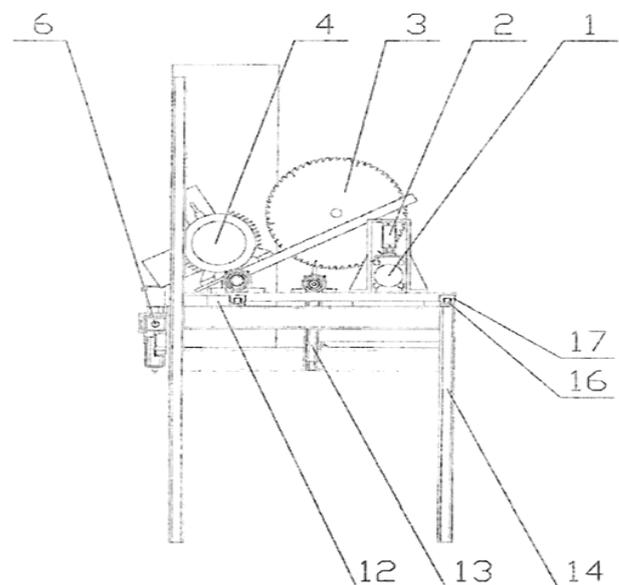
След отрязване на парчето екобрикет 8, повдигащия пневматичен цилиндър връща режещия диск до изходното му положение. Заедно с режещия диск в изходно положение (горе) се връща и подвижната платформа, посредством повдигащия пневматичен цилиндър.

След като те са в изходно положение (горе) притискащия пневматичен цилиндър пуска непрекъснатия екобрикет. Подвижната шейна започва движение назад, посредством връщащия пневматичен цилиндър 12.

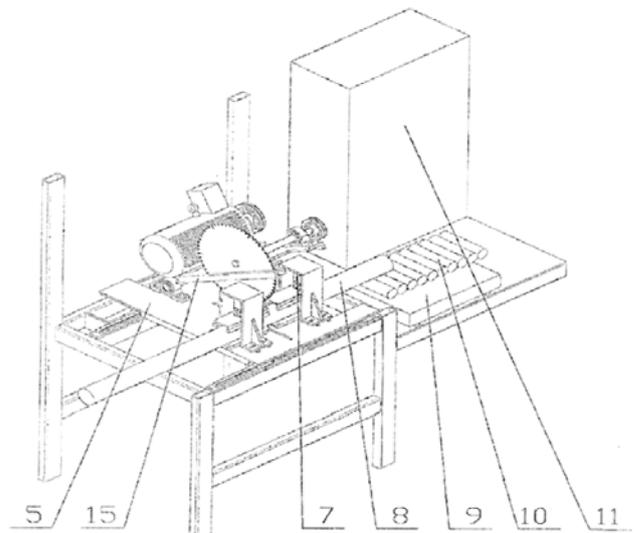
Едновременно с пускането на непрекъснатия екобрикет от притискащия цилиндър задържащия пневматичен цилиндър 7 пуска отрязаното парче екобрикет 8 към ускорителния модул 10. Ускорителния модул издърпва парчето към електронната везна 9. След измерване на теглото на отрязания вече екобрикет, електронната везна изпраща информацията към блока за електро управление 11.



Фиг.1. 3D модел на ЕМУ за рязане на екобрикети [11]



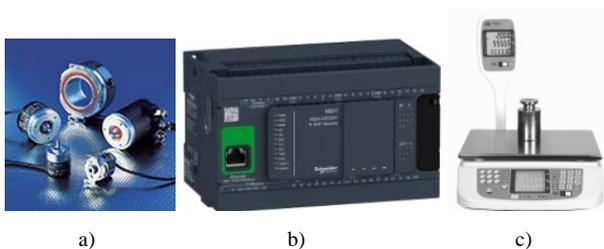
Фиг.2. Структурни единици на ЕМУ за рязане на екобрикети [11]



Фиг.3. Структурни единици на ЕМУ за рязане на екобрикети [11]

В блока за електро управление специализиран софтуер анализира информацията и ако е необходимо сигнализира за корекция на дължината на отрязаните парчета екобрикети 8, в зависимост от предварително зададеното тегло.

За правилната работа и достигане на нужната производителност на ЕМУ са използвани универсални средства за измерване на дължината на еко брикета и специализирана електронна везна за определяне на теглото. Използван е инкрементален енкодер с разделителна способност 4096 импулса за оборот (fig. 4a).



Фиг.4. Инкрементален енкодер, PLC и специализирана везна с вградена комуникация за измерване на дължина на екобрикети

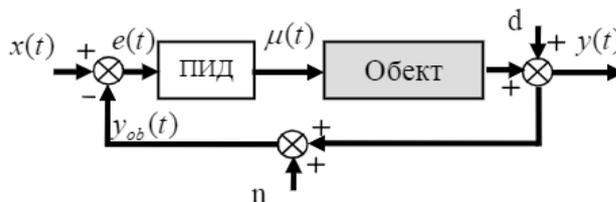
Благодарение на високата точност на използвания инкрементален сензор може да се постигне точност на измерване на брикета до 0,1 %. Тази точност е необходима за да се достигне точен грамаж на изрязания брикет. След измерване с специализирана везна (fig. 4c) се прави корекция на дължината на брикета в положителна или отрицателна стойност за да се достигне точен грамаж на изделието.

Измервателният уред е съобразен да има необходимата комуникация и да изпраща данни на програмируемият логически контролер (PLC). Изпращането на данни се случва в реално време и е възможно да се нанесат нужните корекции в размера в рамките на до 150 [ms]. Времето за пренос на данни е от изключителна важност за корекция на размера и теглото. Системата позволява корекция на размера до 1 [mm]. При забавяне на изпращане на данните от електронна везна към PLC се губи времето за точна регулация и е необходимо да се прави корекция и на следващото изделие. За да няма забавяне на времето за пренос на данни е използван универсален контролер (fig. 4c) със създадено специализирано приложение.

За решаване на основната задача, а именно наличието на влага във основната суровина е използван сензор за измерване на влага. Сензора е монтиран в основния силюз и измерва влагосъдържанието във основния продукт. Благодарение на това измерване има възможност да се направи математическо изчисление за калоричността на брикета. Калоричността на брикета е основен показател за определяне на произведената топлина спрямо килограмите.

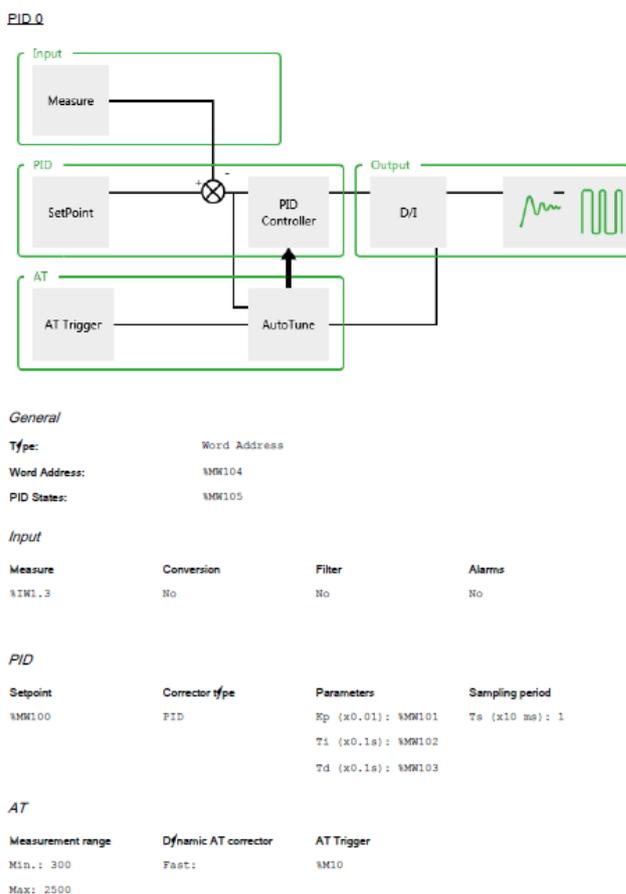
V. ПРОГРАМИРАНЕ НА СЪЗДАДЕНОТО ЕМУ

За създаване на основния програмен код и за регулация на дължината на брикета, теглото и наличието на влага в основния материал е използван основен закон за регулиране "PID" (fig. 5).



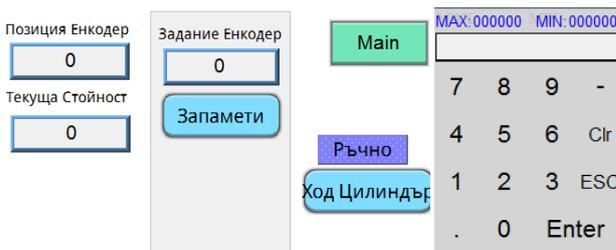
Фиг.5. Основен Закон за регулиране „PID“

С използването на закона е възможно да се създаде програмен код за регулиране на нужните параметри. За създаване и генериране на програмен код е използван език за програмиране "IL" (Instruction List). Изработен е сложен математически модел за работа на използваното изделие. Част от разработения програмен код е показан на фиг. 6.



Фиг.6. Част от програмния код на ЕМУ

За въвеждане на параметри и визуализация на системата е използван панел (HMI) с модел MT8051P. На (fig. 7) е представена визуализация на системата.



Фиг.7. Част от визуализация на системата

Извадка от разработената управляваща програма е показана в Tabl.I.

TABLE I. ИЗВАДКА ОТ УПРАВЛЯВАЩА ПРОГРАМА

| Programming code |
|--|
| 0000 LD 1 |
| 0001 AND [%IW1.3 > %MW100 - 200] |
| 0002 AND [%IW1.3 < %MW100 + 200] |
| 0003 AND [%IW1.2 > %MW110 - 200] |
| 0004 AND [%IW1.2 < %MW110 + 200] |
| 0005 AND [%IW1.1 > %MW120 - 200] |
| 0006 AND [%IW1.1 < %MW120 + 200] |
| 0007 AND [%IW1.0 > %MW130 - 200] |
| 0008 AND [%IW1.0 < %MW130 + 200] |
| 0009 ST %M5 |
| 0000 LD 1 |
| 0001 [%MW2 := %IWM12] |
| Comment: Vreme za pechene |
| 0000 LD 1 |
| 0001 [%MW0 := %IWM14] |
| 0002 [%TM0.P := %MW0] |
| 0000 LD 1 |
| 0001 [%QWM6 := %MW105] |
| 0000 LD %IWM13:X0 pidSta/stop COMMAND2:X0/3/6/9 |
| 0001 S %M11 |
| 0000 LDN %IWM13:X0 pidSta/stop COMMAND2:X0/3/6/9 |
| 0001 R %M11 |
| 0000 LDN %IWM13:X1 pidType COMMAND2:X1/4/8/10 |
| 0001 [%MW104 := 1] |
| 0000 LD %IWM13:X1 pidType COMMAND2:X1/4/8/10 |
| 0001 [%MW104 := 2 |
| Inputs: EN, HM_CW, MAN, AUTO |
| Outputs: IN_MOVE, IN_BACK |
| Parameters: %PARAM0: Word Local variables |
| 0000 LDN %EN |
| 0001 R %Q4.11 |
| 0002 R %IN_MOVE |
| 0003 [%PARAM0 := 0] |
| 0004 ENDC |
| |
| 0001 R %M11 |
| 0000 LDN %IWM13:X1 pidType COMMAND2:X1/4/8/10 |
| 0001 [%MW104 := 1] |

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] D. Schütz, M. Friedrich, Robotic systems for Handling and Assembly. In: Wahl in Springer Tracts in Advanced Robotics, STAR, v. 67, 2011.
- [2] H. Ahmadzadeh, E. Masehian, M. Asdapour, Modular robotic systems: characteristics and applications. J Intell Robot Syst 81: 317-357. Doi:10.1007/s10846-015-0237-8, 2015.
- [3] I. Fahad, Force-controlled robotic assembly processes of rigid and flexible objects. Methodologies and applications. Springer, 184. (experiment validations), 2016.
- [4] J. Sarkis, H. Parsaei, Advanced Manufacturing Systems - Strategic Management and Implementation, Springer, 2011.
- [5] M. Groover, Automation, production systems and computer-integrated manufacturing. 3rd ed, Prentice Hall Pres, 2007.
- [6] 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.
- [7] Programming Guideline for S7-1200/S7-1500. http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mikrosystemy/simatic_s71200/programming-guideline-for-s71200-s71500_2014-09_en.pdf
- [8] Q. Wang, M. Sowden, A. Mileham, Modelling human performance within an automotive engine assembly line, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 68(1) 141-148, 2013.
- [9] 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).
- [10] S. Dimitrov, Investigation of the process of automated closure of screw bottles, PhD thesis, 2017.
- [11] S. Dimitrov, Свидетелство за регистрация на полезен модел, обект на интелектуална собственост Рег. № 3139 U1 / 07.05.2019, "Устройство за рязане на екобрикети", 2019.
- [12] 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).
- [13] S. Nikolov, R. Dimitrova, I. Topov, "New approach at mechanical engraving of details with large sizes", International conference on High Technology for Sustainable Development HiTech 2019, 10 - 11 November, (print), 2019.

INNOVATIVE ELECTROMECHANICAL DEVICE FOR CUTTING ECOBRIQUETTES

Slav Dimitrov

Abstract: The purpose of this study is to describe the device, the principle of operation, programming and control of a newly created electromechanical device (EMU) for cutting eco-briquettes, providing cutting to a predetermined weight, for which a utility model has been obtained.

Key words: innovation, electromechanical device, eco-briquettes, cutting.

ПОВИШАВАНЕ ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА ПРИ ЩАНЦОВАНЕ И ПРЕСОВАНЕ НА ДЕТАЙЛИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ТРЪБНА МЕБЕЛ

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

Резюме: В настоящата статия е разгледано значението на щанцоването в различните отрасли на промишлеността, индустрията и видове софтуерни продукти за създаване на щанци. Посочени са компонентите при създаване на щанца. Разгледани са особеностите при работата в експлоатацията. Проследен е цялостният технологичен процес на детайл тип „пета“ при стартиране на производството и по-нататъшното автоматизиране на процеса с цел по-висока производителност. Анализирани са производителността и технологичният отпадък след автоматизиране на процеса.

Ключови думи: щанци, матрици, пресформи, рязане, формоване, металообработка

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Проектирането и производството на щанци и матрици представлява значително по важност звено в цялата индустриална верига, тъй като почти всички масово произвеждани детайли се създават именно с помощта на това оборудване. По този начин качеството, разходите и времето за изработката на щанци и матрици влияят върху икономиката на производството на много голям брой компоненти, монтажни възли и агрегати, особено в автомобилната промишленост. Специализираните софтуерни продукти за проектиране на инструменти за обработване на листов материал, както и някои интегрирани CAD/CAM/CAE системи, предлагат богата гама функционалности. Софтуерните продукти и възможността за симулациите могат да намалят разходите за производство, проектиране и асемблиране с до 50%. Системата за инженерно проектиране SolidWorks не разполага с интегриран модул за проектиране на щанци, но има възможност за инсталиране на допълнителни модули, разрешаващи тази функция [1, 2, 3, 4, 5].

Настоящата разработка има за цел да повиши производителността при щанцоване и пресоване на детайли за производство на тръбна мебел.

II. КОМПОНЕНТИ ЗА ЩАНЦИ

Най-общо казано, обработката на листови материали чрез пластично формуване се осъществява чрез силата на натиск, който се извършва от механични или хидравлични преси за щанцоване. Процесът на формуване започва със създаването на специфична матрица (фиг. 1), според която ще бъде изработен елемента. След завършване на матрицата, която ще бъде

използвана в производствения процес, листът материал или лентата се поставят върху матрицата и с помощта на контролирана сила се прилага натиск върху метала. Силата на натиска принуждава листовия материал да се деформира според желаната форма на предварително изработената матрица. Благодарение на перфектното взаимодействие между пресата (фиг. 2) и матрицата, листовият материал се формува в краен продукт без никакви недостатъци и без да се нуждае от допълнителна обработка [6]. Повечето щанци са конструирани от няколко основни компонента, включващи държачи, каси за матрици, матрични блокове, направляващи щифтове, втулки, подпирачи плочи, дистанционни опори и винтове. Щанците също така включват събувачи, притискащи плочи и изтеглящи подложки, както и устройствата, използвани за тяхното закрепване макари, раменни болтове, държачи, фиксатори и газове, спирални или уретанови пружини. Материалите от които се изработват щанцовите държачи, касите за матрици и матричните комплекти са стоманени или алуминиеви плочи, които съответстват на размера на матрицата. Те служат като основа за монтиране на работните детайли. Тези компоненти трябва да бъдат обработени – фрезовани или шлифовани така, че да са успоредни и плоски в рамките на критични допуски. Макар, че шлифоването е най-популярно, сега вече е възможно чрез използването на нови дигитални методи и машини да бъде получена фрезована повърхност, която е изпълнена с толкова висока точност както е при шлифоване.

- Триенето се намалява, така че матрицата може да работи с по-високи скорости, без да се създава прекомерно триене и да се генерира топлина.
- Позволяват на конструкторите да отделят горната и долната подложка лесно.
- При тях се използват сачмени лагери, те могат да бъдат произвеждани с по-голяма точност от тази на фриксионните щифтове.

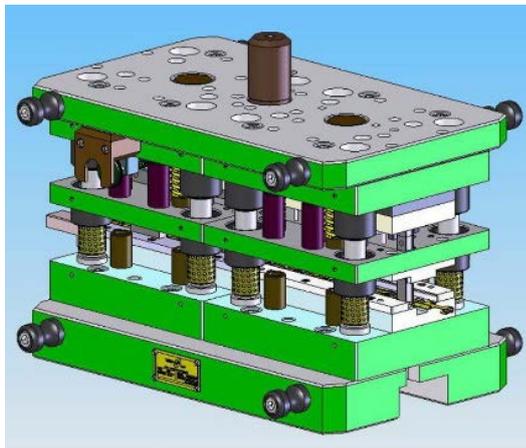
Подпорните плочи са специални стоманени блокове, които са прецизно обработени, завинтени, свързани и често заварени към горната и долната подложки на касата. Те са снабдени с износващи се плочи, поемащи всяка странична тяга, която може да бъде генерирана по

време на процесите на рязане и формоване. Те са особено важни, ако генерираната сила е еднопосочна.

Твърде много сила, генерирана само от една посока, може да доведе до отклоняване на водещите щифтове, което води до неправилно подравняване на критичните елементи за рязане и формоване.

Едната подпорна плоча има стоманена пластина, а плочата на противоположната подложка има износваща се пластина от алуминиев бронз или някакъв друг различен метал. Процесът на избор на пластини е от съществено значение. Използването на две противоположно разположени пластини, направени от един и същ тип метал, може да доведе до голямо триене, генериране на топлина и евентуална механична повреда или студено заваряване на износващите се повърхности.

Подпорните блокове могат да се използват за стабилизиране на матрицата в една или повече посоки, а набор от опорни плочи често се използва за стабилизиране на щанци във всички посоки [7].



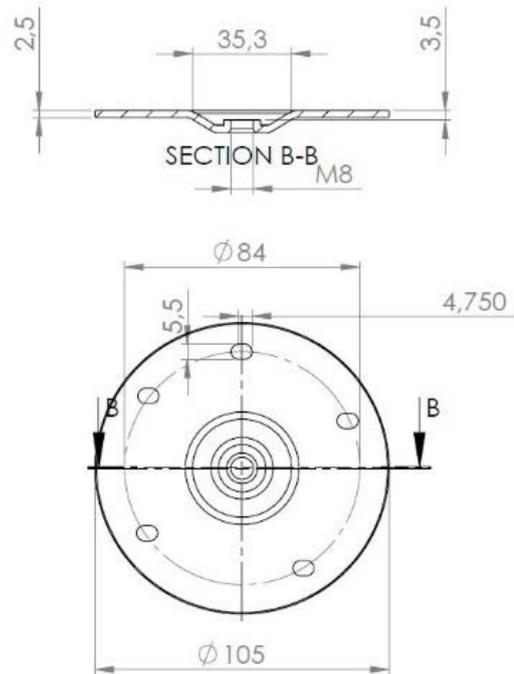
Фиг. 1. Щанца [8]



Фиг. 2. Ексцентър преса [9]

III. СТАР ТЕХНОЛОГИЧЕН ПРОЦЕС

При стартиране на производството на детайл пета, което е част от крайният продукт на изделие крак „Адилс“, технологичният процес е доста опростен - с повече операции и повече оператори, необходими за изработването на крайното изделие. Първият етап от процеса е доставката на лист ламарина с размери 2000x1000 mm. Те се накрояват на ръчна гилотина на размер 109 mm широчина. Получените ленти се подават ръчно на ексцентрик преса 63 t за щанцоване на детайла „пета“. Едновременно се извършват операциите, включващи изрязването на размера, пробиването и вдлъбването. Поради получените усеньци от рязането на детайла, те претърпяват още една междинна операция – шлифване, включваща различни по форма и размери видове шлифовъчни тела, поставени във вибро машини (Тривалене). Като последна операция, която се извършва е резбоване в средата на детайла. На фиг. 3 е показан чертеж на детайла „Пета“, който включва един резбови отвор M8 и 5 бр. елипсовидни проходни отвори [10, 11, 12].



Фиг. 3. Детайл „Пета“

IV. ИНОВАТИВНИ МЕТОДИ ЗА ПОВИШАВАНЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА

Непрестанното търсене на пазара, налага повишаване на производителността. За да бъдем конкурентноспособни и да отговорим на изискванията на клиентите се налага автоматизирането на процеса с цел увеличаване на производителността и намаляване на операциите. За да се избегне първоначалното ръчно подаване на листовия материал се пристъпи към komponovanе на нова автоматична машина с внедряване на иновативни елементи подаване на заготовка към щанцата е внедрена нова иновативна машина със иновативни елементи. Тя включва: размотаващо устройство, изправящо устройство, подаващо

устройство. Вместо листи, които се накрояват на ленти и се подават към пресата ръчно, се доставят щрипси с размер 2,5x109 mm, произведени в дъщерната фирма на завода. Щрипса се поставя на размотаващото устройство, показано на фиг. 4, като максималното му тегло не трябва да надвишава 4000 kg. Щрипса преминава през изправящо устройство, показано на фиг. 5. Дебелината не трябва да надвишава 10 mm.

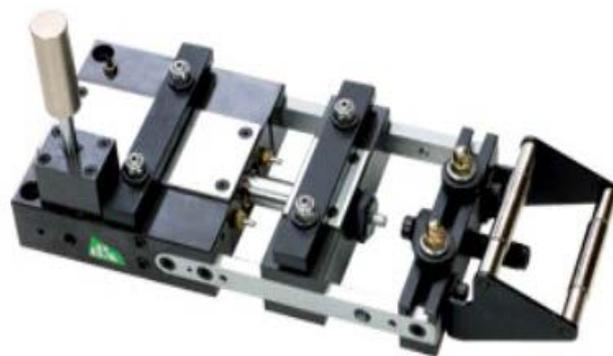
Съвкупността от размотаващо, изправящо и подаващо устройство (фиг. 6) спомагат за повишаване на производителността и автоматизирането на производството. На фиг. 7 е представена ексцентрик преса с позиционирано подаващото устройство.



Фиг. 4. Размотаващо устройство [8]



Фиг. 5. Изправящо устройство [8]



Фиг. 6. Подаващо устройство [8]



Фиг. 7. Монтирано устройство [8]

V. ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТ И ТЕХНОЛОГИЧЕН ОТПАДЪК СЛЕД АВТОМАТИЗИРАНЕ НА ПРОЦЕСА.

Както при всяка операция щанцоване, така и при щанцоването на пета 2,5x109 mm има разход на метал от отделения метал. Производството разполага с 3 броя щанци които задоволяват нуждите за експедиция на готова продукция. Работи се на непрекъснат режим на работа 7 дена в седмицата, на смени. Отсечените пети на пресата средно на ден са 28200 броя или приблизително 7 t на ден, а резбованите пети са 25000 броя, което е приблизително 6 t на ден. По бавен процес е троваленето (Шлифоване на детайли). Поради тази причина в производството са внедрени две машини с цел повишаване производството, намаляване на складираните детайли от предшестващите операции, които позволяват изходна продукция от приблизително 14000 броя дневно, на двете машини. Средния брой ленти които се щанцоват е 6-7 броя на ден. Разходната норма на технологичния отпадък е 0,0634 kg. за единичен брой „Пета“ или 0,02%. Произведените брой детайли са достатъчни за нуждите на производството, като дори остава заделено количество. Това е наложително, защото винаги трябва да има буфер заради по-бавното му производство от другите компоненти на цялостното изделие на крак „Адилс“ и риска от непредвидени аварии, които биха забавили процеса.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Щанцоването носи много предимства и затова и се превръща във все по-предпочитана технология сред производителите. Едно от предимствата на технологията е фактът, че няма окисление на най-горният слой на материала. Създадените детайли посредством щанцоване се характеризират с прецизна изработка. Изделията имат много точни размери и минимално наличие на повърхностни грапавини. Освен това, при щанцоването значително са намалени разходите за метал и няма образуване на стружки при изработката. Още едно от предимствата на щанцоването е отсъствието на нагриване на материала. За да се избегне първоначалното бавно подаване на заготовка към щанцата е внедрена иновативна технология за подаване на заготовката. Тя включва: размотаващо устройство, изправящо устройство, подаващо устройство. Производителността се е увеличава приблизително със 35-40%.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изследването в настоящата статия е осъществено с подкрепа по линия на средства за задочни докторанти – 2020 г.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Stoimenov N., Panev P., Karastoyanov D. Software for 3D Modeling, Simulation and Optimization. XXVII International Scientific and Technical Conference, ADP - 2018., June 21-24th 2018, Publishing House of Technical University of Sofia, ISSN:13 10 -3946, 2018, pp. 329-334.
 - [2] Иновациите, Европейски, национални и регионални политики, фондация „Приложни изследвания и комуникации“ ARC FUND, ISBN 978-954-9456-12-7, 2008.
 - [3] Lombard M., SolidWorks 2009 Bible Wiley Publishing Inc., ISBN: 978-0-470-25825-5, 2009.
 - [4] Paneva M., Research of Mechanical Characteristics in Tensile Tests of Low Carbon Steel Samples During Transformation from Hot Rolled to Cold Rolled Sheet Metal. 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, 70, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, ISSN:1847-7917, 2018, pp. 153-158.
 - [5] Paneva M., Stoimenov N., Hardness of Working Rolls for Cold Rolling Mill. 8th International Conference, ICAT'19 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, August 26-30, 2019, ISBN:E-978-605-68537-4-6, 2019, pp. 203-206.
 - [6] „Метал ин“
<https://metalin.com/bg/pages/Kakvo-predstavlyava-shtantzovaneto.html> (последно посетен Март 2020)
 - [7] Производство на матрици <https://www.engineering-review.bg/bg/proizvodstvo-na-matrici-shtanci-i-presformi-komponenti-i-materiali/2/3747/> (последно посетен Март 2020)
 - [8] <https://www.polymeta.bg/home?v=461b1990fe86> (последно посетен Март 2020)
 - [9] Д-р инж. Петър Д. Димитров Проектиране, изработка и експлоатация на инструментална екипировка за пресова обработка на листов материал. <https://leanpub.com/proektirane-izrabotka-i-eksplotacia-na-instrumentalna-ekipirovka-zastancovane/read> (последно посетен Март 2020)
 - [10] Ройдев М., Георгиева В., Стоименов Н., Клочков Л., Панев П., Разработване на автоматична линия за опаковане с еднократна опаковка, XXV МНТК Автоматизация на дискретното производство „АДП – 2016“ 23-26 Юни, Созопол 2016г., ISSN – 13 10 -3946, 2016, стр.232-239.
- [11] Panev P., Development of Automatic Packing Line for Single Packs. 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, 70, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, ISSN:1847-7917, 2018, pp. 149-152.
 - [12] Карастоянов Д., Стоименов Н., АБРАЗИВНО ТЯЛО, Полезен модел на Република България, пер. № 2964 U1/16.07.2018.

ПРОБЛЕМИ ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ И РОБОТИ В УПРАВЛЕНИЕТО НА СЪВРЕМЕННОТО ПРОИЗВОДСТВО

Давид Авишай
Азриели, академичен инженерен
колеж в Йерусалим, катедра
„Индустириален мениджмънт и
инженерство“,
ул. Яков Шрайбом No826,
Йерусалим. Израел
e-mail: davishay@jce.ac.il

Веселин Павлов
Технически университет – София,
бул. „Кл. Охридски“ No8
София, България
e-mail: vpavlov@tu-sofia.bg

Гая Павлова
Технически университет – София,
Факултет „Компютърни системи и
технологии“
бул. „Кл. Охридски“ No8
София, България
e-mail: racheva@tu-sofia.bg

Резюме: Стремителното навлизане на дигитализацията в съвременното производство, провокирало ориентацията към четвъртата индустриална революция, води до проблеми, които не са съществували през предходната. Един от въпросите, занимаващ учените е какви ще са новите психотехнически явления и как да се практикува с тях? В настоящата работа са разгледани някои от тези явления, влияещи на управлението на производствените процеси, и на участващите в него хора и машини. Представена е технологичната еволюция, проблеми, породени в този процес, някои идеи за решаването им.

Ключови думи: *цифровизация, индустриална революция 4.0, робот, роботика, изкуствен интелект, управление на производството, психология, технологична еволюция.*

I. УВОД

Проблемите на управлението на производството по време на третата индустриална революция са известни или може би повечето от тях. Една част се дължат на човешката психика, морал, качества, самочувствие, култура, его, образование, знания, опит, външна среда, политически момент и управляваща система. В повечето случаи се работи в условията на ненаситен пазар, където важи принципа „произведено – продадено“.

При четвъртата индустриална революция, целта е да се прехвърли по-голямата част от управлението на машините, роботите и изкуствения интелект (ИИ). Субективният елемент на човешкото управление ще се сведе до минимум. В днешно време пазарът е наситен със стоки и ефективно работят предприятия, които спазват принципа: *произвеждаш това, което е нужно на пазара, толкова, колкото е нужно и тогава (по време), когато е нужно.*

Отнесено към производството, управлението има много страни, ползва различни методи и средства. Едни касаят стратегическата част, други финансово-икономическата, а трети - инженерно-техническата. Дигитализацията навлиза във всичките, облекчава комуникацията и подпомага синхронизацията. Все още, контролно-управленските функции се осъществяват от човешкия фактор. Със сигурност ще се появят нови проблематични взаимоотношения „човек – машина“

свързани с производителността и качеството на произвежданите продукти. Въпросът е, може ли да предвидят тези явления, за да се стимулират положителните и ограничат отрицателните? Дали четвъртата индустриална революция ще ни отърве от безхаберията, некадърността, командарството, безотговорността, подмазвачеството, грубото властване, комбинативността, отмъстителността, корупцията и безкултурието на властващия, управляващ индивид? Какви нови инженерни проблеми трябва да се решат, за да се гарантира безконфликтна работа на човек-машина и в частност, на роботът свързан с ИИ и хората.

II. ПРОМЕНИТЕ ОЧАКВАНИ ОТ ЧЕТВЪРТАТА ИНДУСТРИАЛНА РЕВОЛЮЦИЯ

Дигитализацията променя съществено взаимоотношенията „човек-машина“. Важен въпрос е, как да се урегулират „чувствата“ на интелигентната управляваща система? При толкова мащабно навлизане на ИИ, как да предпазим, да не се прехвърлят на машината неудобните човешки качества?

Функционално в Индустрия 4.0 „чувствата“ не се влияят от психотехнически характеристики. Зависимостта им преминава на друго ниво. Като начало за тези взаимоотношения отговарят колоборативните системи. При „непълното“ им определяне е необходимо изграждане на правно-етични критерии за полезно, безболезнено и здравословно управление и действие.

Колоборативните системи вече са навлезли доста успешно в съвременното високотехнологично производство. Световното инженерство създаде роботи, достатъчно безопасни и сервилни, за да работят съвместно с човек. Роботът вече не трябва да е затворен зад предпазна ограда, или в специална клетка, оборудвана с множество сензори с предупредителни функции. Този вид сътрудничество е толкова съвършено, че не може да се определи дали роботът помага на човека, или човекът на работа.

Все пак ударението в новите технологии се ориентира не в посока производство, а в посока управление. В четвъртата индустриална революция управлението се предоставя на машините. Тази тема е

коментирана в предни статии, където е разгледан моделът M2M [1].

III. СЪВРЕМЕННИ ПРОБЛЕМИ НА УПРАВЛЕНИЕТО

За човека управлението е една от любимите му професии. Тя демонстрира ползването на власт (сила), самочувствие и способности. Дали Индустрия 4.0 ще освободи човека от тази вид дейност? Може ли управлението да бъде заменено от ИИ? Ще се съгласи ли човекът, че машината знае да управлява процесите по-добре от него? Ще отпадне ли хуманизмът във взаимодействието управляващ-управляван? Къде всичко това е приложимо в „умната фабрика“? Множество въпроси, на които се търси отговор.

Всъщност, вече живеем във време, в което все повече сме зависими от машините и компютрите. Мобилният телефон е най-добрият пример. Ако сутринта, при излизане за работа, случайно го забравим, през целия ден се чувстваме некомфортно и неуправляеми, за нормалното ежедневие. Липсват ни предупрежденията за срещи, списъка с покупки, снимките на любимците ни, телефонните номера, с които да се свържем, постоянният писмен контакт с близки и приятели, GPS навигатора, електронния преводач, бързата проверка в интернет по теми, които ни интересуват в момента и още други удобства.

Това сътрудничество е положително за „умната фабрика“, където голямото количество информация (Big Data) задължително се обработва машинно. За човека остават контролните функции в колаборативното сътрудничество. По тази тема вече е коментирано в предна статия, с обяснения и приложена принципна схема за пирамидално управление на „умна фабрика“. [2]

IV. ПРЕЦИЗИРАНЕ НА ТЕРМИНОЛОГИЯТА „РЕВОЛЮЦИЯ ИЛИ ЕВОЛЮЦИЯ“

Разглеждайки формално технологичния напредък и особено технологичния бум през второто десетилетие на 21 век, наистина може да се каже, че е станала революция. Драстичните промени в определени области, промяната на постановките, вида на използваното оборудване, изригването на социалните комуникации и други въведения променят мисленето с революционен аспект. Но в действителност, технологията от началото на 20-ти век до днес, се развива строго еволюционно. Черпейки примери от природната еволюция, технологичната на практика спазва законите на постепенното развитие при въвеждане и ползване на новостите. Там, където е най-необходимо, новите технологии настъпват и дори агресивно се налагат. Пример за това са новите роботи в болниците в Китай, служещи за обслужване на болните от вируса „COVIT 19“ (коронавирус), където е желателно да няма човешки контакт, с цел ограничаване на заразата. Друг пример е системата за отбрана на Израел „Железен купол“, защитаваща мирното

население на страната от ракетно нападение, предприето извън границите на държавата.

Разглеждайки еволюционното технологично развитие, не може да не се обърне внимание и на еволюцията в човешките поколения, тези които ще прилагат, използват, адаптират и развиват технологиите. Това е така нареченото „поколение Z“.

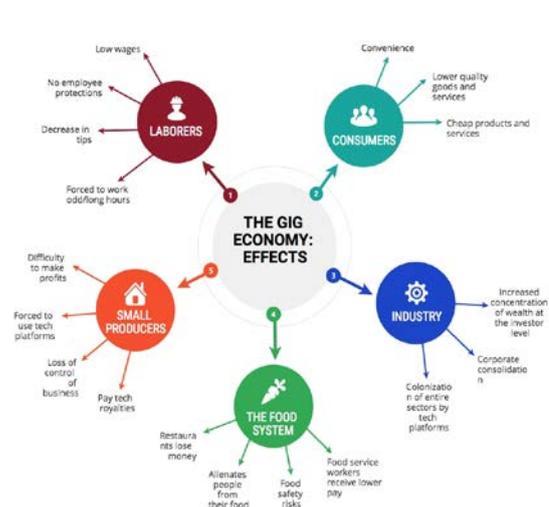
V. ПРОМЕНИ ВЪРХУ ХОРАТА – „ПОКОЛЕНИЕТО Z“

Това е поколението роденото след 1995 г. до днес. За него се казва, че се е „родило с компютърна мишка в ръката“ и че се е научило да чете след като се е научило да ползва технологиите. Наричат го още „IGen“ поколение. Характерно за тях е, че по-лесно могат да зададат въпрос на „Google“ отколкото на близките и приятелите. Все пак комуникацията лице в лице е много важна за тях. Те са мултитаскери, защото могат да се информират едновременно от няколко екрана (до 8), слушайки музика в това време и проверявайки, къде ще почиват през ваканцията. Те предпочитат дистанционна работа в ненормиран работен ден и седмица. Затова с лекота променят работно място и местоживеене. Поколението Z са реалисти и при тях не съществува явлението фрустрация¹. Събирането и обработването, за кратко време, на много информация ги превръща в индивидуалисти, но от друга страна лесно се разконцентрират и бързо губят интерес. Поколението Z не си представя света без интернет и социалните мрежи. На тази база те са инфлуенсъри², които имат силно влияние в социалните мрежи и голям брой последователи на поведението и мнението им.

В бъдеще поколението Z трябва да се справи с проблемите, с които предишните не успяха, а именно: глобалното затопляне, лесният достъп до оръжия, затлъстяването и многото време прекарано пред екраните [3].

Тези разсъждения водят към едно друго социално явление на четвъртата индустриална революция, „Гиг икономиката“.

VI. ГИГ ИКОНОМИКА (GIG ECONOMY)



Фиг. 1. Ефективност на Гиг икономиката [4]

Терминът „Гиг“ произлиза от жаргонна американска дума за епизодично музикално участие. Като икономическо понятие се използва за краткотрайни назначения или единични платени ангажменти от фрилансери, или самонаети лица. Вече не се работи на постоянни работни места и затова тя също се нарича „неофициална заетост в икономиката“. Действат новоразработени работни модели на предприятия, различни от традиционните. Примери за това са „Uber“ и „AirBnB“.[5]

Интересът е насочен към изпълнение на поставените задачи и изисквания в срок, без да се обръща внимание на ангажираността на време-отделянето. Гиг икономиката се явява като страничен продукт на търсенето и предлагането.

От Фиг. 1 се вижда колко широко приложима е Гиг икономиката и в колко коренно различни социално-житейски области е удачно внедрена.

Всичките тези нови социални и управленски понятия водят към следващият важен въпрос. Какво ще стане с човечеството? Ще се адаптират ли хората към новите условия, или ще ни застигне катаклизъм на властващия ИИ и на машинното управление, без чувства и сантименталност?

VII. АДАПТАЦИЯ НА ЧОВЕЧЕСТВОТО КЪМ РОБОТИКАТА И НА РОБОТИКАТА КЪМ ЧОВЕЧЕСТВОТО

Поколението на 20 век възпита децата си за свят, който познаваха. Днес децата се възпитават за свят, който вече не съществува. В новия свят те се ориентират много по-добре от нашето поколение. Примери за това могат да се видят навсякъде около нас. Мобилните телефони са един от примерите, с които младото поколение оперира от проходаването (а някои и преди това).

Роботите вече са масов продукт, който освен в индустрията се разпространява в множество други области на живота. Почти навсякъде и едва ли не ежедневно се сблъскваме с обслужващи машини. Това сътрудничество е двупосочно. От една страна хората се стараят да се научат, как да ползват машините и как да се адаптират към тяхното „нашествие“, от друга създателите се стараят да опростят тяхното обслужване (Idiot Simple). Целта е машините да извършват повечето от операциите автоматично, без да очакват допълнителни указания от хората, т.е. да са умни, интелигентно самостоятелни и безопасни. Отношенията на хората към роботите не трябва да е маргинални³, а така също ИИ не бива да е маргинален към хората.

В производствената съвместна дейност на човека с колаборативния робот трябва да се привикне към дромопатичността⁴ на робота. От своя страна, програмите на робота, ползващи ИИ не трябва да заплашват сигурността и работоспособността на човека партньор.

Опасността е в това, хората да не превърнат роботите в роби на труда. Като изпълнителни машини роботите се научават да извършват много функции и стават великолепни помагачи, но все пак трябва да се

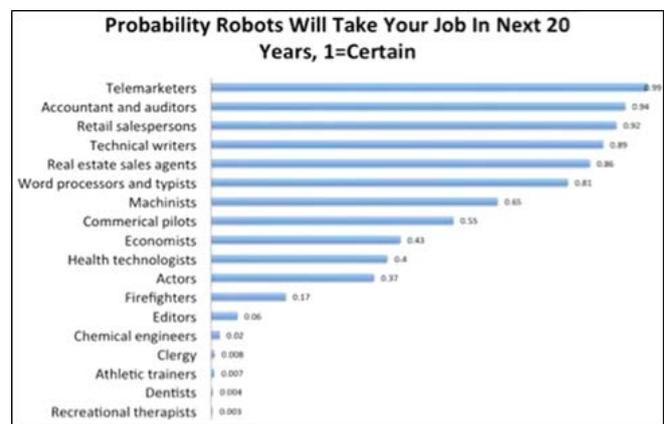
запази справедливото отношение, еволюирало в съвместителството човек-машина.

Повсеместната роботизация и технологизация на живота, създава опасност за стандарта на живота на хората, при загуба на работна позиция и статус.

В тази посока в развитите държави се предприемат редица мерки. Една от тях е държавното парично подпомагане на засегнатите от технологизацията граждани.

VIII. ИКОНОМО-СОЦИАЛНИ ПРОБЛЕМИ - БЕЗУСЛОВЕН (УНИВЕРСАЛЕН) БАЗОВ ДОХОД

От показаното на графиката (Фиг.2) се вижда каква е възможността, определени професии да изчезнат през следващите 20 години.



Фиг.2 Професии, които се очаква да изчезнат [6]

Водещи днес професии ще изчезнат (вж. Фиг.2) и ще се появят много нови, но все пак опасността от нарушаване на статуса на хората е голяма. Затова се предлагат различни икономо-социални решения. Според редица футуролози⁵, намесата на държавата в процесите за запазване статута на хората в технологизираното общество е задължителна. В какво би се изразило нейното участие?

Има три възможности, за да се запази придобития стандарт на живота: премахване на ценовата система за основни стоки и услуги; гарантиране работа на всички; осигуряване на безусловен базов доход за всички без разлика.[7]

И трите възможности се ползват от натрупаното от роботизираното производство богатство, за покриване на разходите. За да се намери сравнително най-подходящият и безболезнен начин за подsigуряване на хората вече се правят по места експерименти. Най-често се прилагат опити с въвеждането на безусловен базов доход. Проведени са опити в нидерландският град Утрехт, във Финландия, в канадската провинция Онтарио и др. [5]. Резултатите не са от най-желаните, но все пак дават определена индикация за реакцията на населението там.

В полза на прилагането на безусловния базов доход се изказват едни от най-влиятелните бизнесмени в света

като Ричард Брансън, Илан Мъск, Марк Закълбърг, Рей Курцвейл – футурист и съчредител на Syngularity University и създателя на eBay Пиер Омидиар [5].

Разгледаната в по-предна статия пирамида на Маслоу [1], изисква задоволяване на определени нужди при човека, за да премине на по-високо ниво. В случая определен базов доход подсигурява преминаването на по-високо ниво и стимулира преориентация и ангажирано разнообразие.

Един от най-обоснованите защитници на безусловния базов доход е Скот Сантънс – писател, журналист и блогър, публикуващ в най-известните, американски технологични списания и портали. Според него безусловният базов доход може да премахне минималната заплата, да намали голяма част от данъците, ще освободи хората да се образуват допълнително и да засилят предприемачеството си. Той смята, че ако животът има цена, то развитата производствена автоматизация и роботизация, би могла да осигури безусловно достатъчно пари, за покриване на тази цена, като основно човешко право. Сантънс казва в една своя лекция: „Безусловният доход не са „безплатни пари“. Това е свобода и свободата принадлежи на всички нас. Време е технологията да служи на цялото човечество. Работата е за машините, животът е за хората!“ [7]

IX. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Според прогноза на анализаторите на Дойче банк, към края на следващото десетилетие, предстои бум на беспилотните летателни апарати с бизнес предназначение. Те предполагат, че само в небето на САЩ ще летят 6.5 милиона дрона.

И все пак, най-важната технология на предстоящото десетилетие безспорно ще е „изкуственият интелект“. Това от своя страна води до много особено заключение. Масираното навлизане на изкуствения интелект ще доведе до голямо търсене на висшести с философски и лингвистичен профил, защото той все още ще демонстрира „удивителна слабост при взимането на морални решения“. В по-нататъшното развитие на изкуствения интелект, ще бъде важно да се отговори на нравствените въпроси, като се отчитат различните морални и културни норми в обществата. В резултат от това, бизнесът и законодателството ще се нуждаят от специалисти с философска нагласа, и с умения да улавят тънки езикови и културни нюанси.

Разгледаните психо-технически и социални аспекти на съвременните производствени условия е предпоставка за намиране на адекватни решения за човешкия, инженерния и технически потенциал на съвременното производство, което трябва да се използва за разкриване на нови професионални направления на обучение и преквалификация на кадрите.

Технико-икономическите аспекти на управление, Гиг икономиката, безусловния базов доход имат определящо значение за Z поколението и са важен фактор за постигане на ефективно производство. Потребността за адаптация на хората към роботите е

очевидна, както и нуждата от разработване на дружелюбни роботи с ИИ за колаборативна работа с хора, притежаващи различно ниво на подготовка.

¹фрустрация - от латински frustratio – измама, неуспех, напразно очакване, неудовлетвореност.

²инфлуенсър - наименование което идва от глагола influence, който означава оказвам влияние. Непреводима на български език дума. Инфлуенсърите са хора, които имат силно влияние в социалните мрежи. Те имат голям брой последователи, които взимат под внимание поведението, мнението, навиците и изобщо начина им на живот.

³маргинално - от латински margo – край. Периферен, изхвърлен, на границата.

⁴дромопатия – психично състояние, изпитва се непрекъсната и непреодолима нужда от движение, с голяма скорост и на възможно най-голямо разстояние.

⁵футурология – от латински futurum – бъдеще и гръцки Λόγος – учение. Изследване на вероятните, възможните и предпочитани събития в бъдещето.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] д-р. Д. Авишай, проф.В. Павлов, д-р. Г. Павлова, д-р. Г. Каши. Индустрия 4.0 – нови качества на роботите с изкуствен интелект - XXVII МНТК „АДП-2018“
- [2] д-р. Д. Авишай, проф.В. Павлов, д-р. Г. Павлова, д-р. Г. Каши. Интелигентна роботика с умните заводи през четвъртата индустриална революция - XXVIII МНТК „АДП-2019“
- [3] Йорданка Веселинова. Поколението Z – Z като Различен, портал „Под моста“ – 2018, <https://podmosta.bg/pokolenieto-z-z-kato-razlichen/>
- [4] Ellie Lauderback. The SELC and the Gig Economy, Berkeley University of California – 2017, <https://nature.berkeley.edu/food-systems-projects/gig-economy>.
- [5] Ричард ван Хойдонк. Светът утре, издателска къща „Кръгзор“, София 2019, ISBN 978-954-771-415-1.
- [6] Jaap Grolleman. Which jobs will become non-existent in the coming years?, Quora – 2013, <https://www.quora.com/Which-jobs-will-become-non-existent-in-the-coming-years>.
- [7] Scot Santens. It's Time for Technology to Serve all Humankind with Unconditional Basic Income, Basic Income – 2018, <https://medium.com/basic-income/its-time-for-technology-to-serve-all-humankind-with-unconditional-basic-income-e46329764d28>.

PROBLEMS OF USING ARTIFICIAL INTELLECTUAL AND ROBOTS IN THE MANAGEMENT OF MODERN MANUFACTURING

David Avishay, Veselin Pavlov, Galia Popova

Abstract: The rapid entry of digitalization into modern manufacturing, provoking the orientation to the fourth industrial revolution, leads to problems that did not exist during the previous one. One of the questions for scientists is what will be the new psycho-technical phenomena and how to practice them? This paper examines some of these phenomena affecting the management of production processes, and of its participants, humans and machines. It presents the technological evolution, the problems caused in this process, some ideas for solving them.

РОБОТИЗИРАНА МОДУЛНА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА

Найден Шиваров
ИИКТ-БАН §
ЕПУ
София, България
e-mail: nchivarov@gmail.com

Денис Чикуртев
ИИКТ-БАН §
ЕПУ
София, България
e-mail: dchikurtev@abv.bg

Недко Шиваров
ЕПУ
Перник, България
e-mail: nedko@code.bg

Петко Стоев
Технически Университет - София
София, България
e-mail: petko_ivanov_stoev@abv.bg

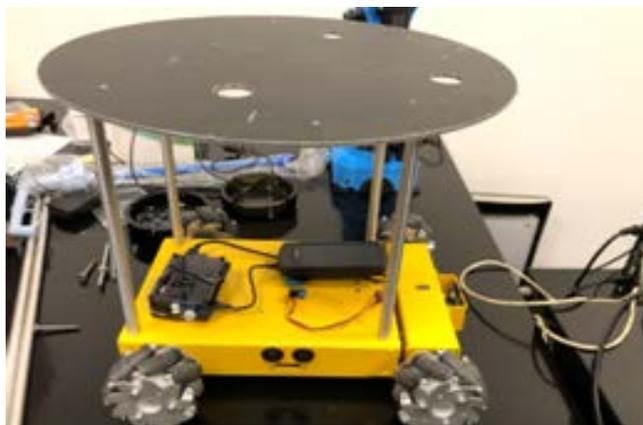
Резюме: В настоящата статия е представена роботизирана модулна транспортна система. Изследвани са изискванията към механичната система на робота. Разгледана е сензорната система на мобилния робот включваща: тактилни, инфрачервени, ултразвукови, лазерен скенер, Кинект или Intel Real Sense и сензор за измерване на инерция. Описани са хардуера и софтуера за управление на роботизираната система. Представени са различни методи за дистанционно управление.

Ключови думи: Мобилна Робо-Платформа, „месаним“ колела, антропоморфен робот, ROS, Кинект

I. Увод

Статията представя развитието и изследване на роботизирана модулна транспортна система за повдигане, товарене и разтоварване на трудно достъпни (намиращи се в тесни проходи между машини или тесни помещения) товари, детайли и предмети, която ще се състои от:

- нископрофилна холономна Мобилна Робо-Платформа с колела тип „месаним“ с 3 степени на свобода - роботизирано полуавтономно или автономно превозно средство с възможност да му бъдат инсталирани модули за манипулиране и транспортиране на товари или за изпълнение на различни промишлени или сервизни операции (задачи) като например за транспортиране на готова продукция или възли/детайли за последваща обработка и/или монтаж, Фиг.1.



Фиг. 1. Мобилна Робо-Платформа с модул за транспортиране на товари

И/ЛИ

- модул товаро-манипулиращо устройство – съдържащ антропоморфен робот, допълнителни акумулатори и контролер за управление, който се свързва с главния контролер находящ се в платформата Фиг 2.



Фиг 2. Мобилна Робо-Платформа с модул за манипулиране на товари

II. ИЗИСКВАНИЯ КЪМ МЕХАНИЧНА СИСТЕМА

Роботизираната модулна транспортна система ще се състои главно от 3 основни компонента- мобилна робо-платформа с 4 задвижващи „месаним“ колела - описана подробно в статията [1], манипулираща система - антропоморфен робот с 6 степени на свобода - описана подробно в статията [2], рама с три платформи Фиг. 3.

Мобилната платформа, чието шаси е направено от алуминиеви детайли, е с четири независимо задвижващи меканум колела. Колелата позволяват на робота да се движи и върти във всяка посока чрез промяна на посоката и скоростта на всяко колело. Транслационните движения са в посоки напред/назад, наляво/надясно и по диагонал.



Фиг. 3. Роботизираната модулна транспортна система

Възможните ротационните движения включват завъртане около центъра на платформата, завъртане около центъра на задната ос и завъртане около дадено колело. Задвижването на всичките четири колела в една и съща посока довежда до движение напред/назад; движението на колелата наляво/надясно в противоположни посоки предизвиква въртене, а движението отпред и назад в противоположни посоки предизвиква странично движение.

Предните колела на робота са монтирани на допълнителна ротираща се платформата, с което се гарантира стабилност на платформата дори и при преминаване през неравности, като по този начин винаги гарантира минимум 3 опорни в контакт с повърхността точки. В допълнение към това абсорбиращи качества на гумите спомагат за подsigуряване стабилността на цялостната конструкция при евентуални неравности. Товароподемността на колелата е 15 кг с диаметър на колелото 100мм и дебелина 50 мм, а самата мобилна платформа е с размери: 400мм x 360мм x 100мм.

Към мобилната платформа е закачена рама с 3 платформи. Рамата е изградена от стандартни алуминиеви профили, а платформите от огънати дуралуминиеви листове, с което се цели ниско тегло на цялостната конструкция и се дава възможност за по-голяма товароносимост на детайли. Рамата свързваща се към мобилната платформа, както и изграждащите я алуминиеви профили са скрепени посредством болтове, с което се позволява бърза ремонтпригодност, пренос, скачване, разкачване и вариране на конструкцията ѝ спрямо конкретната ситуация в която е поставен робота. Закрепящите я крачета към задвижващия цялата конструкция робот дават достатъчна надеждност и сигурност при придвижване.

Рамата изграждаща първото ниво започва на 50мм над горната повърхност на мобилната част с което се позволява пълното функциониране на ротиращата се със закрепени към нея предни колела предна част. На това ниво се разполагат батериите, компютъра и част от сензорите. Втората платформа служи за поставяне на част от детайлите и елементите, които трябва да бъдат транспортирани. Огъвката на първата и втора платформи е 50мм, с което се подsigурява да няма изсипване на позиционирани елементи при придвижване, като също така и позволява ясно наблюдение на детайлите от човек. Самите размерите на първа и втора платформи са 400мм x 420мм. Размерите между първа и втора, както и втора и трета платформи е по 290мм. Най-горната трета платформа започва от 780 мм и достига до 900мм височина при върха на огъвката. За разлика от първата и втората, при третата платформа има допълнително разширена част за позиционираният лазерен сензор като целта на допълнителното изнасяне е обхващане на по-голям ъгъл от сензора. Също при нея има наличие на допълнителна част, на която е поставен аварийният стоп-бутон. На третата платформа е разположена и манипулираща система с 6 степени на свобода. Разположеният манипулатор има максимален досег от 550 мм и товароподемнен капацитет от 400гр., като така разположен позволява възможности за поставяне и взимане на детайли. Разположението му е в средата на третото ниво като по този начин се има за цел да се запази центъра на тежестта и да се постигне по-добър баланс при придвижване. Огъвката на третото ниво на рамата, за разлика от другите две, е 100 мм заради аварийният стоп-бутон и 360° сензор, като не възпрепятства работата на манипулатора, тъй като неговата основа е 120 мм във височина. Манипулираща система /антропоморфения робот/ е закрепена посредством болтове за дуралуминиевата повърхност като по този начин се осигурява неговото надеждно и безопасно функциониране.

Цялостната форма позволява на роботизираната модулна транспортна система да извършва дейности повдигане, товарене и разтоварване на трудно достъпни товари, детайли и предмети. Механичната конструкция позволява работа по начин, който максимално да улеснява функционирането на сензорите, тяхното поместване, режими на работа на роботизираната система, експлоатация и ремонтпригодност на възли от робота. Платформите са по-широки от мобилната робо-платформа, с което се постига по-голямо място за поместване на детайлите, като те не възпрепятстват безопасността при работа. Размерите са съобразени спрямо ергономични и физиологични изисквания [3].

III. СЕНЗОРНА СИСТЕМА

Сензорната система помага за изпълнение на всички функции, свързани с взаимодействието с околната среда и потребителите - наблюдение на пространственото местоположение и ориентация на робота, поддържане на правилен ход, откриване на пречки, безопасност на хората и самият робот [4].

- Тактилни сензори:

Тези сензори реагират на физически контакт с препятствия. Те са прикрепени към механичната броня, заобикалящи мобилния робот. Сензорите за сблъсък са реализирани чрез механични микро превключватели, реагиращи на натиск.

- Инфрачервени сензори:

Sharp GP2Y0A21YK0F е инфрачервен сензор за измерване на разстояние, които използва лъч инфрачервена светлина да се отрази от обект, за да измери разстоянието до обекта (Фиг. 4). Тъй като сензора използва триангулация на лъчева светлина, за да се изчисли разстоянието, сензорът е в състояние да осигури последователни и достоверни показания, които са по-малко чувствителни от изменението на температурата или отразяваща способност на обекта. Сензорът извежда аналогово напрежение, съответстващо на разстоянието на обекта, и може лесно да се чете чрез използване на аналогово-цифров преобразувател (ADC) чип [5].



Фиг. 4. Инфрачервени сензори

- Ултразвукови сензори:

Ултразвуковият датчик осигурява лесен метод за измерване на разстояние. Този сензор е идеален за всякакъв брой приложения, които изискват да се извършат измервания между движещи се или неподвижни обекти (Фиг. 5).

Един I / O пин се използва за излъчване на ултразвуков сигнал и след това засича върнатия импулс. Сензорът измерва времето, необходимо за връщане на импулса и връща стойност към микроконтролера като променлива ширина на импулса по същия I / O пин [6].



Фиг. 5. Ултразвукови сензори

- Лазерен скенер:

RPLIDAR A2 е съставен от сканиращо ядро и механична храняваща част, която завърта ядрото с голяма ъглова скорост. Чрез комуникационния

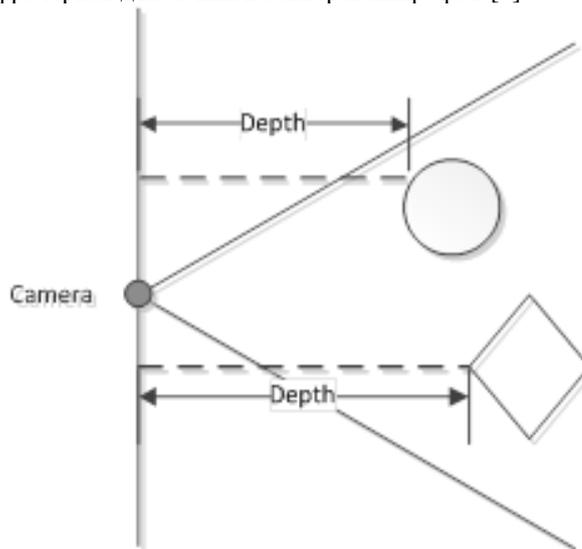
интерфейс на лазерния скенер можем да получим сканираните данни и да контролираме начало, край и оборотите на въртене на задвижвания електромотор чрез ШИМ.

ТАБЛИЦА 1. RPLIDAR SAMPLE POINT DATA INFORMATION.

| Тип данни | Мерна единица | Описание |
|-------------|---------------|--|
| Дистанция | mm | Текуща измерена стойност на разстоянието между въртящата се сърцевина на RPLIDAR и точката на вземане на проби |
| Направление | градус | Текущ направляващ ъгъл на измерване |
| Start флаг | (Bool) | Флаг за ново сканиране |
| Checksum | | Сбор на данните от скенера |

- Кинект или Real Sense (Intel):

Сензорът Kinect се състои от следните компоненти: Цветна камера, инфрачервен (IR) излъчвател и инфрачервен дълбочинен сензор и микрофон [7].

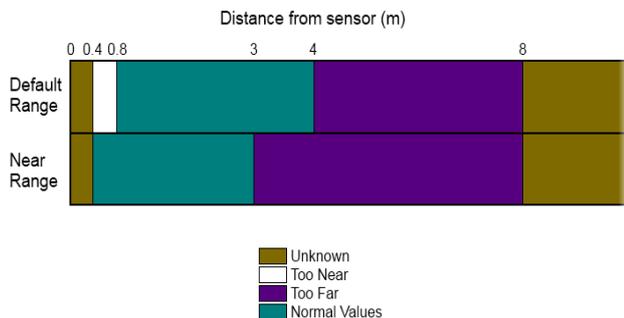


Фиг. 6. Измервания на дълбочинния сензор.

Във всеки кадър сензора за дълбочина заснема изображение с нива на сиво, на всичко попадащо в обхвата на сензора. Кадърът се формира от пиксели, чиито размери се специфицират от NUI_IMAGE_RESOLUTION номерацията. Всеки пиксел съдържа декартовото разстояние в милиметри, от сензора на камерата до най-близкия обект в двумерна координатна система (x, y). Тези координати не представят физическия обект, а показват локацията на дадените пиксели от заснетия кадър (Фиг. 6).

Когато се отвори потока на данните за измерванията на дълбочинния сензор NUI_IMAGE_STREAM_FLAG_DISTINCT_OVERFLOW_VALUES, можем да прочетем три вида променливи показани на фигура 7. Променливата „too near“ показва,

че е разпознат обект, но се намира твърде близо за да се измери точната дистанция. Променливата „too far“ показва, че обекта е прекалено далеч за да се определи разстоянието до него. Променливата „unknown“ показва, че не е засечен обект.



Фиг. 7. Обхват на измерване на Kinect сензора

- Сензор за измерване на инерция:

MPU-9250 девет-осно (Жироскоп + Акселерометър + Компас) MEMS устройство за проследяване на движение. MPU-9250 е устройство тип „System in Package (SiP)“, което комбинира два чипа: MPU-6500, който съдържа три-осен жироскоп, три-осен акселерометър и бордови дигитален процесор на движението (DMP™) способен да обработва сложни алгоритми Motion Fusion; и AK8963, три-осен цифров компас [8].

IV. ХАРДУЕР § СОФТУЕР

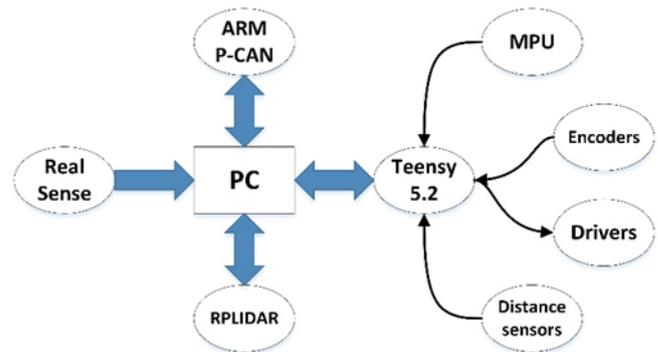
- Промислен компютър за управление на високо ниво:

За процесите на високо ниво използваме дънна платка на сървъра „Intel S1200SP-L“ и процесор Intel Xeon E3-1230 v5. Към компютъра на работа през USB са свързани главният контролер за мобилната платформа, основният контролер за манипулатора, RPLIDAR и Real Sense/Кинект.

- микро контролери за управление на платформата и на антропоморфния робот:

Контролерът на мобилната платформа е Teensy 3.1, базиран на 32-битовия ARM Cortex-M4 на МК20DX256 и със скорост на процесора от 72 MHz. В този случай Teensy 3.1 се използва за обработка на команди за управление на ниско ниво. Инструкциите за движение се управляват чрез таз и измерванията на енодера се превеждат в сигнали за одометрия. Към този контролер са свързани допълнителни сензори и устройства като MPU9250 сензор, квадратични енодери, инфрачервени и ултразвукови сензори и драйвери на двигателя Фиг. 8 [9].

- Софтуерна Система - ROS (Robot operation system) базирана.
- Потребителски интерфейс -Уеб Базиран, дистанционен, лесен за употреба интерфейс за управление и диагностика на Роботизираната транспортно-манипулационна (манипулираща) система.



Фиг. 8. Хардуер

- Роботизираната система ще има два режима на управление:
- - Теле-управление посредством джойстик, гласови команди, жестове и виртуален джойстик и бутони в уеб базиран потребителски интерфейс.
- - Автоматично управление – полуавтономно или автономно манипулиране и транспорт на предефинирани (препозиционирани) товари, детайли и предмети посредством вътрешна навигационна система.

Софтуерната система се предвижда да може да управлява мобилен робот, оборудван с манипулатор и множество сензори. Към системата трябва да има възможност за отдалечен достъп и диагностика през интернет. Системата трябва да може да получава и обработва данните от различни устройства и сензори, след което да се грижи за изпълнението на получените задачи или команди.

Предвид особеностите на роботите и тяхната сложна хардуерна архитектура, софтуерните системи за тяхното управление могат да се разделят на две части: управление на компютрите на робота и управление на контролерите. Управлението на компютрите се извършва стандартно от операционна система предвидена за управление на роботи. Тук се изпълняват повечето функции и алгоритми за управление, разпределят се командите и данните и се реализира комуникацията през Интернет. Управлението на контролерите обикновено е на ниско ниво, като се реализира работа в реално време, изпълняват се процеси на четене на сензори, управление на електромотори или други изпълнителни механизми. Освен това, могат да се изпълняват допълнителни алгоритми за осигуряване на допълнителна сигурност и точност при работа.

- Похвати при проектиране

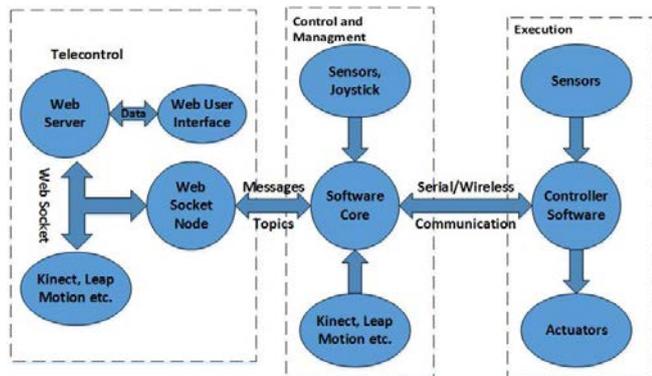
При проектиране и изпълнение на управляваща система трябва да се предвидят основните функции, които роботът ще изпълнява, неговите хардуерни компоненти, сензори и изпълнителни устройства. Определят се типовете на данните, които ще си обменят компютър и контролер. Различните алгоритми и функции, които те ще се изпълняват съответно във всяко

устройство. Определя се начина на обмен на данни - по кабел USB, RS232 или безжично през Wi-Fi, Bluetooth.

Следваща стъпка е определяне на конкретни имена на данните, потоците и възлите, според тяхното предназначение. Трябва да се предвидят обемите от данни получавани от някои сензори, както и оптимизиране при обработването им. Типовете на променливите и съобщенията трябва да са във формат, който да дава максимална точност или бързодействие. Това се определя според вида и задачата за изпълнение. Друг важен елемент е честотата на публикуване и прочит, тя трябва да е съобразена с останалите устройства, така че да се получи синхронизиране или поне получаваните данни да са достатъчни за осигуряване на надеждност.

- Методи за реализация

Многопоточност на данните се изразява в това да се осигурят достатъчен брой канали за дистанционно предаване на данните. Това се прави с цел предаване на голям обем от данни без загуби или забавяне и постигане на високи скорости на трансфер. За осигуряване на сигурност и отчетливост се въвежда приоритизиране на получените данни и на изпълнението на команди. Приоритизирането определя кое устройство, кой тип управление да се изпълнява от робота, при получаване на данни от различни източници. Например ако робот получи команда от джойстик да се движи напред и в това време получи команда от потребителски интерфейс да се движи наляво, тогава алгоритъма за приоритизиране на командите ще позволи изпълнението на командите от устройството с по-висок приоритет. Така се увеличава сигурността и надеждността на робота и се намаляват грешките. На фигура 9 е показана общата схема на софтуерната архитектура за управление на мобилни роботи [10]. Обособени са три основни блока блок за изпълнение, блок за управление и мениджмънт и блок за дистанционно управление. Всеки блок изпълнява специфични функции според предназначението си. Минималния критерий за да функционира един робот е той да притежава блока за изпълнение. След това останалите блокове могат да бъдат свързани безжично

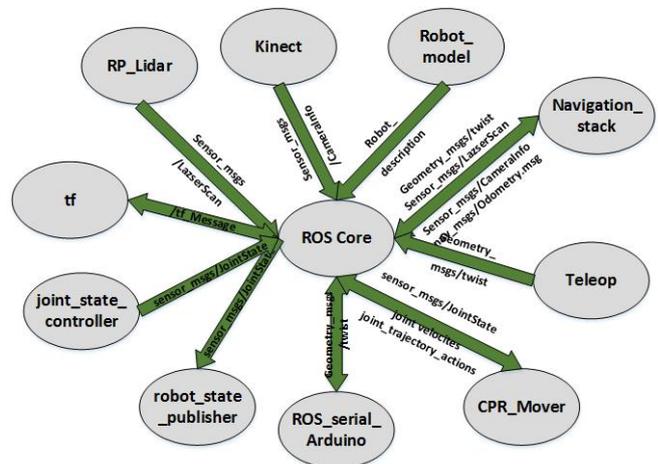


Фиг. 9. Софтуерна архитектура

Разработили сме четири метода за телеконтрол на мобилния робот:

- Първият метод е разпознаване на жестове. Този метод е разделен на два под метода: контрол чрез разпознаване на ръката и контрол чрез разпознаване на китката.
- Вторият метод е гласово управление: потребителят дава гласови команди на робота.
- Третият метод е управление чрез виртуален джойстик и бутони, реализирани в уеб базиран потребителски интерфейс.
- Четвъртият метод е контрол с физически джойстик.

На следващата фигура 10 са показани използваните възли (програми), топиците (комуникационни канали), с които комуникират и вида на съобщенията, които използват при управление на роботизираната модулна транспортна система.

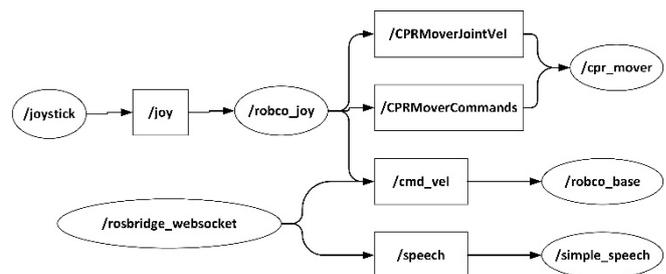


Фиг. 10. ROS Възли и топици

За разработването на софтуерната система на робота се използват множество програмни езици: C++, Python, HTML/CSS, JavaScript, XML, Python Django.

- възли - C++, Python;
- модел на робота - XML URDF;
- уеб интерфейс - HTML/CSS, JavaScript, Python Django;
- сървър - Apache;

Граф на връзките между възлите е представен на фигура 11.



Фиг. 11. Граф на връзките между възлите.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представената роботизирана модулна транспортна система дава възможност за повдигане, товарене и разтоварване на трудно достъпни, намиращи се в тесни проходи между машини или тесни помещения товари, детайли и предмети. Като бъдеща работа роботизираната модулна транспортна система може да бъде надградена или модифицирана чрез добавяне на редица периферни системи и инструменти за изпълнение на различни допълнителни функции и задачи.

БЛАГОДАРНОСТИ:

Това изследване е реализирано като част от изпълнението на проект „Теле-управляеми Сервизни Роботи Повишаващи Качеството на Живот на Възрастни Хора и Инвалиди, № ДН 07/23 – 15.12.2016“, финансиран от Фонд Научни Изследвания.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] N. Chivarov, D. Chikurtev, N. Shivarov, TELECONTROL OF HOLONOMIC MOBILE ROBOT WITH MECANUM WHEELS, ADP 2019, 139-145 ISSN:1310-3946
- [2] Control of Robotic Arm Manipulator Using ROS, D. Chikurtev, I. Rangelov, N. Chivarov, E. Markov, K. Yovchev, PROBLEMS OF ENGINEERING CYBERNETICS AND ROBOTICS, Vol 69, Sofia, 2017, p. 52-61, ISSN 0204-9848, Online ISSN: 1314-409X
- [3] Design of humanoid service robot for elderly and disabled care – ROBCO 18, Stoev P., Chivarov N., Chikurtev D., Rangelov I., Shivarov S., Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 70, Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2018, ISSN:0204-9848, 43-50
- [4] 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.
- [5] Инфрачервен сензор, <https://www.parallax.com/product/28995>.
- [6] Ултразвуков сензор, <https://www.parallax.com/product/28015>. Accessed 10 04 2017
- [7] J. Han, L. Shao, D. Xu and J. Shotton, "Enhanced Computer Vision with Microsoft Kinect Sensor: A Review," in IEEE Transactions on Cybernetics, vol. 43, no. 5, pp. 1318-1334, Oct. 2013.
- [8] Liu Chunyang, Chen Fan, Sui Xin, Cheng Hongtao, Xu Junling and Xue Yujun, "Gesture detection and data fusion based on MPU9250 sensor," 2015 12th IEEE International Conference on Electronic Measurement & Instruments (ICEMI), Qingdao, 2015, pp. 1612-1615.
- [9] Nayden Chivarov, Denis Chikurtev, Stefan Chivarov, Matus Pleva, Stanislav Ondas, Jozef Juhar, Kaloyan Yovchev, A Case Study on Human-Robot Interaction of the Remote-Controlled Service Robot for Elderly and Disabled Care, Computing and Informatics No. 5/2019
- [10] S. Chivarov, D. Chikurtev, K. Yovchev and N. Chivarov, "Multi-channel software infrastructure for remote control of service robots," 2019 6th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT), Paris, France, 2019, pp. 1283-1288. SJR 0.12.

МНОГОФУНКЦИОНАЛНА МОБИЛНА РОБО-ПЛАТФОРМА

Найден Шиваров
ИИКТ към Българската Академия на Науките
ул. Акад. Г. Бончев, блок 2
София, България
e-mail: nchivarov@gmail.com

Резюме: Постоянно нарастващите приложения на роботи във всички сфери на живота - промишлеността, медицината, образованието и дори домакинствата, правят разработка на роботи още по-предизвикателна, като се цели да се постигне повече гъвкавост, интелигентност и в същото време простота и интерактивност. В модулни приложения, където е необходима лесна конфигурация, за да се изградят специализирани мобилни роботи, проектирането и изграждането на многофункционална мобилна робо-платформа е задължително.

Ключови думи: мобилна робо-платформа, мобилен робот, индустриален робот, сервизен робот

I. УВОД

Ключовата концепция на многофункционалната мобилна робо-платформа ще бъде лесната ѝ конфигурируемост с цел постигане на широк спектър от цели и изпълнение на различни сервизни задачи в домакинствата, медицината, образованието [1] или индустриални приложения чрез конфигуриране на дизайна на системата за непрекъснато нарастващи изисквания на работа, адаптивни към променящата се среда чрез въвеждане на елементи на AI (изкуствен интелект). В същото време взаимодействието на потребителя с робота трябва да остане възможно най-просто и интуитивно, докато неговата конфигурация трябва да остане икономически изгодна.

Основната конфигурация на всяка мобилна робо-платформа се състои от корпус на робота, колела, задвижващи механизми, система за управление, сензори и батерия, които изискват следните функции:

- **Размер** - Размер и тегло на системата трябва да бъдат съпоставими с предвидената задача за изпълнение.
- **Простота** - Системата трябва да е евтина и модулна, за да позволява лесна поддръжка и надстройки.
- **Консумирана мощност** - Изискванията за мощност трябва да бъдат минимални в съответствие с ограничения капацитет на батерията на мобилния робот.
- **Точност** - трябва да съответства на нуждите за изпълнение на поставените задачи.
- **Работа в реално време** - Системата за управление на мобилната робо-платформа трябва да предоставя бързи данни в реално време със скорост, съизмерима със скоростта на движение

на платформата / и да отчита скоростта на други приближаващи се обекти /.

- **Форматът на изходните данни** трябва да бъде лесен за интерпретиране от гледна точка на изискванията за обработка.
- **Модулност** - Системата трябва да бъде модулна с цел лесно преконфигуриране на различни модификации на мобилния робот в зависимост от поставените задачи за изпълнение.

Имайки предвид тези изисквания, целият дизайн на нашата мобилна робо-платформа (механична, електрическа и софтуерна) ще се основава на модули. Ще бъдат избрани различни модули в зависимост от задачите, които трябва да бъдат изпълнени и целите, които трябва да бъдат постигнати.

II. МЕХАНИЧНА СИСТЕМА НА НАШАТА МОБИЛНА РОБОТНА ПЛАТФОРМА

Използвайки софтуерната програма SOLIDWORKS, е реализиран 3D модел на учебна мобилна робо-платформа [2] (вижте фиг. 1).



Фиг. 1. Модел на учебна мобилна робо-платформа

Постигането на баланс на мобилна робо-платформа е необходимо за безпроблемното функциониране на робота. Трябва да поддържа центъра на тежестта между колелата, възможно най-ниско. Това означава, че трябва да поставим тежките компоненти като постояннотокови двигатели и батерия в центъра на робота, възможно най-ниско [3].

Нашата четириколесна мобилна робо-платформа се състои от две пасивни колела, използвани за поддръжане на равновесие, които осигуряват точка на контакт със повърхността, две задвижвани колела, използвани за придвижване на робота напред или назад, задвижвани от постояннотокови двигатели, тялото на робота, произведено от метални плочи и пластмасова подложка, микропроцесорен контролер, допълнителни сензори, Wi-Fi модул, 9 V батерия и държач за батерия.

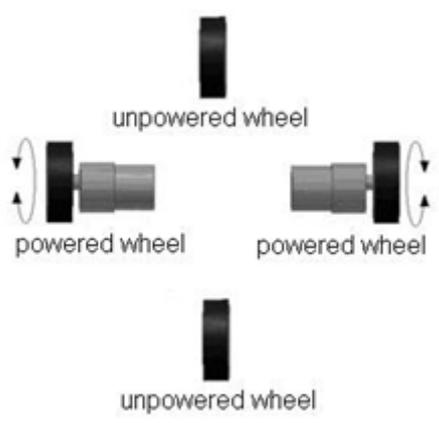
Техническите параметри на нашата мобилна робо-платформа са представени в таблица 1.

ТАБЛИЦА 1. ТЕХНИЧЕСКИТЕ ПАРАМЕТРИ НА МОБИЛНАТА РОБО-ПЛАТФОРМА

| Параметри | Мобилна робо-платформа |
|---------------------------|------------------------|
| Размери | 10x10x10 [cm] |
| Скорост | Up to 8000 rpm |
| Съотношение на предавките | 17.2:1 |
| Максимален въртящ момент | 5mNm |
| Тегло | App. 500 gr. |

- Движение на мобилната робо-платформа

Придвижването на мобилната робо-платформа се постига чрез две пасивни колела, използвани за поддържане на равновесие, като осигуряват точка на контакт със повърхността и две задвижвани колела, използвани за управление и движение на робота [4] (виж фигура 2).



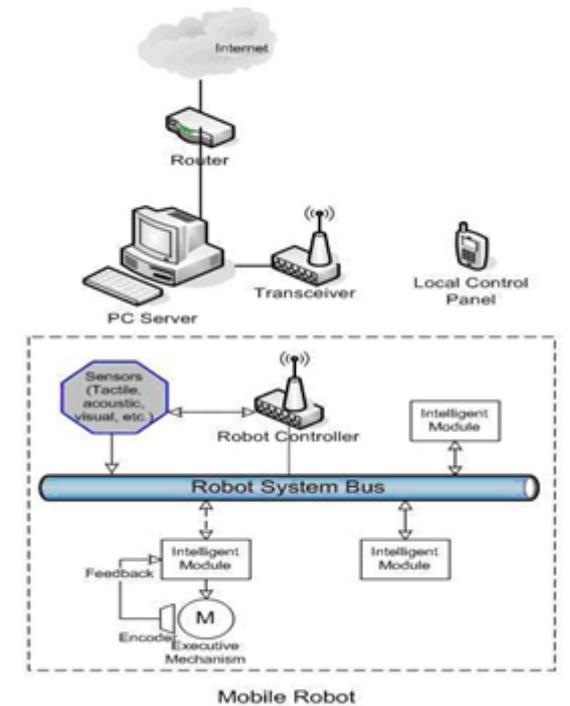
Фиг. 2. Схема на задвижване на мобилната робо-платформа

- При задвижване на двете задвижващи колела напред - постигаме движения на робота напред.
- При задвижване на двете задвижващи колела назад – постигаме движения на робота назад.
- При задвижване на едното колело напред, а другото назад - постигме завъртане на робота в кръг, чийто център е разположен между 2-те задвижвани колела.
- При задвижване на едно колело по-бавно от другото - постигаме въртенето на робота в посока на по-бавното колело.
- Бързината на завъртане зависи от това колко голяма е разликата между скоростите на задвижваните колела.

III. СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ

- Дизайн

Общата блокова схема на системата за управление на мобилната робо-платформа е показана на фигура 3. На тази фигура са показани различни средства за дистанционно и локално управление [5]. Всички електронни модули за управление ще бъдат свързани помежду си чрез системна шина. Това ще даде изключителна гъвкавост и мащабируемост на цялата архитектура за изпълнение на възможно най-широк спектър от задачи.



Фиг. 3. Блок-схема на системата за управление на мобилната робо-платформа

Концепцията за модулност се прилага не само при изграждането на робота, но и в средствата за неговото управление. Управлението може да бъде реализирано от разстояние през интернет и/или мобилна мрежа, или може да се постигне локално от локален контролен панел. Управлението на робота се осъществява чрез често използваните безжични технологии - Bluetooth и WiFi, а връзката с Интернет се осъществява от сървър със специален софтуер за комуникация и контрол.

- Архитектура на система за управление на мобилни робо-платформи

Всички команди към мобилната робо-платформа, както и данни от нейните сензори се обработват от контролния модул Robot Controller и се предават към оператора. Разпределението на различни заявки и команди към различни модули, самопроверка и откриване на конфигурацията на системата, както и целия интелект на робота на високо ниво се извършва от вградения софтуер на контролера, използващ системната шина Robot System Bus. Непосредственото управление

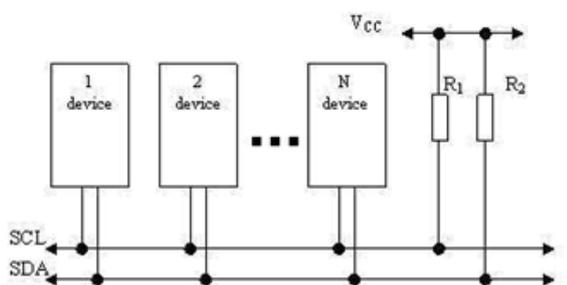
на различни видове механизми (двигатели, електромагнити), сензори и др. се осъществява от отделни интелигентни електронни модули. Тези модули се грижат от една страна за комуникация с контролера на робота, използвайки специално проектиран комуникационен протокол, а от друга страна за непосредственото физическо управление на различни крайни механизми и устройства. На фиг. 3 е показан пример за двигател, управляван от интелигентен модул. Позицията на изпълняващия механизъм може да бъде наблюдавана и контролирана от двигателя, и по заявка - предадена на контролера на робота. Модулите също така реализират основни функции за електрическа защита от претоварване и други функции на ниско ниво.

Система за управление на мобилната робо-платформа дава възможност за включване и на високоскоростни модули (напр. Камера) към контролера.

- Системна шина

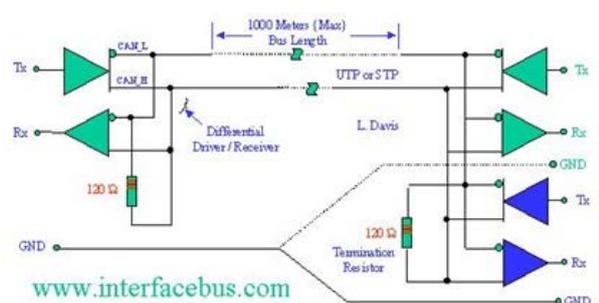
Ще бъде използвана обща системна шина за осъществяване на комуникации между контролера и интелигентните модули. Изследвани и тествани са няколко типа системна шина:

- Системна шина тип TWI (Two-Wire Interface), реализирана съгласно стандарта Philips I2C [6]. Дизайнът и е базиран на свързване на модули на сравнително малки разстояния (около 3 метра). На фиг. 4 е показано типично свързване на няколко модула към I2C шината.



Фиг. 4а Типично свързване на няколко модула към I2C шина

- CAN (Controller Area Network), създадена от Intel Corporation и Robert Bosch GmbH [7]. Възможностите и за скорост и максимално разстояние на връзка са много по-добри от тези на I2C шината, но за сметка на по-сложен интерфейс, по-малка поддръжка в 8-битов MCU обхват. На фиг. 5 е показан типичен физически слой на CAN интерфейс.



Фиг. 5 CAN интерфейс

- USB (Universal Serial Bus) - има изключителна гъвкавост, най-висока скорост на трансфер на данни от всички описани в статията шини, изключително добре описан протокол от най-ниското до най-високо ниво, наличие на готови за употреба софтуерни решения за всички общи периферни устройства (камери, аудио устройства и др.) [8]. В този случай всички комуникации между контролера и високоскоростните устройства могат лесно да се обслужват само чрез системна шина, без да са необходими допълнителни високоскоростни връзки. Има няколко недостатъка: необходимостта от концентратори за свързване на устройства към USB шина; централизирана йерархия, изградена около един хост, който контролира всички комуникации в шината, като по този начин не позволява незабавна комуникация между различни модули; ограничена наличност на USB решения за USB хост в ниския обхват на MCU (8- и 16-битови устройства).

- Интелигентни модули

В зависимост от скоростта на управление на механизмите и сензорите, изпълняващи различни задачи, модулите са разделени на 2 категории:

- Модули с ниска скорост - осъществяват управлението на прости изпълнителни механизми или сензори със сравнително ниска скорост на потока от данни и команди (т.е. скорост, по-ниска от максимално разрешената скорост на данните, преминаващи през шината I2C). Такива модули са изградени с помощта на обикновен микроконтролер и няколко интерфейсни и драйверни вериги, осигуряващи необходимите нива на задвижващ ток и напрежение за нормална работа. Този тип модули са свързани единствено към основната системна шина.

- Високоскоростни модули - осъществяват управление на устройства, изискващи по-високи скорости на трансфер, например, камера за видео контрол в реално време. Този тип модули могат да имат директни връзки за данни с контролера на робота, за да се освободи главната системна шина от високоскоростни потоци от данни и да се опрости дизайна.

IV. КОНТРОЛЕР ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА МОБИЛНАТА РОБО-ПЛАТФОРМА

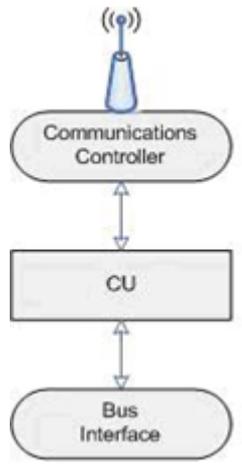
Контролерът изпълнява следните задачи:

- Комуникация чрез безжична връзка със сървъра и локален контролен панел;
- Откриване и диагностика на конфигурацията на системата - налични модули, различни типове устройства, както и техните свойства;
- Управление на крайните устройства (изпълнителни механизми, различни дисплейни елементи, сензори) и получаване на данни от тях чрез системната шина и специално разработен протокол;
- Разрешаване и деактивиране на работата на отделни устройства, изпълняващи различни

енергоспестяващи режими и други функции за обслужване и безопасност;

- Прилагане на режим на автономна работа на модулния робот според зададеното изпълнението на задачи или функции.

Контролерът се състои от три блока - контролен блок (CU), комуникационен контролер и интерфейсна шина, както е показано на фиг. 6.



Фиг. 6 Блокове на контролера на робота

Комуникационният контролер осъществява получаване на команди от отдалечен оператор през интернет или мобилна комуникационна мрежа (GSM 2G, 3G, GPRS) или от локалния контролен панел, както и предава обратно данни от сензори, състояние на крайните механизми, диагностични данни и др. Безжичните комуникации се осъществяват чрез стандартите WiFi 802.1x или Bluetooth [9].

Интерфейсният модул осъществява връзката на контролера на робот към системната шина, както и различни високоскоростни връзки към видеокамери и други високоскоростни устройства.

Контролният блок съдържа софтуер, който реализира цялата интелигентност на високо ниво на системата. Тя може да бъде проектирана, като се използва един от следните подходи:

- Използване на микроконтролер (MCU). Рзгледани са няколко MCU семейства от различни компании (Atmel AVR, Microchip PIC, различни ARMseries и DSP). Предимствата на този подход са: гъвкав дизайн, мащабируемост на системата, лесно адаптиране на цялата архитектура към различни задачи. Основният недостатък е ограничената наличност на готови софтуерни решения за управление на по-сложните вградени периферни устройства като камери, драйвери за комуникация с необходимите софтуерни стекове (в случай на USB системна шина).
- Използване на стандартна компютърна платка, съвместима с една от често срещаните днес архитектури (PC, MAC и др.). Основни

предимства тук са наличието на софтуерни решения и поддръжка на общи устройства и стекове на протоколи. Недостатъците са: висока консумация на енергия, по-ниски възможности за мащабиране и адаптиране на системата в зависимост от конкретните нужди.

V. СЕНЗОРНИ СИСТЕМИ

Сензорните системи са съществена част от всеки проект за мобилни роботи. Те помагат за изпълнение на всички функции, свързани с взаимодействието на околната среда и потребителите - наблюдение на пространственото, местоположение и ориентация на робота, поддръжане на правилен ход, откриване на препятствия, безопасност на хората и самия робот [10]. В зависимост от техните основна функции сензорите могат да бъдат разделени на няколко групи:

- Тактилни сензори.

Тези сензори реагират на физически сблъсък с твърди препятствия. Те обикновено са прикрепени към механичните брони, заобикалящи мобилния робот. Най-честото изпълнение на тези сензори за сблъсък е чрез механични микро превключватели, реагиращи на натиск. Съществуват и други възможни изпълнения, като например използването на материали променящи електрическото си съпротивление в зависимост от механичния натиск, както и сензори на електромагнитна основа.

- Сензори за близост.

Те реагират при наличие на обект, който е близо разположен, но не се сблъсква с робота. Изпълнението им може да се основава на инфрачервени предаватели / приемници, ултразвукови ехолотатори, лазерни измерватели на разстояния и др. Във всички случаи близостта на обекта се оценява чрез параметри на ехо-сигнала. Ефективността на различните типове сензори за близост се оценява и сравнява по отношение на откриване на различни видове обекти, възможности за точно измерване на разстоянието, ограничения на обхвата и ъгъл на видимост.

- Сензори за ускорение.

Те могат да се използват както за проследяване на промените в скоростта на мобилния робот, така и за откриване на посоката на земната гравитация (когато роботът не се движи), като по този начин реализират пространствената ориентация на самия робот. Ефективността на различните видове акселерометри се оценява и сравнява по отношение на техните параметри - разделителна способност, брой оси и др.

- Допълнителни сензори

За измерване на сила, откриване на определени видове газове, измерване на температура, атмосферно налягане и др. - модули, които служат за изпълнение на конкретни задачи и функции на мобилния робот.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От гледна точка на дизайна нашата мобилна робо-платформа е многофункционален мобилен робот, разработен в основната си конфигурация и притежаващ всички най-важни за мобилните си функции системи [11]

След като мобилна робо-платформа е реализирана с основните си системи и функционира добре, тя може да бъде надстроена или модифицирана чрез добавяне на редица периферни системи и инструменти за изпълнение на различни задачи или функции, определени от предназначението и [12] [13] [14].

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] 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
- [2] Solidworks, <http://www.solidworks.com> ;)
- [3] The Robotics Wiki Book, 2008; <http://en.wikibooks.org/wiki/Robotics>.
- [4] Kinematics of Mobile Robots with Three Active Wheels, M. Konstantinov, N. Chivarov, N. Shivarov, PROBLEMS OF ENGINEERING CYBERNETICS AND ROBOTICS, Vol 69, Sofia, 2017, p. 15-20, ISSN 0204-9848, Online ISSN: 1314-409X
- [5] Application of Arduino for Control of Mobile Mini-Robot with DC Motors, D. Chikurtev, Nayden Chivarov, Daniel Radev and Nedko Shivarov, ADP 2013, 01-03 June, Sozopol, Bulgaria; p.392-397, ISSN 1314-4634
- [6] <https://en.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus
- [8] <https://en.wikipedia.org/wiki/USB>
- [9] Controlling Chain Robot with Wireless Communication, D. Chikurtev, Nayden Chivarov, Stefan Shivarov, Nedko Shivarov, ADP 2014, 19-22 June, Sozopol, Bulgaria; p. 325-329, ISSN 1310-3946
- [10] 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
- [11] N Chivarov, A Tool Kit for Modular, Intelligent, Mobile Robots; Dissertation; Austrian National Library; April 2001.
- [12] Infrared ball chasing robot, Chivarov, N., 2010, IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), IFAC SWISS, 2010, IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), Volume 43, Issue 25 PART 1, 2010, Pages 73-76, ISSN: 14746670
- [13] Development of a Soccer Robot, N. Chivarov and N. Shivarov, International Conference PRACTRO 2007, Varna 12-15 June, 2007, p.281-p.286, ISBN 978-954-91851-4-0
- [14] Assistive Mobile Robot Technology for Real-Time Task Implementation, Monica Dragoicea and Naiden Shivarov, RAAD 2009, May 25-27, 2009, Brasov, Romania, ISBN 978-606-521-315-9

ROBOTIZED TECHNOLOGY HELPS SPECIAL EDUCATION OF CHILDREN WITH DISABILITIES

Roman Zahariev
Bulgarian Academy of
Sciences,
Institute of Robotics,
Sofia, Bulgaria
e-mail: zahariev@robotics.bg

Nina Valchkova
Bulgarian Academy of
Sciences,
Institute of Robotics,
Sofia, Bulgaria
e-mail: nvalchkova@abv.bg

Rafaela Efstratiou
PRAXIS
Kavala, Greece
e-mail: rafefst@hotmail.com

Haralambos Karatsioras
PRAXIS
Kavala, Greece
e-mail:
harykaratsioras@hotmail.co

Abstract: The aim of the study is to provide effective experimental use of an innovative model for overcoming the social exclusion of disabled people (with special focus on young people), ensuring a dignified and independent life by piloting an intelligent modular service mobile robots called “AnRI” (Anthropomorphic Robot with Intelligence). The article presents a methodology for using service robots in the process of rehabilitation for children in special education. It is funded by EC-Funded Marie Curie Project H2020-MSCA-RISE-2017 No77720 Cyber-Physical Systems for Pedagogical Rehabilitation in Special Education (CybSPEED) and the aim is to introduce a model for the use of robotic technologies and “AnRI” robots in special education by disabled children and young people. This Project provides an opportunity to explore the experience of the cooperation between beneficiaries and partners. It is shown also the processes of the study, testing of robotic assistive devices for people with disabilities and knowledge sharing, which provides project partners with completely new tools and forms of assistance for people with disabilities and how to contribute to the improvement of existing practices. The described methodology applies not only to the innovative element the Use of “AnRI” Robots but also to new solutions for social problems, which will be implemented in good cooperation with the professional team of the Social Services Physiotherapy Center for Children with Disabilities “PRAXIS”, Kavala, Greece.

Keywords: service robots, robots control, user interface, serving disadvantaged people

I. INTRODUCTION

The development of robotics as an independent scientific and technical field constantly reveals new advantages in the use of robotic systems, finding broad prospects for the implementation of fundamentally new technological processes that are not burdened by the requirement for direct human participation in their implementation. Cognitive systems embedded in robots is one of the main directions for technological development in European Union programs. The article reveals the research problems of the application of computer vision, multimodal integration, image analysis, quality control, visual observation, intelligent sensor networks that arise in the field of robotics. These questions define an area that is potentially interesting and especially

relevant from the point of view of rapidly developing robotics with the construction of cognitive systems which belongs to the future. Therefore, in the present article a successful solution of one of these tasks is sought, which outlines the way of development in the direction of the adequate application of cognitive systems with a robot in the processes of special education of children with disabilities. The Robots from series “AnRI” are developed in the Institute of Robotics at Bulgarian Academy of Sciences like Service Robots. It is well known that Pedagogical Rehabilitation Toys for Robotics are currently being developed intensively not only for children and not only for dealing with muscle hypertension, although they are the most common areas of application. At the current stage of development there is a significant activity of research in this field, which shows the relevance of the problem [15].

The new ideas in the proposed pedagogical robotics management system is that it is based on a “Know-How” methodology for teaching gestures to children with communicative problems, developed on the bases of the experience of the experts from Social Services Physiotherapy Center for Children with Disabilities “PRAXIS”, Kavala, Greece. The Robot will assist the teacher in the training experiment and will demonstrate the learning of child through imitation. New concrete indicators of the child's progress in communication skills and training will be proposed. The use of Information Technology in pedagogy is currently at its peak because of the great technological capabilities of the environment in which modern children grow up [10]. The systems for analyzing social situations, for analyzing not only non-verbal behavior, for recognizing gestures, etc., are not yet sufficiently precise because of the complexity of the task of identifying a human body and only moving an objects at a time [12].

II. THE RELEVANCE OF THE PROBLEM

The study of literature, as well as the experience of experts with children with special educational needs shows that it is extremely important to introduce a robot assistant which can manipulate objects and show gestures dealing with such children, as well as gestures recognition displayed by a person. In this way existing practices can be significantly improved as well as new practices in dealing with children with special educational needs can be created.

The Assistant Robot provides the educator with the opportunity to manage communication processes, to gain knowledge of these processes, to perform analysis and to generate new approaches in their practice.

On the other hand, practice shows that a child is more likely to trust communication with a robot, since the robot is completely predictable, its reactions can be the same on the same stimuli. The robot is free of redundant information and can be customized to work with each child individually.

Preliminary studies show that there is a great need for pedagogical rehabilitation-assisted robots that are capable of manipulating children's everyday items, that is, to carry out pick-and-place operations. According to expert educators, the exchange of objects is an essential part of the communication process. Such communication between the child and the outside world greatly increases the effectiveness of the pedagogical process [6].

The project is developing such an Anthropomorphic Robot with Intelligence with capabilities for manipulating objects, displaying gestures and recognizing gestures in real time. The development of the assistant robot was carried out jointly with specialists who actually practice the pedagogical rehabilitation of children with special educational needs.

A. Pedagogical Problems solved through The Service Robots - Assistants

This Project applies an original team approach with the help of specialists from Physiotherapy Center for Children with Disabilities "PRAXIS", Kavala, Greece, that states that the social competence of an information system for recognizing people in social situations is achieved when the information system is capable of recognizing an action as a result of an attitude, not just as a result of another action (such as physical object). The specific pedagogical problems that the project addresses directly by creating a robot assistant are the following:

1. The need to attract the attention of the child, e.g. if he sees that the therapist manages to get the robot to open his hand through gestures, he will try. This is useful for children with cerebral palsy or impaired mobility.
2. Children with autism, for example, are known to prefer to communicate with a technician rather than a therapist. In other children, the factor is boredom by the therapist. In the particular problem area, the lack of emotions in the robot is a positive factor that brings predictability and security from a child's perspective. Tactile contact will facilitate communication which is important for these children.
3. The shortening of training time through a team of therapist and assistant robot is the expected result after the implementation of the project. The main goal is the technological development of pedagogical rehabilitation, so more attention is paid to testing the device itself and its acceptance by children, than to testing the strict statistical hypotheses [13].

B. Theoretical bases in the development of robotic implementation of the processes of special training

An innovative solution is the construction of a cyber-physical cognitive system for control and implementation of special training processes, including actions performed by a robot with increased manipulation, to illustrate the transmitted lesson using a mechatronic approach to the creation and operation of cyber-physical complexes from robots.

To classify the tasks we will systematize the qualitative characteristics of the robot, as they affect the behavior of the system. Quality characteristics are determined by the following set of criteria:

- The characteristics of the external environment in which the mechatronic system operates - to what extent it changes.
- The characteristics of the system for perception of the external environment - control and information functions.
- The characteristics of the system for intellectual activity - the management functions.
- Degree of autonomy of the sensor-information system for experimental research of robots with increased manipulation.
- Based on these characteristics, the tasks to be solved by the mechatronic cognitive system of robots can be formulated like so:
- To independently perceive the external environment in order to accumulate knowledge about it, to determine its location and that of the objects with which it interacts.
- To build an internal, working model of the external environment, which will be used to build a plan for action.
- To perform precise actions with objects from the external environment. For this purpose it has a manipulation system equipped with sensors.
- To correct an already constructed plan, if its implementation leads to unforeseen conditions of the external environment.
- To use the experience gained in the system for inductive expansion and correction of the model of the external environment, as well as for building educator's plans, ie. to be able to adapt and self-learn.
- To maintain contact with the human operator through a high level language, preferably in natural language.

C. Reliability Requirements for Robots "AnRI"

Robot reliability requirements are increased relative to standard requirements for man-machine interface for the following reasons:

Work in close proximity to the serviced person.

Responsibility for the accomplishment of the assigned tasks, for which there is no alternative solution and the

failed implementation, can lead to unpredictable and tragic consequences.

It is extremely important to use reliable equipment when serving disadvantaged people otherwise there could be significant mental injuries. The robot maintenance and control should be carried out by professionals in order to make the service safe. The unprofessional work of the robot can also lead to specific disabilities in contact with the serviced person.

The project has also developed an Attestation Card, in which will be made suggestions from the pedagogical specialists in the experiments with the people from the target group and so they will be able to express their opinion regarding the use of the "AnRI" robots for servicing the people in unequal position.

III. DESCRIPTION OF THE CREATED ROBOTS "ANRI-1" & "ANRI-2"

The Robots "AnRI-1" and "AnRI-2" (Fig. 1) are realized on the base of constructions of mobile platforms with four wheels, which two are driven and two are independent "free" wheels. The wheels are mounted on the Robot "AnRI-1" at the form of a "triangle". The wheels at the Robot "AnRI-2" are located in the form of a "cross". Some of the "free" wheels are at the rear side and others are at the front side other of the platform. The driven wheels are at both sides. Due to this constructional position of the wheels, it is possible to control the Robots movements around the vertical axis and around geometrical center of construction to the left and right [18]. Electric motors, DC powered by a rechargeable battery are built on the hub of the driven wheels. "Worm" gearboxes that do not allow movement backwards by means of their breaking effect are used in the driven wheels of the Robot platform. The same construction has the Robot "AnRI -1" with different position of the wheels, which are mounted in the form of "triangle". In front of the two corners of the triangle are located the driven wheels and at the third corner at the rear side are two "free" wheels. An anthropomorphic type manipulator with three regional and three local degrees of mobility and a gripper with separate drives and with three fingers is mounted at the top of the robot "AnRI-1" [14,17].



Fig.1. View of the Service Robots "AnRI-1&AnRI-2"

A. Drive and Technical Characteristics of the Robot Manipulator

Based on servo controllers with feedback from incremental sensors located in each degree of mobility, the drive of the Robot Manipulator is realized [7]. All regional joints are equipped with electromagnetic brakes [9].

Technical characteristics of the Robot Manipulator are as follows:

Coordinate system type is anthropomorphic type.

Structure: 3 regional and 3 local rotational degrees of mobility + driven by the gripper.

Structure formula is RRR / RRR + Gr.

Positioning accuracy is + - 0.05 mm.

Repeatability positioning accuracy is + 0.05 mm.

Maximum travel speed of the manipulator is 0.3 m / sec.

Maximum travel speed of the robot is 0.5 m / sec.

Power: Rechargeable 12 V. (Rechargeable battery required).

Weight of the manipulator is 6.75 kg.

Working area dimensions in horizontal plane are 1m x 1m.

Loading capacity is 1.5 kg.

Motor drives are - Electric - DC Servo.

The operating system is the Robot Operating System (ROS).

It is possible to control the speed of movement in both regional and local degrees of mobility of the Manipulator.

B. The Control System of the Robots "AnRI"

The Control System of the Robots is of a hierarchical, distributed and microprocessor type. It consists of several levels which control different devices and systems [1] through corresponding software modules.

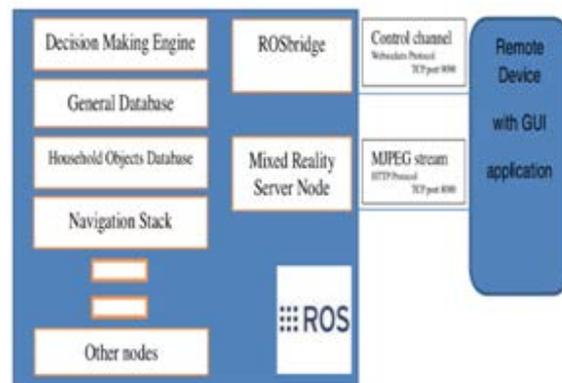


Fig. 2. Block Scheme of the developed communication concept of the Robots "AnRI".

The connection between all devices of the management is realized via serial interface RS 232. The CPU module for the total robot control is based on 32-bit microprocessor unit. In the recent years 32-bit microcontrollers are widely used for robot control applications. The most popular and widely spread architecture is the Cortex-M processor family [16]. In our opinion, the Cortex-M4 family is well suited for

robot control applications. It integrates a Digital Signal Processing (DSP) unit with processing of floating-point support for fast and a power-efficient algorithm. Therefore, Cortex-M4 can be used in digital control applications such as motor control, sensor fusion and power management [11].

This paper describes a practical realization of Cortex-M4 architectural Control System based on universal I/O board for Service Robots. On the same bases the control is realized as a set of digital and analog inputs, 10/100 Ethernet interface, PWM controls and used CAN, SPI and I2C buses [2, 3 and 4]. This configuration enables flexible solution for connecting various sensors and actuators of the robots. In the same time using, the modern Cortex-M4 architecture allows to simplify the design and reduce the amount of external components. This greatly improves the whole system reliability [16]. Figure 3 shows a block diagram of the developed communication concept for “AnRI” robot control. The use of Mixed Reality Server Node plays a special role. This component provides combined information from the mapping server, the navigation component, and the robot's knowledge of environmental objects. The information is sent as a stream to create augmented reality to the User Interface with Graphical User Interface (GUI). It performs part of the data processing before sending it to the User Interface [1,5].

IV. FUNCTIONAL EXPERIMENTS AND POSSIBLE SCENARIOS WITH THE ROBOTS “ANRI”

Functional Experiments and possible test scenarios can be considered and realized together with specialist pedagogues as well as psychologists, who will assist in the trials and who will care for the person being served [8]. In the Experiment, the trainee will be sitting at a table with a back to the camcorder that documents the experiments. As the initial adaptation of the learner to the robot, the following series of experiments will be carried out. For example, a glass of liquid, water or milk can be delivered to the attendant. The action involves bringing a cup and leaving it on the table in front of the served (Fig.5).

A possible scenario is the trainee is sitting at a table with a back to the camera that documents the experiments. In front of him is the robot standing ready to start the experiment session. At the beginning, short robot commands are given to the learner to identify a particular subject by lifting it and then leaving it in place. If the answer is correct, the trainee gets a card from set of playing cards as a reward. The number of cards received is the percentage of the student's correct answers. Later, the task is complicated, as the robot, for example, tells a short story and invites the learner to answer questions about a story. For example, who is the "bad" character and who is the "good" character? How the good will beat the “bad forces” and deals with all the obstacles to victory. How the "bad" hero will fail in his vicious plan to threaten the "good" hero and how finally everything will end happily. It is imperative that the fairy tale has an optimistic sound and that it comes to some common human and humane conclusions. If a positive answer is recorded, the trainee receives a card from set of playing cards as a reward.

Then the robot brings a bottle of liquid and pours it into the glass. Finally, the robot takes the bottle and puts it in the refrigerator, and the empty glass goes to the washbasin. Another possible scenario is the Robot to bring a newspaper or a book from a bookshelf and placing it on the table.

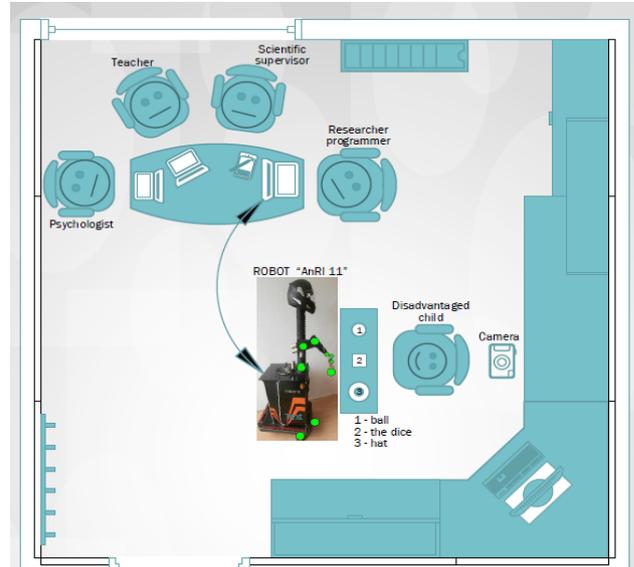


Fig. 3. Scheme of the laboratory for the experiments with the help of service robot “AnRI-1”.

Another similar scenario is the robot performs a short children's song by instructing the individual in the chorus to clap his hands in tact with the song. If successful, the student receives a card from the set of playing cards as a reward. Initially the robot performs a song independently. It then gives instructions at which places the Learner should clap his hands and how many times.

After the student's positive coaching experience, he receives a card from the set of playing cards as a reward. Finally, the robot instructs the learner to clap his hands in the rhythm of the song during the whole performance. If the attempt is successful, the student receives a card from the set of playing cards as a reward.

In a new Experiment for transmitting information, based on an innovative approach, developed in KyuTech University, Japan, a partner in the CybSPEED project, it is possible to communicate with the learner with the help of "Key Words".

Like any robot machine, you also need to consider the possibility of going out of the normal operating mode with all the unpleasant consequences of it. Therefore, it is recommended that the robot does not allow physical contact with the person being served and that a tangible agent, such as a table on which the objects to be handled and from which he takes service, is used. This will avoid direct contact between the robot and the trainee, which will guarantee the latter is safe in their joint activities. Separately, a "stop" button is mounted in the top of the robot, which is in an accessible position on the robot platform, and it is possible at any time to be depressed, thus terminating the robot's operation.

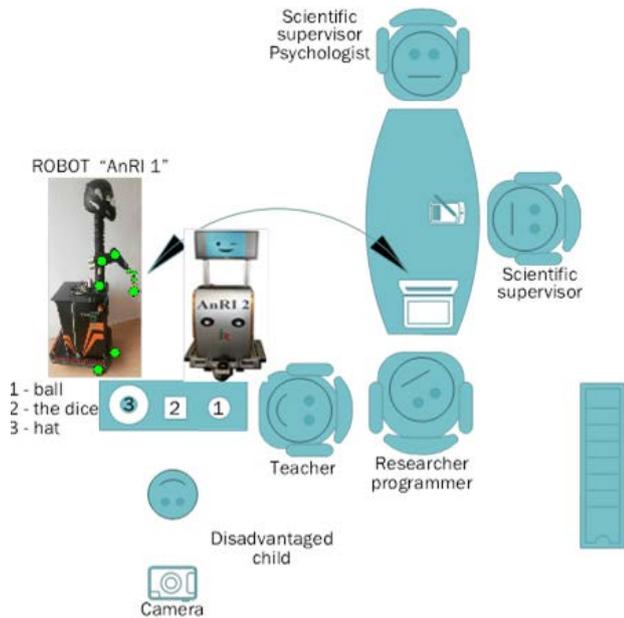


Fig. 4. Scheme of the laboratory for the experiments with the help of service robot "AnRI-1" & "AnRI-2"

V. CONCLUSION

The main challenge of the Project is to make personal robots affordable to people – 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.

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 M. 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.

The innovations in their concerted design will bring cost efficiency in order to make the product complying with the market demand. That is why the main purpose of the project of conduct research into the adoption of Robotic Technologies in Special Education by children, young people and pedagogical specialists in the Implementation of the EC-funded program "Marie Curie" Project H2020-MSCA-RISE-2017, ID No 77720 "CybSPEED: "Cyber-Physical Systems for Pedagogical Rehabilitation in Special Education", was to examine what extent the developed robots contribute to ensuring a dignified and independent life (with a focus on young) of people with disabilities.

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] Angelov, G., et al. (2011) „Remote Interface Communication to ROS Based Robotic System”; Proceedings of the Twenty First International Conference Robotics and Mechatronics; "Invited Session - Austrian-Bulgarian Automation Day"; 19-21 September 2011; Varna Bulgaria; ISSN 1310-3946; pp. 22 – 27. <https://www.acin.tuwien.ac.at/fileadmin/acin/ijaa/ijaa20h2.pdf#page=22>
- [2] Chih-Jer Lin, (2004) Motion Planning of Redundant Robots by Perturbation Method, An International Jurnal Mehatronics The Sciance of Intelligent Machines, Vol.14, No. 3, April 2004, pp.281-297. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957415803000321>
- [3] Chivarov N., Penkov Sv., Angelov G., Radev D., Shivarov N. and Vladimirov Vl., (2012), Mixed Reality Server and Remote Interface Communication for ROS Based Robotic System, International Journal Automation Austria (IJAA), ISSN 1562-2703, pp.144-155. <https://www.acin.tuwien.ac.at/fileadmin/acin/ijaa/ijaa20h2.pdf#page=42>
- [4] Chivarov N., Paunski Y., Ivanova V., Vladimirov V., Angelov G., Radev D., Shivarov N., (2012), Intelligent modular service mobile robot controllable via internet, In: IFAC International Conference "SWISS 2012", June 11th -13th, Waterford, Ireland, pp 149-153. <https://doi.org/10.3182/20120611-3-IE-4029.00029>
- [5] Cheah C.C., Y. Zhao, J. Slotine, (2006) 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. DOI: 10.1109/ROBOT.2006.1642034 <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1642034>
- [6] Dimitrova M., Vegt N., & Barakova E. (2012) Designing a System of interactive robots for training collaborative skills to autistic children. Interactive Collaborative Learning ICL2012, Villah, Austria, IEEE, Xplore, pp. 1-8. DOI:10.1109/ICL.2012.6402179 <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6402179>
- [7] Doulgeri Z., Y. Karayiannidis, (2007) Force position control for a robot finger with a soft tip and kinematic uncertainties, Robotics and Autonomous Systems 55 (2007), pp. 328–336. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2006.11.003>
- [8] Kaburlasos, V.G., Dardani, Ch., Dimitrova, M., & Amanatiadis, A. (2018). Multi-robot engagement in special education: a preliminary study in autism. Proceedings of the 36th IEEE International Conference on Consumer Electronic (ICCE), Las Vegas, USA, 12-15 January 2018, pp. 995-996. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8326267>
- [9] Kurt S. Anderson, YuHung Hsu, (2002) Analytical Fully Recursive Sensitivity Analysis for Multibody Dynamics Chain Systems, Multibody Systems Dynamics., 08. 2002, Springer, ISSN: 1384-5640 (print) 1573-272X (online) , pp. 1–27. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1015867515213>
- [10] Liberman, R. P., DeRisi, W. J., & Mueser, K. T. (1989). Social Skills Training for Psychiatric Patients. Pergamon Press. <https://psycnet.apa.org/record/1989-98167-000> (PsycINFO Database Record (c) 2016 APA.)
- [11] Paunski Y., R.Zahariev, (2017), Service robots control system, based on "Arm cortex M" architecture microprocessor system", Pr. TU Sofia, XXVI International Conference „ADP-2017“, June, 2017, Sozopol, Bulgaria, pp. 300-304. <https://mf.tu-sofia.bg/MNTK%20ADP%20site/4%20Proceeding/2017/Materials/Napravlenie-7/4-7-R.Zahariev-2.pdf>



- [12] Probst, R., P. Kopacek (1996), Service Robots: Present Situation and Future Trends, The Second ECPD International Conference on Advanced Robotics, Intelligent Automation and Active Systems, Vienna, Austria, 1996, pp.45-52.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667017427376>
- [13] Serholt S., (2018), Breakdowns in children's interactions with a robotic tutor: A longitudinal study. Computers in Human Behavior, V.81, 2018, pp.250-264. DOI: <http://10.1016/j.chb.2017.12.090>
- [14] Khatib O., P. Moore (1997), Sensor Based Control of Robots. Stanford University Publ, USA, 1997.
- [15] Serpanos, D., (2018), The Cyber-Physical Systems Revolution. J. Computer, V.51(3), (2018), pp.70-73.
DOI: <https://doi.org/10.1109/MC2018.1731058>
- [16] Valchkova N., R. Zahariev (2019) Optimization of Model Operator for Service Robot, Intended to Service Persons with Disability. Pr. "TECIS-19" IFAC Conference on International Stability, Technology and Culture, 26-28 September, Sozopol, Bulgaria.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.468>
- [17] Zahariev R, N. Valchkova, G. Angelov, Y. Paunski, and A. Krastev. (2019), Robots for Help in Pedagogy and Rehabilitation. In Pr. 20-th International Conference on Computer Systems and Technologies (CompSysTech'19), ACM, New York, NY, USA, 1-7.
DOI: <https://doi.org/10.1145/3345252.3345253>

ДИЗАЙН НА МОНТАЖНА МАШИНА ЗА ДЕТАЙЛ "WING SEAL" И НЕРЪЖДАЕМА ЛЕНТА

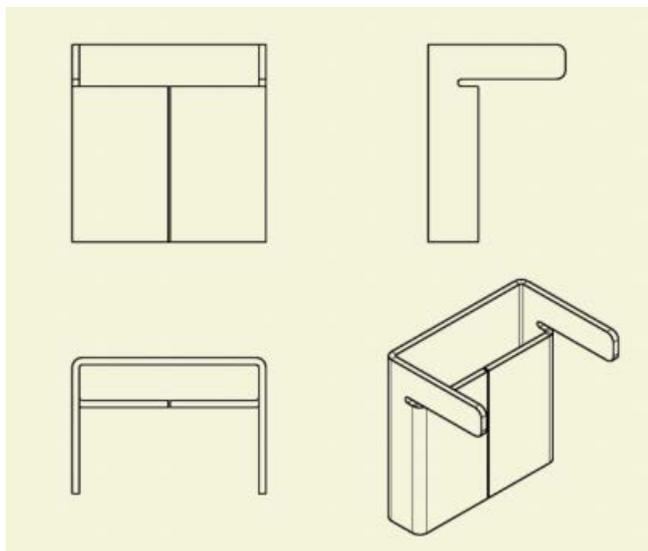
Вълко Митев
 КМС ИНЕЖНЕРИНГ ООД
 Пловдив, България
 e-mail: office@kms-e.com

Резюме: В доклада е разгледан процеса на конструиране на автоматична машина за монтаж на детайл "WING SEAL" върху неръждаема лента с възможност за настройка на дължината на лентата. Готовото изделие служи за привързване на опаковки на товари при морски транспорт. Дефинират се необходимите функции на елементите на машината и в последствие средствата за автоматизация, които ги изпълняват.

Ключови думи: автоматичен монтаж, ориентиране, монтажна машина, лента за опаковка при морски транспорт.

I. УВОД

Детайла "WING SEAL" е показан на фиг. 1. и е изработен чрез щанцоване и огъване на листов неръждаем материал AISI 316. Той е два типоразмера, които се монтират съответно на две ширини неръждаеми ленти. Монтажа се извършва чрез геометрично затваряне посредством огъване на лентата около "WING SEAL" с указани размери. (фиг.2)

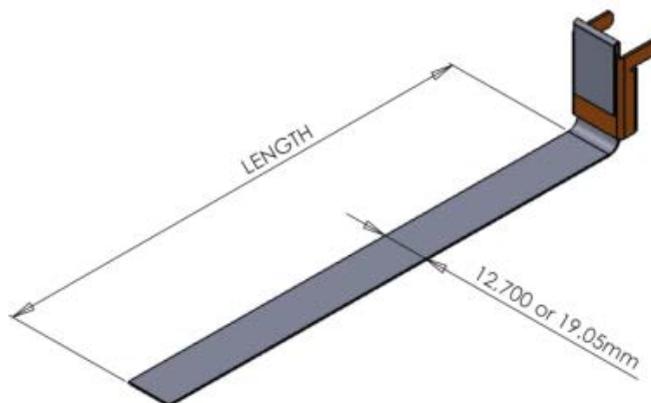
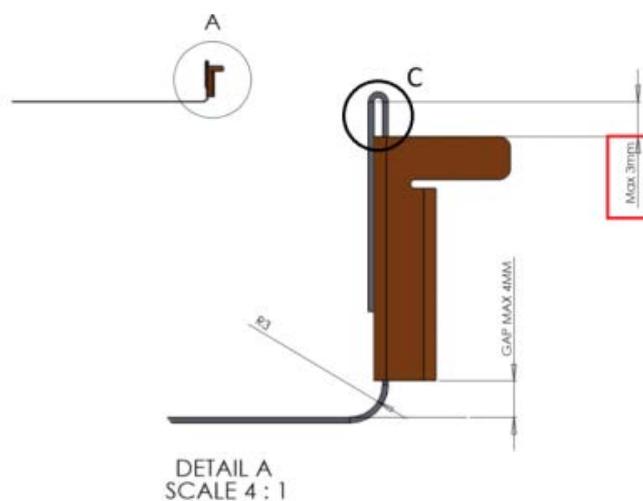


Фиг.1. Детайл "WING SEAL"

Дължината на лентите трябва да бъде свободно определяема от 500 mm до 10000 mm чрез дисплея на машината. След изтегляне от ролка и измерване в края трябва да се извършат последователно няколко операции за монтаж на детайл "WING SEAL".

Като изискване за производителност на машината се поставя 8 броя с дължина 1200 mm за минута.

Изяснени са всички необходими допуски на размери и отклонения във формата на детайлите.



Фиг. 2. Сглобено изделие с обгърната лента около детайл "WING SEAL"

II. ФУНКЦИИ, КОИТО ТРЯБВА ДА СЕ ИЗПЪЛНЯВАТ ОТ ЕЛЕМЕНТИТЕ НА МОНТАЖНАТА МАШИНА:

- Развиване на лентата от ролка с размер $\phi 550$ mm и три съседни реда. Поради инерционния момент на ролките развиващото устройство трябва да бъде със собствено задвижване и необходимо бързодействие във връзка с търсената производителност.
- Компенсация чрез компенсиращо устройство за безпроблемно синхронизиране на движенията на размотаващ и изтеглящ модул.

- Входна ролка с диаметър непозволяващ локално огъване на лентата и извършваща относително странично водене на лентата.
- Функция изправяне чрез устройство позволяващо настройка и корекция на лентата до постигане на достатъчно отклонение от равнинност във връзка с последващите операции.
- Функция измерване на база на абсолютен инкрементален датчик с ролка с точен диаметър позволяващ точно измерване на дължина без натрупване на грешка.
- Функция изтегляне чрез модул осигуряващ достатъчна сила за преодоляване на съпротивлението на лентата през модул за изправяне и на останалите сили на съпротивление (странично водещи ролки, триене през неподвижни елементи.
- Функция фиксиране на лента.
- Функция огъване на първа огъвка.
- Ориентиране на детайл "WING SEAL"
- Транспорт до монтажен участък
- Отделяне на детайл от поток.
- Транспорт на детайл до монтажен участък и поставяне.
- Фиксиране на детайла за противодействие на усилията на огъване.
- Огъване на втора огъвка.
- Изхвърляне на готовото изделие от монтажен участък.

III. СРЕДСТВА ЗА АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОКРИВАЩИ НЕОБХОДИМИТЕ ФУНКЦИИ

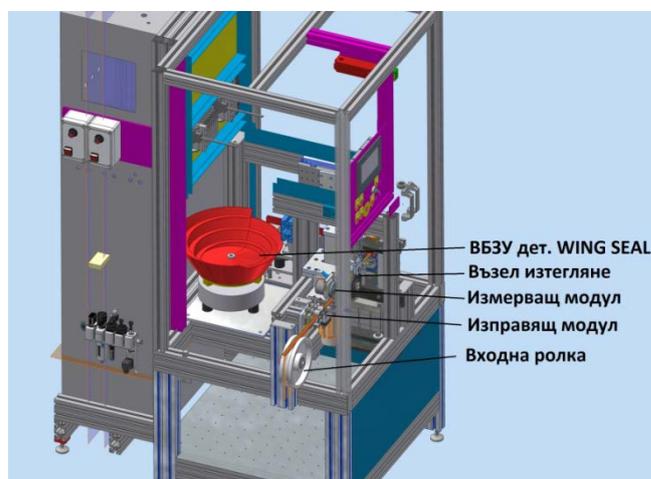
Функция развиване се покрива от стандартно развиващо устройство:



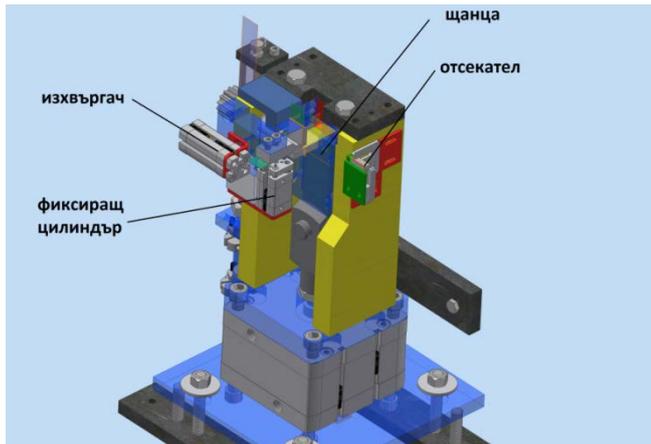
Фиг. 3. Развиващо устройство



Фиг. 4. Компенсатор: функцията се изпълнява от два успоредни водача на лентата, осигуряващи относителна фиксация и датчик за дистанция, управляващ устройството за развиване.

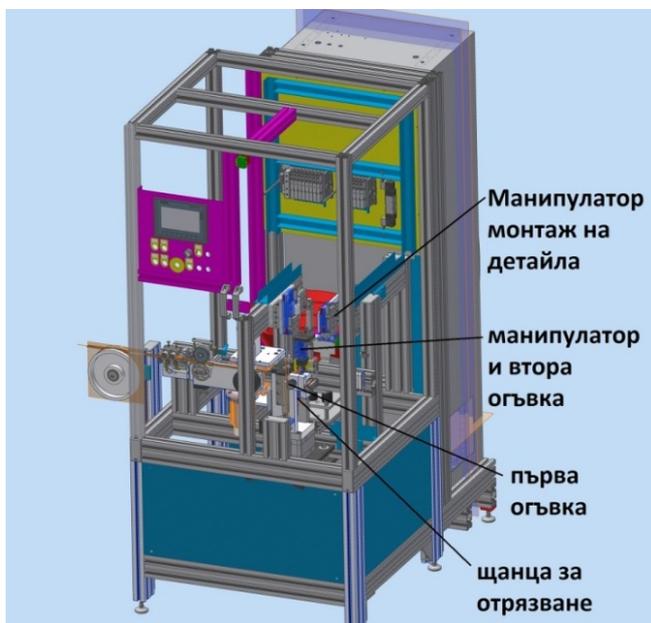


Фиг. 5. Устройства покриващи функциите: Водене на лента, изправяне, измерване, изтегляне и ориентиране на детайла.



Фиг. 6. Функции отрязване, отделяне, фиксиране и изхвърляне

- [5] Geoffrey Boothroyd, Assembly Automation and Product Design ISBN 1-57444-643-6
- [6] Stefan Hesse, Rationalisation of small workpiece feeding. Orientating, sorting, checking and feeding . 2000 by Festo AG & Co.
- [7] Handbook of Feeding and Orienting Techniques for small parts G.Bootroyd, C.R. Poli, L.E Murch 1978



Фиг. 7. Общ вид на машината

IV. ИЗВОДИ

Правилното определяне на необходимите функции на устройствата при една монтажна машина е основна предпоставка за последващото определяне и конструиране на изпълнителните средства за автоматизация.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] interface," IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740–741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetics Japan, p. 301, 1982].
- [2] Гановски, В.С., И.К.Бояджиев, Т.Д.Нешков, Ц.Л.Цветков. Механизация и автоматизация на монтажните процеси в машиностроенето. София, Техника. 1986.
- [3] Чакърски, Д., Т. Андонова-Вакарелска, А. Сарандева. Методология за проектиране на роботизирани технологични модули за малки детайли. Научни известия на НТС по Машиностроене, Година VII, Бр. 2 (53), ISSN 1310-3946, май 2000, Созопол.
- [4] Бояджиев, И.К., Л.Т. Клочков, Б.М. Монов. Ръководство за лабораторни упражнения и курсово проектиране по автоматични линии. Печатна база при ВМЕИ – София, 1989.

ПРОЕКТИРАНЕ НА ВИБРОЧИНИИ ЗА ФАРМАЦЕВТИКАТА

Пенко Митев
 КМС ИНЖЕНЕРИНГ ООД
 Пловдив, България
 e-mail: penko.mitev@kms-e.com

Резюме: Докладът разглежда процеса на проектиране на вибродинии за детайл от фармацевтичната индустрия. Разгледани са стъпките от CAD дизайн до реализация и практическо изследване.

Ключови думи: вибродиния, вибробункер, CAD система, фармацевтика

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Докладът разглежда реален проект, в който са проектирани 2бр чинии за вибробункери, служещи за ориентиране на детайл „помпа”, който намира приложение във фармацевтичната индустрия. При крайния клиент са налице подобни вибродинии, така че изискването е да се получи сходство на конструкцията. Проектирането се извършва предварително в CAD среда, след което се преминава към изработка на детайли и заварка. След приключване на процеса на заварка се прави функционален тест и оценка на работата спрямо техническото задание и изискванията на клиента.

Общо етапите са показани на фиг.1.



Фиг. 1. Основни етапи по проекта

II. РАБОТА ПО ПРОЕКТА

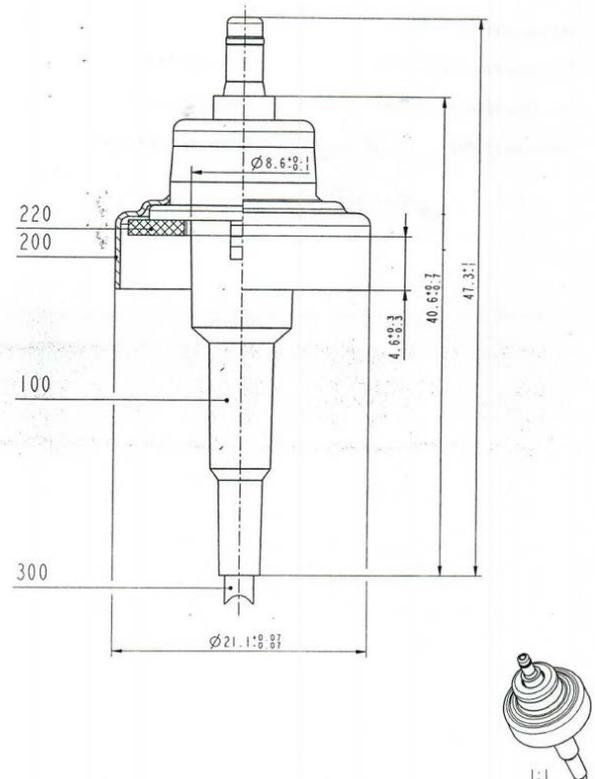
A. Оформяне на техническо задание

Техническото задание се оформя съвместно с клиента и в него са поместени основните параметри, на които трябва да отговаря съоръжението, в случая „чиния за вибробункер”. В конкретния случай, клиентът държи на следните изисквания:

- Диаметър Ф550 mm
- Посока на задвижване – 1бр ПЧС и 1бр ОЧС
- Материал: неръждаема стомана
- Приложение: фармацевтична индустрия
- Централният отвор да е Ф13

- Опаковката да е дървен сандък с термична обработка съгласно изискванията

Детайлът, който следва да се ориентира е показан на фиг. 2.



Фиг. 2. Детайл „Помпа”

B. Договор и условия

Вторият основен етап е да се договорят условията за съвместна работа и ангажиментите на страните. Етапът не е за подценяване и е еднакво важен с техническите договори. Например, трябва да се дефинира качеството на детайлите под формата на чертеж с толеранси и отклонения от форма, който да се подпише от двете страни. В последствие той служи като основа за проектирането и ако по-нататък в проекта клиентът достави негодни детайли, изпълнителят не е виновен за това, че вибробункерът не работи с тях.

C. CAD Конструиране

Конструирането на чинията се извършва на база техническото задание в CAD среда. Използват се основни техники и инструменти за работата с повърхнини. В резултат се получава тримерен модел на

виброчинията, по който тя следва да се произведе и завари.

На фиг. 3 е показан 3D модела.



Фиг. 3. 3D модел

D. ПРОИЗВОДСТВО И ЗАВАРКА

Отделните детайли, които съставят чинията се произвеждат от неръждаема стомана AISI 316. Технологиата е лазерно рязане на база на изготвената конструкторска документа и последващо огъване.

При пристигане на детайлите във фирмата се прави входящ контрол и проверка на основни размери, за да се избегнат грешки и забавяне.

След това се отстраняват несъвършенства по детайлите, които са свързани с технологията на лазерно рязане.

Следващата стъпка е да се започне последователно заваряване на детайлите чрез технология ВИГ (Заваряване с аргон), като основните елементи на една чиния са дъното и конуса (в случая, чинията е конусна).

Последният етап е шлайфане на чинията и полиране, така че да се получи добър естетически вид.

III. ОРИЕНТИРАНЕ ИЗПИТАНИЯ

След като чинията е заварена се прави самото ориентиране. Това е дълъг процес, който изисква наблюдение, знания и опити. На ниво CAD модел, трудно могат да се преценят всички фактори.

Отстраняват се ненужните положения на детайлите и постепенно се свежда тяхната ориентация само до търсената.

Правят се множество опити и се следят всички важни параметри, поместени в техническото задание.

IV. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА

Един от най-важните показатели на всяка хранваща система, без значение дали е вибробункер или друго устройство, е производителността, която предоставя.

Производителността е брой ориентирани детайли за единица време. Най-често се дефинира като *брой*

детайли в минута или *брой детайли на час*. Когато се прави засичане на производителността е добре да се направи засичане за две, пет или петнадесет минути и да се вземе средно-аритметична стойност. По този начин се прави усредняване.

В текущия проект беше направено експериментално изследване на производителността, за да се прецени дали тя отговаря на изискванията.

ТАБЛИЦА 1 За чиния ПЧС:

| Опит № | Брой детайли | Време | Детайли в мин |
|--------|--------------|-------|---------------|
| 1 | 122 бр | 2 мин | 61 бр |
| 2 | 145 бр | 2 мин | 72 бр |
| 3 | 138 бр | 2 мин | 69 бр |

ТАБЛИЦА 2 За чиния ОЧС:

| Опит № | Брой детайли | Време | Детайли в мин |
|--------|--------------|-------|---------------|
| 1 | 128 бр | 2 мин | 64 бр |
| 2 | 142 бр | 2 мин | 71 бр |
| 3 | 136 бр | 2 мин | 68 бр |

От поместените в двете таблици данни, може да се направи обоснован извод, че върху производителността на виброчиниите влияят редица фактори, като например:

- Колко е напълнена (колко детайли са изсипани в чинията)?
- На каква степен на електронно управление е настроена?
- Има ли несъвършенства в работата на ориентиращите елементи?
- Колко оптимално са настроени ориентиращите дюзи?

V. ПРИЕМАНЕ И ПАКЕТИРАНЕ

След като е приключена работата по ориентирането се прави подробен видео филм и се изпраща на клиента за одобрение. След получаване на одобрение се пакетира чиниите в индивидуални дървени сандъци и се подготвят документи за износ.



Фиг. 4. Пакетирани сандъци

VI. ИЗВОДИ

Работата в CAD среда значително улеснява процеса на измисляне (конструиране) на чинията. Могат да се направят различни симулации, така че процесът да е възможно най-точен теоретично, преди производство, за да не стига до детайли, които да са брак.



Договорите с клиента са еднакво важни с техническите параметри, за да не може той да прави промени по време на проекта, след като е започнал, които да опитва да оправдае с аргументи като:

- „Аз мислех, че така ще го направите”
- „Най-съвременните системи са така направени”

Клиентите често променят своето мнение включително и след посещение на технически панаири по света и тези явления не са рядкост. Всяка допълнителна работа, която не е уговорена представително, следва да е обект на отделна договорка.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Личен архив

ИЗСЛЕДВАНЕ НА НАДЕЖДНОСТТА НА НЕВРОННИ МРЕЖИ ИЗПОЛЗВАНИ ЗА АПРОКСИМИРАНЕ НА ФУНКЦИИ

Кирил Камбушев
Факултет "Авиационен"
Висше Военно Въздушно Училище
Долна Митрополия, България
e-mail: k_kambushev@mail.bg

Мартин Камбушев
Факултет "Авиационен"
Висше Военно Въздушно Училище
Долна Митрополия, България
e-mail: m_kambushev@yahoo.com

Резюме: В настоящият доклад е извършено изследване на грешката при апроксимиране с невронни мрежи и как тя се променя с отпадане на неврони от тази мрежа. Изследвана е двуслона невронна мрежа с един скрит слой. Направени са изводи относно надеждността на изчисленията при отказ на елементи от невронната мрежа.

Ключови думи: *надеждност, невронни мрежи, апроксимиране*

I. Увод

Използването на невронни мрежи и изкуствен интелект в системите за автоматично управление на различни устройства и безпилотни апарати намира все по-голямо приложение. Много често процесите, които се следят и управляват, са от особена важност както за изпълнението на поставената задача, така и за безопасността на хората. За повишаване на безопасността се използват различни видове резервиране. Въпреки приложените мерки не може да се изключи напълно възможността от възникване на откази.

Електронните и механични елементи, блокове и системи са естествено предразположени към евентуални повреди, поради влиянието на различни фактори – околната среда, топлината, натоварването, вибрациите и др.[2] Надеждността на системата има голямо влияние върху разходите за поддръжка и ремонт, както и за непрекъснатостта на услугата и удовлетвореността на клиента. За това независимо дали се проектират нови или се модифицират стари системи, трябва да се направи анализ на надеждността[1, 3].

Според някои проучвания [5] решаването на определени задачи с използването на невронни мрежи се отличава с по-голяма надеждност, понеже повредата или отказът на един или няколко неврона не води до грешки в крайния резултат. Правени са изследвания на надеждността на един неврон, като се взема в предвид, че неговите коефициенти на теглата на входните сигнали са произволни, е извършен в [7, 8].

Изследването на надеждността може да се извърши на три нива: верижно, функционално и логическо. Функционалните и логическите нива са разгледани в [6].

Повредите или отказите на невроните обикновено се делят [9] на два класа: параметрични и крайни откази. Параметричните откази се причиняват от постепенните промени на коефициентите и прага на чувствителност под въздействието на външните фактори (ниво на захранващо напрежение, промяна на температурата,

старене на материалите и др.) Крайните откази се причиняват от неизправности при прекъсване на веригите или късо съединение.

В настоящият доклад ще бъде разгледана и оценена надеждността на многослойна невронна мрежа използвана при апроксимиране на данни от различен характер.

II. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ

A. Функционално резервиране

При този вид резервиране трябва да се отчете надеждността на цифровото устройство, на което е качена невронната мрежа. Този проблем е от особено значение за устройства, чийто работен режим не позволява тяхното възстановяване при настъпване на отказ (бордови компютри).

Функционалното резервиране може да бъде: статично динамично и смесено.

При статично резервиране всички елементи – основни и резервни, функционират. При настъпване на отказ на основен елемент, неговите функции се заместват от резервен и по този начин се избягват грешки в системата. Недостатък е големият брой допълнителни елементи в системата.

При динамично резервиране резервните елементи започват да функционират само при отказ на основен елемент, като по този начин системата се самовъзстановява. Недостатък е наличието на сложни алгоритми за диагностика, чрез които се открива неизправния елемент.

Смесеното резервиране е комбинация от другите два, като минимизира недостатъците им.

B. Логическо резервиране

При този вид резервиране се следи за правилната реакция на невронната мрежа. Ще бъде изследвано влиянието на броя отказали изкуствени неврони към стойността на грешката на изходния параметър спрямо реалната стойност при апроксимиране.

За оценка на грешката ще се използват средноквадратичната грешка и коефициента на несъответствие на Тейл.

Средноквадратична грешка:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y}_t)^2}{n}} \quad (1)$$

където y_t е реалната стойност на параметъра, а \bar{y}_t е изчислената стойност.

Коефициент на несъответствие на Тейл – определя се като отношение на средноквадратичната грешка към квадрата на реалните стойности [10].

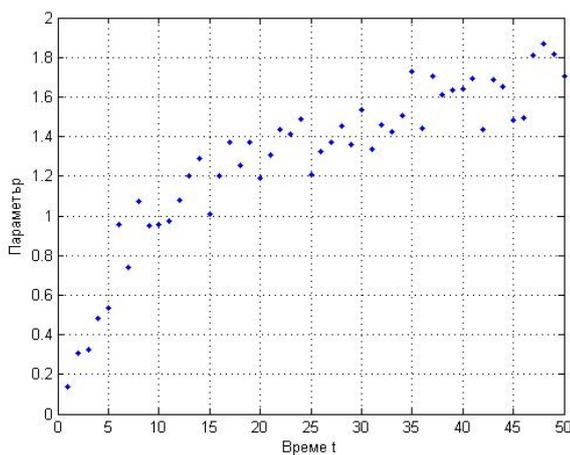
$$U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\bar{y}_t - y_t)^2}{\sum_{t=1}^n y_t^2}} \quad (2)$$

При $U=0$ имаме пълно съвпадение на изчислената и реалната стойност.

При $U=1$ се получава средноквадратична грешка съпоставима по стойност с грешката получена при прилагане на най-обикновените методи за екстраполация.

При $U>1$ изчислените стойности са с много големи отклонения от реалните. Коефициента няма горна граница.

Данните, които ще се използват в изследването представляват параметър, който се изменя по експоненциален закон с течение на времето, с добавена грешка от измерването на параметъра, имаща случаен характер и нормално разпределение “Фиг.1”.



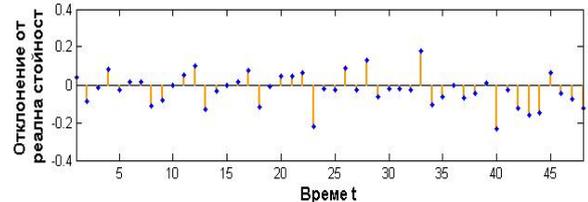
Фиг. 1. Експериментални данни

Невронната мрежа, която ще се изследва, ще бъде с един скрит слой и изходния слой ще се състои само от един неврон. Тя ще бъде обучена по метода на Levenberg-Marquardt. Ще се симулира отказ на неврони от скрития слой и ще бъде анализирана точността при апроксимирането на данните с намаления брой неврони.

Броя на невроните в скрития слой е определен експериментално, понеже според [4] е доказано, че само

един скрит слой е достатъчен да апроксимира произволна непрекъсната функция при достатъчен брой неврони.

За нуждите на изследването е избрана невронна мрежа с 20 неврона в скрития слой, понеже при увеличаване на броя на невроните точността на апроксимиране не се увеличава. Резултатите от работата на тази невронна мрежа са показани на фиг.2.



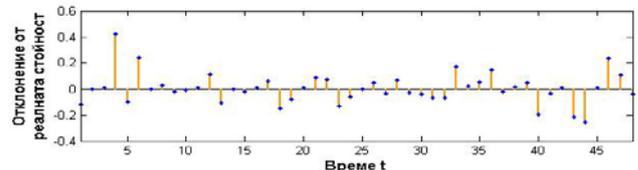
Фиг. 2. Грешка при апроксимация с 20 неврона

Максималното отклонение от реалната стойност е 0.2312. Изчислената грешка е:

Средноквадратична грешка:
 $S=0.0886$

Коефициент на несъответствие на Тейл:
 $U=0.0765$

Фиг. 3 показва резултатите на работа на същата невронна мрежа, когато има отказ на един неврон, т.е. в изчислителния процес участват само 19 неврона със запазвателните тегла на входните сигнали.



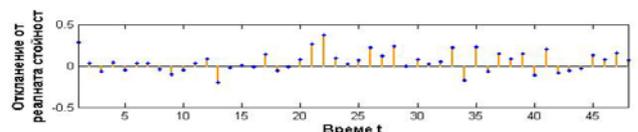
Фиг. 3. Грешка при апроксимация с 19 неврона

Максималното отклонение от реалната стойност е 0.4197. Изчислената грешка е:

Средноквадратична грешка:
 $S=0.1164$

Коефициент на несъответствие на Тейл:
 $U=0.1005$

При отказ на още един неврон резултатите са показани на фиг. 4.



Фиг. 4. Грешка при апроксимация с 18 неврона

Максималното отклонение от реалната стойност е 0.3723. Изчислената грешка е:

Средноквадратична грешка:

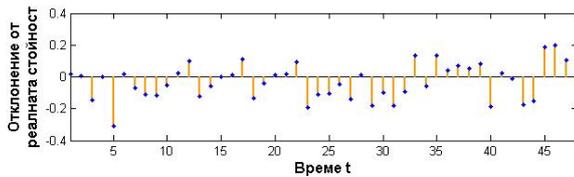
$$S=0.1316$$

Коефициент на несъответствие на Тейл:

$$U=0.1136$$

Забелязва се, че въпреки по-малкото максимално по абсолютна стойност отклонение, грешката при апроксимация нараства.

При невронна мрежа със 17 неврона резултатът е показан на фиг. 5.



Фиг. 5. Грешка при апроксимация с 17 неврона

Максималното отклонение от реалната стойност е 0.3641. Изчислената грешка е:

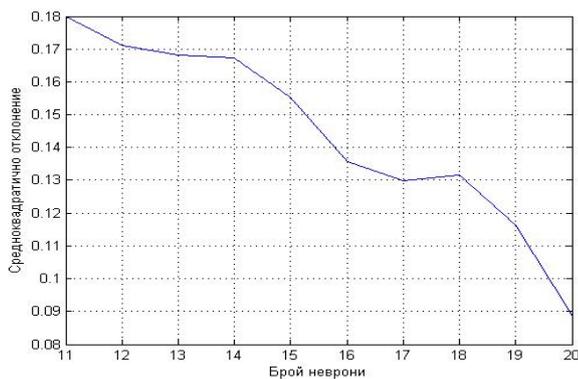
Средноквадратична грешка:

$$S=0.1298$$

Коефициент на несъответствие на Тейл:

$$U=0.1072$$

Графика показва грешките при намаляване на невроните е показана на фиг.6. От графиката се вижда, че с намаляване на броя на невроните на мрежата, точността на апроксимиране намалява, но запазва точността си без голямо отклонение при първите пет опита.



Фиг. 6. Средноквадратична грешка при апроксимация с невронна мрежа

III. Изводи

От направеното изследване може да се направят следните изводи:

- В използваната невронна мрежа, при отпадане на 5 неврона средноквадратичната грешката нараства с 0.047 . При достигане на 10 отпаднали неврона, мрежата се счита за неработоспособна;

- Използването на невронни мрежи може да повиши значително надеждността на определени процеси;
- При използване на невронни мрежи с достатъчен брой неврони в тях може да се гарантира висока надеждност в качеството на извършваната от тях дейност.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Йонков, Хр. Б. Прогнозиране на експлоатационната надеждност на възстановяеми обекти от авиационното оборудване. Годишна международна научна конференция на факултет „Авиационен“, 2019 г., гр. Долна Митрополия, ISBN: 978-954-713-123-1.
- [2] Йонков Хр. Б. Един модел за прогнозиране на надеждността на авиационното оборудване, Сб. Доклади от Юбилейна Научна конференция ”25 години от полета на втория български космонавт”, Том 1, 2013 г., гр. Долна Митрополия, стр. 95 – 102, Долна Митрополия, ISBN: 978- 954- 753- 177- 2.
- [3] Йонков Хр. Б. Модел на процеса на функциониране на изделия от авиационната техника, Сб. Доклади от Научна конференция ”Настояще и бъдеще на авиационното образование в балканско - черноморския регион на Европа” на факултет „Авиационен”, 2010 г., стр. 32 – 35, Долна Митрополия, ISBN: 978- 954- 713- 094- 4.
- [4] Кирова Т. Невронни мрежи – Основни архитектури и обучаващи алгоритми, София. 1995.
- [5] Blyum M, Onesto M, Verbik L „Acceptable neuron errors for neural network failure-free performance“, Methods of redundancy introduction for computer systems“. Pougatchev VS (ed) – Moscow: Sov. Radio, p 84–87, 1966.
- [6] Fomin Yu I, Galushkin AI „Majority voting and restoring organs for its implementation“..Cybernetics and computer facilities, Vyp. 55, Kiev, Naukova Dumka, p 91–97, 1982.
- [7] Jukauskas KP, Serapinas KL „Threshold element reliability“, 5. Determination of the average threshold element error taking into account the input signals and weighting coefficient parameter spread, Trudy AN LitCCP, ser. B, 1(64):231–236, 1971.
- [8] Potapov VI, Palyanov IA „To the functional reliability estimation of the redundancy readjustable homogeneous computer structure.“, Computer facilities in the in the systems of flight vehicle control, part II, vyp. 23, Moscow, 1972.
- [9] Potapov VI „Analysis and synthesis of highly reliable digital and computer threshold unit logical structures“, Novosibirsk, p 80, 1977.
- [10] Theil, H. Applied Econotmic Forecasts. Amsterdam-North Holland, 1966.

PRINCIPLES OF MECHATRONICS IN THE DESIGN OF A FLIGHT-NAVIGATION UNIT FOR AN UNMANNED AIRCRAFT

Stefan Biliderov
Air Force School
Department of EAIT
Dolna Mitropolia, Bulgaria
e-mail: biliderow_ss@yahoo.com

Reneta Dimitrova
Technical University
Department of ADP
Sofia, Bulgaria
e-mail: rkd@tu-sofia.bg

Dimcho Chakarski
Technical University
Department of ADP
Sofia, Bulgaria
e-mail: dimost@tu-sofia.bg

Abstract: The flight-navigation unit is used for navigation and control of modern Autonomous Unmanned Aerial Vehicles in assessing the flight parameters and reaching the desired final state in the mission. By applying the principles of mechatronics in its design and development, a final product is created that is distinguished by its flexibility and diversity of application.

Keywords: Autonomous Unmanned Aerial Vehicle, flight-navigation unit, principles of mechatronics

I. INTRODUCTION

Missions using unmanned aerial vehicles (UAVs) are divided into the following more important groups:

- reconnaissance missions;
- combat missions;
- related to search and rescue.

The tasks arising from the formulated UAV missions can be performed at any time in different weather conditions, which makes these vehicles a universal and affordable tool for a wide range of applications.

Autonomous flying UAVs (AUAVs) automatically maintain sustainable previously planned and programmed flight. Combining autonomous flight with the option of remote control via a communication channel to reach the desired end states of the vehicle in space and time through a flexible integrated flight-navigation system, maximizes the capabilities of UAVs.

The UAV flight-navigation complex (FNC) supports the autonomous flight at control points with adaptive change of the set route and control laws with continuous assessment of the flight-navigation situation on board of the UAV.

All this requires the using of modern trends in technology for the design and development of an integrated unit for piloting and navigation of UAVs [6]. The synergy of the mechatronic approach is particularly appropriate in this case.

II. DESIGN AND DEVELOPMENT OF A FLIGHT-NAVIGATION UNIT FOR AUAVS

FNC of the AUAVs are characterized by a high degree of integration of the sensor with the computer and actuate part of the UAV. Algorithms for fusing the on-board information-measuring sensors and systems through optimal filtration or neural networks are applied. The high accuracy and reliability in performing the tasks of flight control and

navigation of the AUAVs is realized by repeated duplication of the systems and the use of high-precision algorithms for automatic control, based on the modern technologies for intelligent control [2, 5].

A. Choice of the architecture of the integrated system for AUAVs

The hardware architecture of a small integrated avionic system (FNC) operating on board of the AUAVs is shown in Figs. 1.

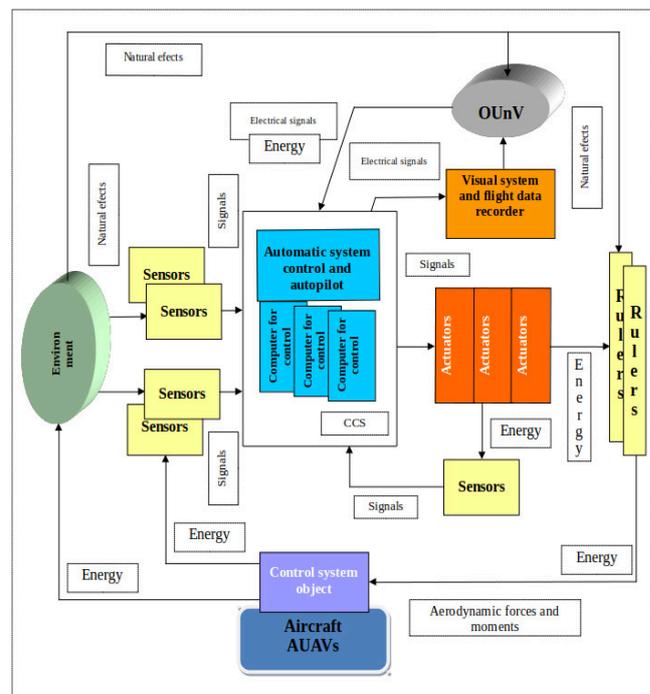


Fig. 1. Architecture of an integrated avionic system for an autonomous unmanned aerial vehicle

The architecture of this integrated avionic system includes:

- Sensor-information subsystem - sensors for airdata parameters and aeronautical part (Inertial Navigation System; GPS, altimeter, etc.);
- Information exchange buses - operating with aviation standard (ARINC, MIL-STD) and / or other serial interface (I2C, SPI, RS-232; RS-485, USB);
- Computer control system (CCS) including estimator of the flight parameters through integrated processing

of flight- navigation information of the state space vector of the AUAVs and algorithms and models for automatic control of the trajectory and attitude of the device implemented by autopilot with a certain control law - PID, LQR, LQG or other, as well as automatic control system of the trajectory movement of the AUAVs;

- Actuators and devices driving the rulers to control the spatial position of the AUAVs, as well as providing the necessary thrust from the power plant unit (controller-engine-propeller system);
- Aircraft with rulers for controlling the movement and thrust of the power unit;
- Inclusion in the flight-navigation unit of an option for remote intervention by the aircraft operator (OUUnV).

In general, when developing a flight-navigation unit for an integrated aviation system operating on AUAVs, it is necessary to go through the following stages:

- separation of the sensor system used on board in the integrated sensor-information system with primary processing of signals from the sensors in order to filtration and second treatment to estimate the flight and navigational parameters in the statespace vector;
- choice of a control law in the flight-navigation unit and its implementation in an algorithmic scheme;
- setup and control of the actuators to achieve a real-time control of AUAVs.

B. Synthesis of a sensor-information system for an integrated flight-navigation unit

By differentiating the sensors in an integrated sensor-information system, the aim is to take measurements of the parameters from the vector of the statespace of the AUAVs. The obtained estimation of the full vector has increased accuracy and reliability and is submitted to the flight-navigation unit of the aircraft during the duration of the flight to form a control of movement.

For the navigation and control of AUAVs on a given trajectory, route or flight mode it is necessary to measure:

- flight altitude;
- the vertical flight speed;
- flight speeds;
- the angular position of the aircraft, relative to the earth's surface;
- the position of the center of mass of the aircraft relative to the earth's surface;
- the course of the aircraft.

In the AUAVs, preference is given to autonomous measurement methods and tools. Such autonomy is provided by the sensors for measuring the airdata parameters of the flight by estimating:

- the barometric altitude of the flight;
- true, instrument and vertical flight speeds;

- ambient temperature.

The barometric flight altitude determines the absolute altitude above an ellipsoid in the WGS-84 basis. The calibration formula of a barometric altimeter up to a height of 11000 m is given by the expression for the hypsometric formula [13]:

$$H = \frac{T_0}{\tau} \left[1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{\tau}{\alpha}} \right] \quad (1)$$

In (1) There is measured the parameter p , which is the atmospheric pressure at flight altitude. The other quantities are physical constants or are taken from the parameters of the standard atmosphere. This pressure can be measured by an absolute pressure sensor in the range of 15 to 115 kPa. A suitable sensor for the current development is the MPX4115A / MPXS4115A from the Motorola series.

The airspeed is controlled by the measured of a dynamic pressure of the true airspeed sensor. The calibration formula of this subsonic velocity sensor, taking into account the adiabatic compression of the air, is as follows [13]:

$$V = \sqrt{\frac{2kR}{k-1} \left[\left(\frac{\Delta p}{p} + 1 \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]} \quad (2)$$

In (2), Δp - the dynamic pressure of the stopped air flow is measured as the difference between the full and static pressure from (1).

The indicator speed is a function of the dynamic pressure and this speed gives information about the lift force of the flight altitude.

The airspeed sensors for UAVs are for relative pressure in the range 0 to 100 kPa. A suitable such sensor is, for example, the MPX5100, which is a piezoresistive sensor.

In addition to directly measuring the airspeed, indirectly based on the navigation speed triangle, the wind speed is obtained from the vector difference between the true flight speed (2) and the ground speed (measured by an INS or GPS).

Using a variometer, it is measured the vertical speed using the formula [13]:

$$\Delta p = \frac{k}{\tau s + 1} \dot{H} \quad (3)$$

In (3) the difference in pressures measured by means of (1) is taken into account, using two MPX4115 pressure sensors, one of which perceives the static pressure and the other the pressure changing in the instrument case.

By measuring the temperature of the stopped air flow at the altitude of the flight, a completely autonomous system for air signals is obtained, designed for fusion work with GPS and Inertial Navigation System (INS).

The INS positions the center of mass of the AUAVs and determines its spatial position by measuring the accelerations

and rotations along the associated coordinate system. It is a completely autonomous system.

When studying algorithms for the operation of the INS, it is necessary to have a model of the Earth's gravitational field. The model of the gravitational field - WGS-84, with added calculations in height is given by the expressions in [3].

The information about the accelerations measured on board of a small AUAVs is taken from a platform $\vec{\xi}\vec{\eta}\vec{\zeta}$ (Fig.2) on which the accelerometers and gyroscopes of the INS are placed. When a platformless INS is placed on board the aircraft, then this platform is computational.

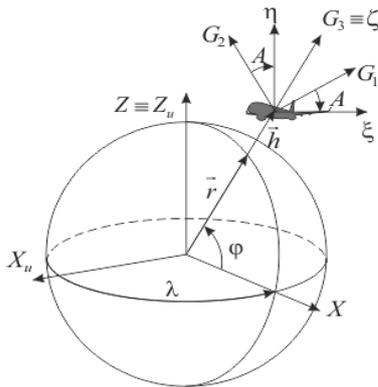


Fig. 2. Coordinate systems used in navigation

Thus, orienting the axes of the platform in the directions of the world and the local vertical (Fig. 2) on board the small AUAVs information about the course and the flight horizon is obtained. The accelerations measured by the accelerometers shall be projected on the axes of the platform and shall take into account an acceleration equal to the difference between the absolute acceleration in the inertial coordinate system and the relative ground acceleration projected on the axes of the platform:

$$\vec{a}_{\xi\eta\zeta} = \vec{a}_{X_u Y_u Z_u} - \vec{g}_{\xi\eta\zeta} \quad (4)$$

By integrating the acceleration readings once, the ground speeds of the aircraft are obtained, and by integrating once more, the distance traveled is obtained. In this way, knowing the coordinates of the starting point, the user calculates his coordinates at any given time.

The angular velocities of the aircraft along the axes of the vehicle coordinate system are measured relative to the platform $\vec{\xi}\vec{\eta}\vec{\zeta}$ (Fig. 2) by means of angular velocity sensors (gyroscopes). If the platform is deflected at an azimuth angle A of the reference navigation base (Fig. 3), then for the angular rate is obtained:

$$\begin{aligned} \omega_{\xi} &= \omega_{G_1} \cdot \cos(A) - \omega_{G_2} \cdot \sin(A) \\ \omega_{\eta} &= \omega_{G_1} \cdot \sin(A) + \omega_{G_2} \cdot \cos(A) \\ \omega_{\zeta} &= \omega_{G_3} \end{aligned} \quad (5)$$

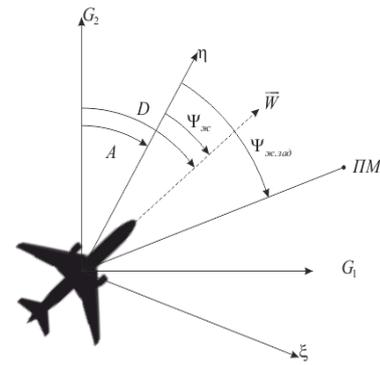


Fig. 3. Determining the angular position of the platform $\vec{\xi}\vec{\eta}\vec{\zeta}$

By integrating the readings of the gyroscopes, information about the vertical (local horizon) is obtained, and the true course is calculated by [11]:

$$\psi = \psi_{sc} + A \quad (6)$$

Suitable for the construction of the sensitive part of the platformless INS for AUAVs, consisting of accelerometers and gyroscopes are the sensors ADXL202 / ADXL210 and ADXRS150 of the company ANALOG DEVICES - low-budget, low-energy accelerometers, and for angular sensors are possible ADXRS150.

Very often on board the AUAVs is installed a non-autonomous radio system for navigation and positioning - NAVSTAR (GPS). An algorithm using the obtained orbital parameters estimates the coordinates of the user in the XYZ global system (ECEF) by calculating the pseudo-distances to each satellite throughout the flight using the expression [12]:

$$\rho = \sqrt{(X_s - X)^2 + (Y_s - Y)^2 + (Z_s - Z)^2} \quad (7)$$

To estimate the coordinates and the ground speed of a user, a Kalman filter with 6 variables in the state vector for speed and location, respectively, is used.

Calculating the geometric factors of accuracy and visibility (DOP) for the NAVSTAR system and comparing HDOP with the assumed maximum mHDOP = 6, the performance of the inequality HDOP < mHDOP is judged on the performance of the GPS system.

A suitable GPS signal receiver is the Motorola M12. It is also suitable for UAV navigation.

C. Fusion signal processing

The problem of the individual systems is that they cannot satisfy the user of flight and navigation information, especially in aviation and similar, in terms of accuracy and reliability [3], [4], [7]. The requirements for accuracy, reliability, low weight and dimensions of the flight-navigation system on board the UAV are met by placing several sensors, which with the help of an on-board computer are combined into a single (integrated) navigation and control system [1].

The fusion of the sensor signals is one of the methods for optimal estimation of the parameters in the AUAVs

statespace vector. It follows from this fact that a distinctive feature of FNC for AUAVs is the integration of on-board aeronautical navigation systems and means with the help of an on-board computer.

The received sensory information about the statespace vector can be fusion through the following channels:

- the course - obtained from GPS, INS, magnetometer as a function of AUAVs position in space, air speed (V), ground speed (W) and wind speed (U). It is possible to combine the information from a video camera for the picture of the horizon;
- the altitude - obtained from the air signal system (Airdata system), differentiation of the readings of the vertical accelerometer of INS, vertical channel of GPS. It is possible to add information about the terrain and the picture of the horizon using photogrammetric methods;
- the coordinates - obtained from GPS, INS, integrating the difference between true speed and wind speed. It is possible to add cartographic information and/or to use photogrammetry methods;
- the air and instrument flight speeds – Airdata system is obtained as a sum of the ground speed with that of the wind, Airdata system for the speed as a function of the angles of attack and gliding. It is possible to add information about the terrain and the picture of the horizon;
- the ground speed of the flight - is obtained from GPS, INS, the difference between the air speed and that of the wind. It is possible to add information about the terrain and the picture of the horizon, through photogrammetry;
- the vertical flight speed - information is obtained from the Airdata system directly or by differentiating the signal of the barometric altimeter, from the accelerometer of the vertical channel INS, GPS. It is possible to add a signal from the terrain and the picture of the horizon, photogrammetry, as a function of angles of attack, drag and pitch.

The algorithm most commonly used to optimally estimate the AUAVs statespace vector is the Kalman filter. This algorithm of linear Kalman filtration is especially suitable for estimating the parameters because it is used iteratively and it is not necessary to keep all the measured data, but only the last value of it.

Many miniature UAVs use only GPS for positioning and navigation to save weight. Unfortunately, this system is vulnerable to accidental or intentional interference. Even in an environment where there is no intentional interference, it is possible for the GPS signal to be interrupted for periods of seconds to minutes, which is catastrophic for UAVs.

Therefore, the Kalman extended filter algorithm and additional information are used to estimate the coordinates of the UAV location. One possibility is by measuring the distance to two other UAVs with known coordinates [16].

The fusion processing of the signals from the measuring systems and sensors, as well as the identification of the UAV parameters is carried out in the computer of the UAV pilotage-navigation complex.

D. Mathematical model of the flight

The automatic control system of a UAV contains five main subsystems, performing [14]:

- height and vertical speed control;
- air and ground speed control;
- control of angular rotations in relation to the vertical and in relation to the air masses;
- damping in short-period movement;
- navigation in a selected coordinate system.

Each of these subsystems needs accurate, continuous and reliable data on the pilot-navigation parameters of UAVs assessed during the flight duration.

To build an effective UAV control system that has the property of adaptability, it is necessary to compile an accurate mathematical model of the spatial movement of UAVs together with the sensor-information system [9]. This mathematical model is algorithmized and programmed in the computer of AUAVs FNC and serves as a basis for the control system.

The mathematical model of AUAVs motion is developed on the basis of Newton's equations for the amount of motion and the moment of momentum [8].

Equivalent to the external forces acting on the axes of the connected coordinate system (aerodynamic forces on the body of the AUAVs, the thrust of the propulsion system, the force of gravity) on the aircraft is described by the expression: Therefore, the Kalman extended filter algorithm and additional information are used to estimate the coordinates of the UAV location. One possibility is by measuring the distance to two other UAVs with known coordinates [16].

$$\sum \vec{F} = \vec{R} + \vec{P} + \vec{G} \quad (8)$$

The aerodynamic forces acting on the aircraft are created by the oncoming air flow and are located in the speed coordinate system [10].

The coefficients of aerodynamic forces and moments can be determined in advance in virtual tunnels. One such suitable software is the XFLR5 product. The results for the force coefficients and the moments in the longitudinal movement of the AUAVs are shown in Fig.4.

This software product is also suitable for testing the stability in the longitudinal and lateral movement of AUAVs. One such study of the lateral channel of AUAVs is shown in Fig.5.

After filling in and forming the complete nonlinear mathematical model of the AUAVs movement, the flight task is developed by setting the route on an aviation map (Fig. 6).

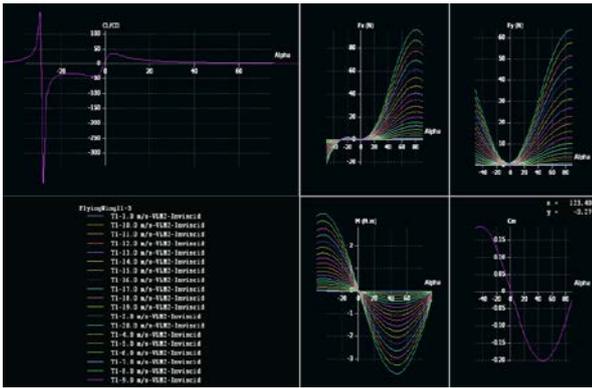


Fig. 4. Aerodynamic forces and moments in the longitudinal motion of AUAVs studied in the software product XFLR5

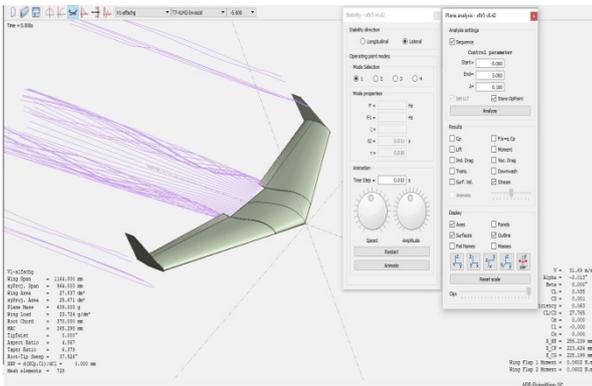


Fig. 5. Statement of the study of the effects of disturbances in the lateral movement of AUAVs through the XFLR5 environment

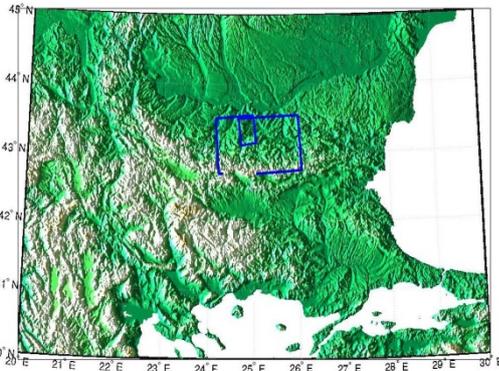


Fig. 6. AUAVs flight route on an aviation map

The route, the flight profile into altitude, the mode of movement along the set trajectory or the conditions for exit at a given point in space are selected according to certain criteria, such as: minimum flight time to the given point in space; minimum fuel consumption in flight; selection of a starting point for the implementation of a set task; choice of approach direction for the best landing. These criteria are part of the more general criterion: performance with the highest efficiency of the tasks.

To perform this task it is necessary to program the flight of the AUAVs and then to model and verify the trajectory of the UAV. For the modeling of the trajectory movement of the aircraft along a given route and flight profile, it is necessary to develop an individual navigational plan, which should be in accordance with the set tasks. The individual

navigational plan is the basis for compiling the flight program, which is introduced in the FNC of the AUAVs and models the desired trajectory of the UAV as a material point. During the flight, the execution of the set program is monitored and the various deviations from the thus determined trajectory are worked out.

The flight model uses the basic relationships between quantities involved in a navigation algorithm. The results of the flight program simulation (Fig. 7) set the ideal trajectory to which the actual flight should be sought.

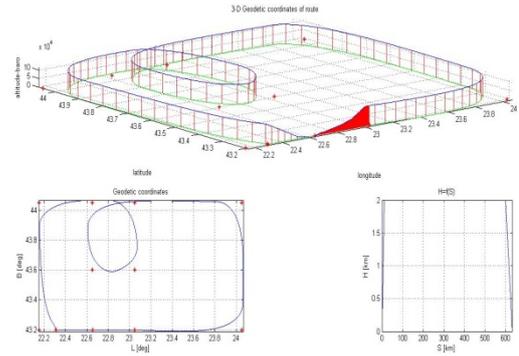


Fig. 7. Simulations for the implementation of the flight program from AUAVs in trajectory control

E. AUAVs FNC programming

A suitable software product based on the Model-Based Design method is used for the programming of AUAVs FNC. In this method, the developed and tested algorithms and models are automatically generated in the software of the flight-navigation unit, and the control computer is programmed automatically by the selected software product.

Suitable hardware platforms for this type of work are shown in Fig.8 and Fig.9.

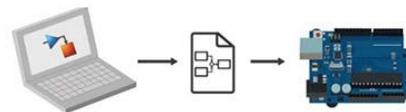


Fig. 8. Connecting an Arduino controller via a computer to MATLAB-Simulink

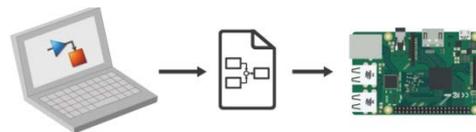


Fig. 9. Connecting a Raspberry Pi computer via a computer with MATLAB-Simulink

The approach considered in this way turns the developed product into a mechatronic system.

III. PREREQUISITES AND TOOLS FOR APPLYING THE PRINCIPLES OF MECHATRONICS

Along with the synergistic nature of the integration, in the case of the mechatronic system it is fundamentally important that the components not only complement each other, but also unite so that the resulting system has qualitatively new properties. In this way, the information flows are directed to the realization of the movement according to a given control law in order to achieve the desired goal [15].

The basic objects on which the principles for the construction of mechatronic systems are based are the mechatronic modules (MM), which as a rule perform movement on one controllable coordinate. It is from such modules that the very complex systems that have a module-oriented architecture are assembled.

The principles on which the creation of a mechatronic system is based are:

- Universality of the mechatronic approach;
- The synergistic nature of the integration of the elements;
- The integration of mechatronic elements begins at the design stage;
- The basis for the development of the mechatronic system is the method of the parallel design;
- The main objects on which the mechatronic system is built are the mechatronic modules;
- In the modern mechatronics systems, the methods of advanced intelligent control are applied.

The generalized block diagram, according to which the described principles of mechatronics are applied in the development of an integrated flight-navigation unit for teh AUAVs is shown in Fig.10.

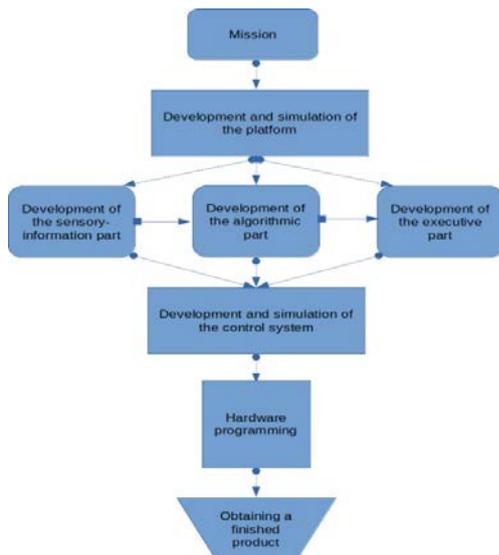


Fig. 10. Generalized block diagram for application of the principles of mechatronics

IV. CONCLUSION

The principles of mechatronics are fully applicable in the synthesis and development of FNC of the AUAVs controlling the motion in space and around the center of mass.

It follows that the mechatronic approach is universal and can be used in the design of machines and systems with different purposes and behavior, taking into account the specifics of each controllable object.

REFERENCES

- [1] Георгиев Р.Ж., „Технически средства и алгоритми за обработка на полетна информация“, Д. Митрополия, 2004г.
- [2] Йонков Хр. Б., „Алгоритъм за прогнозиране на техническото състояние на обекти от авиационното оборудване“, Д. Митрополия 2011 г.
- [3] Йонков Хр. Б., „Един модел за прогнозиране на надеждността на авиационното оборудване“, гр. Долна Митрополия, 2013 г.
- [4] Йонков Хр. Б., „Модел на процеса на функциониране на изделия от авиационната техника“, гр. Д. Митрополия 2010 г.
- [5] Йонков, Хр. Б. „Прогнозиране на експлоатационната надеждност на възстановяеми обекти от авиационното оборудване“, гр. Д. Митрополия, 2019 г.
- [6] Камбушев, К., „Съвременни методи за прогнозиране на надеждност на електронните и механични елементи“, гр. Д. Митрополия, 2016 г.
- [7] Камбушев К. М., Йонков, Хр. Б., „Особености при прогнозиране на техническо състояние на авиационно оборудване“, гр. Д. Митрополия, 2017г.
- [8] Камбушев, М. Нелинеен модел на движение на летателен апарат. АДП, 2009 г.
- [9] Камбушев, М. Синтезиране и изследване на математични модели за малагабаритни безпилотни летателни апарати, Д. Митрополия, 2019 г.
- [10] Лысенко Н. М. Динамика полета. София, 1977 г.
- [11] Маджаров А.Н., Жироскопи и инерциални навигационни системи, Д. Митрополия, 2000г.
- [12] Маджаров А., П. Тодоров, Структура и приложение на глобалните навигационни системи NAVSTAR и ГЛОНАСС, , Д. Митрополия, 2004г.
- [13] Пътов В., Авиационни прибори, датчици и навигационни системи част I, София, 1977.
- [14] John Billingsley. Essentials of Mechatronics. A John Wiley & Sons, Inc. 2006
- [15] Stevens B.L., Lewis F. L. Aircraft control and simulation. John Wiley&Sons, 2003
- [16] Design of an Extended Kalman Filter for UAV Localization: [Електронен документ]. - <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4252506> – изтеглен на 12.12.2019 г.

СРАВНЕНИЕ НА МАНЕВРЕНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУ УЧЕБЕН САМОЛЕТ PILATUS PC-9М И УЧЕБНО-БОЕН САМОЛЕТ L-39ZA ALBATROS

Полина Петкова

ВВВУ „Г. Бенковски“

гр. Долна Митрополия, България

e-mail: polipetkova66@gmail.com

Илиян Абулибде

ВВВУ „Г. Бенковски“

гр. Долна Митрополия, България

e-mail: iliyanananan@gmail.com

Мартин Камбусhev

ВВВУ „Г. Бенковски“

гр. Долна Митрополия, България

e-mail: m_kambushev@yahoo.com

Резюме: В този документ са описани основните маневрени характеристички на учебен самолет Pilatus PC-9M и учебно-боен самолет L-39ZA Albatros. Чрез сравнение на основните им параметри и типа двигатели са представени предимствата и недостатъците на двата самолета. Описани са целите и задачите, изпълнявани с двата типа самолети.

Ключови думи: самолет L-39ZA Albatros, самолет Pilatus PC-9M, характеристики, параметри, PT6A-62, AI-25TL

I. Увод

Pilatus PC-9M е учебен самолет - моноплан, с ниско разположено крило и двуместна кабина с последователно разположени седалки. Оборудван е с турбовитлов двигател PT6A-62.



Фиг. 1. Pilatus PC-9M

Самолет PC-9M разполага с модерно и надеждно авиационно [7, 8, 9] оборудване в сравнение с останалите летателни апарати на въоръжение във ВВС на Република България.

Преминавайки през летателната програма на Pilatus PC-9M летците придобиват навици за полети на модерните бойни самолети от ново поколение, които предстои да постъпят на въоръжение във ВВС на Република България. Вградената модерна система за видеозапис на полета и следполетен контрол позволяват многократно възпроизвеждане на полетното задание по време на разборите на земята и осигуряват по-добра подготовка за следващия полет.

L-39ZA Albatros е учебно-боен самолет. Този самолет е с един реактивен двигател AI-25TL, двуместен, дозвуков. Главната мисия на самолета е основно и

усъвършенствано обучение, както и изпълнение на типове атаки по цели.

Въоръжение:

- оръдейно – контейнер с 23-mm двучевно оръдие ГШ-23Л;
- ракетно – на пилони под крилото и тялото блокове с НУРС;
- бомбово – бомби с обща маса до 1053 kg.



Фиг. 2. L-39ZA Albatros

Целта на този доклад е да сравни двата самолета и да изтъкне положителните им страни. Pilatus PC-9M осигурява нуждите на авиацията за първоначално обучение на кадри, които да придобият знания и уверено да запазват контрол върху самолета независимо от метеорологичната обстановка, отказа на авиационната техника или вида подготовка, през деня и нощта.

L-39ZA Albatros се явява като следваща стъпка за усъвършенстване на уменията в пилотирането и доближаването до изстребителната авиация.

Полетът представлява низ от грешки, с които летецът трябва да се справя. Pilatus PC-9M позволява допускането на по-голям диапазон от грешки преди ситуацията да стане необратима. Докато L-39ZA Albatros изисква непрекъснат контрол на параметрите на полета и предприемането на незабавни действия спрямо създалата се ситуация.

Това е причината, L-39ZA Albatros да не се препоръчва за първоначално летателно обучение, когато летецът още не е придобил основни навици, не е затвърдил техниката на пилотиране и неправилно

разпределя вниманието си. Затова летателната програма включва и двата самолета, но в точно определена последователност, като първо се започва с Pilatus PC-9M и след това се преминава на L-39ZA Albatros.

II. ОСНОВНИ ДАННИ ЗА САМОЛЕТ PИLATUS PC-9M:

A. Общи сведения

Основните части на конструкцията са изпълнени от алуминиева сплав. Всички елементи имат антикорозионно покритие. Противопожарната преграда на двигателя PT6A-62 [3, 4] е лист от неръждаема стомана. Стомана и леки сплави са използвани за закрепване на такива елементи като колесника, опашните плоскости, кормилата и др.

B. Основни параметри на самолета

ТАБЛИЦА 1 ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ PИLATUS PC-9M

| | |
|---|------------|
| Разпереност на крилото | 10.190 m |
| Дължина | 10.137 m |
| Височина | 3.260 m |
| Коловоз на колесника | 2.540 m |
| База на колесника | 2.312 m |
| Разпереност на хоризонталния стабилизатор | 3.664 m |
| Ширина на тялото | 0.972 m |
| Диаметър на витлото | 2.438 m |
| Приблизителна маса на празен самолет | 1753 kg |
| Максимална приборна скорост на полета | 592 km/h |
| Максимално число M на полета | 0.65 |
| Максимално претоварване | +7 до -3.5 |
| Практически таван | 7620 m |

III. ОСНОВНИ ДАННИ НА САМОЛЕТ L-39ZA ALBATROS

A. Общи сведения

L-39ZA Albatros е нископлан [1, 2] с нормална аеродинамична схема с право, трапецовидно крило с фиксирани горивни резервоари в края на крилото. Самолетът разполага с триопорен прибиращ се колесник.

B. Основни параметри на самолета

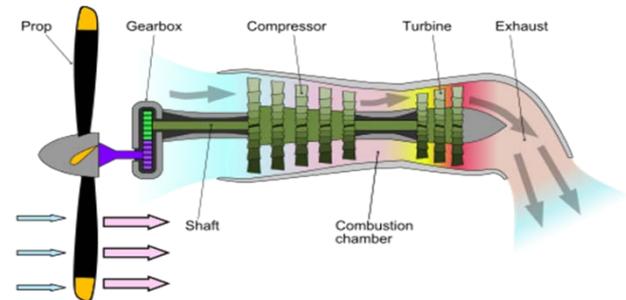
ТАБЛИЦА 2 ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ L-39 ALBATROS

| | |
|--------------------------------------|----------|
| Разпереност на крилото | 9,46м |
| Дължина | 12,13м |
| Височина | 4,72м |
| Приблизителна маса на празен самолет | 3600кг |
| Максимална маса | 4600кг |
| Максимална маса при излитане | 5600кг |
| Максимална маса при кацане | 4800кг |
| Максимална приборна скорост | 910км/ч |
| Максимално число на Мах | 0,8 M |
| Максимално претоварване | +8 до -4 |
| Практически таван на полета | 12000м |

IV. СРАВНЕНИЕ МЕЖДУ ДВИГАТЕЛИТЕ PT6A-62 И AI-25TL

A. Двигател PT6A-62

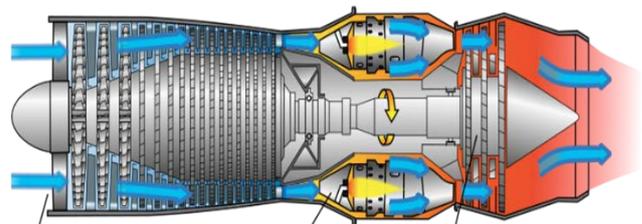
PT6A-62 е турбовитлов двигател [6] с мощност 1150 конски сили. При турбовитловите авиационни двигатели [5] изходящата струя не е основна за задвижването на самолета, тя се използва да задвижи винт с четири лопати, които създават подемна сила. При този тип двигатели коефициентът на полезно действие е по-голям. Въпреки това не могат да се развият големи скорости и ускорението е по-малко. Следователно, витловият двигател задвижва голяма маса от въздух, но по-бавно.



Фиг. 3. Двигател PT6A-62

B. Двигател AI-25TL

AI-25TL е реактивен двигател, основната му съставна част е газова турбина. Действието му се основава на изгарянето на смес от подаван под налягане въздух и гориво. Получената при изгарянето топлина разширява газовната смес и излиза от двигателя с голяма скорост, като създава реактивна тяга.



Фиг. 4. Двигател AI-25TL

Витловият двигател задвижва голяма маса от въздух бавно, а реактивният – малка маса от въздух бързо.

V. ИЗВОДИ:

- Pilatus PC-9M е турбовитлов самолет, който служи за първоначално летателно обучение. Този самолет е високо маневрен и с голяма тяговъоръженост, което му позволява изпълнението на много фигури и маньоври от сложния пилотаж.
- L-39ZA Albatros е реактивен самолет, чиито особености идват от този факт. Възприемствеността на двигателя му е по-малка отколкото на Pilatus PC-9M, поради което трябва по съвременна работа с ръчката за управление на двигателя.

- Целите, които изпълняват двата типа самолети са различни. Pilatus PC-9M има за цел да научи летеца на първоначални навици, а именно управление на самолета при различни условия и изпълнение на определени задачи. L-39ZA Albatros усъвършенства вече придобитите умения и подготвя летеца за отлично изпълнение на бомбопускания и въздушен бой.
- Преминаването на двата типа самолети в определена последователност гарантира успешното реализиране на летеца, като отличен професионалист.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ордена трудового Красного знамени, Военное издательство Министерства Обороны СССР Москва 1976, "ИНСТРУКЦИЯ ЛЕТЧИКУ САМОЛЁТА Л — 39".
- [2] "Flight Manual L-39 Aircraft", provided by Czech Jet, Inc.
- [3] "Aircraft Flight Manual" TO 1T-BUAF-1AFM.
- [4] „Аеродинамика и динамика на полета на самолета“, Д Гешев, С. Узунов, В. Савов, К. Димитров.
- [5] „Авиационни двигатели“, Висше Военно Въздушно Училище „Г. Бенковски“.
- [6] „PC-9M в българските ВВС“ статия от сайта rap.bg
- [7] Йонков, Хр. Б. Прогнозиране на експлоатационната надеждност на възстановяеми обекти от авиационното оборудване. Годишна международна научна конференция на факултет „Авиационен“, 11 -12 април 2019 г., гр. Долна Митрополия, ISBN: 978-954-713-123-1 (CD/DVD).
- [8] Йонков Хр. Б. Алгоритъм за прогнозиране на техническото състояние на обекти от авиационното оборудване, Сб. Доклади от Научна конференция 2011 "50 години от полета на първия човек в космоса", Том 1 стр. 16–25, Д. Митрополия 2011 г., ISBN: 978- 954- 713- 101- 9.
- [9] Йонков Хр. Б., Станчев Ю. Ст. Алгоритъм за прогнозиране надеждността на обекти от авиационната техника, Сборник доклади на Юбилейна научна сесия 21-22 април 2005 г., "120 години от Съединението", Том 1, Долна Митрополия, стр.79 – 89., ISBN:954-713- 071-4 (т.1).

OPERATING STATION FOR CONTROL AND MONITORING OF TACTILE TOOLS WITH APPLICATION IN MINIMALLY-INVASIVE SURGERY

Veronika Ivanova
 Institute of Robotics
 Bulgarian Academy of Sciences
 Sofia, Bulgaria
 e-mail: iwanowa.w@abv.bg

Ani Boneva
 Institute of Information and
 Communication Technologies
 Bulgarian Academy of Sciences
 Sofia, Bulgaria
 e-mail: a.boneva@isdip.bas.bg

Ivilin Stoianov
 ISTC-CNR
 Padova, Italia
 e-mail: ivilin.stoianov@gmail.com

Abstract: The main target of this work is to design an operating station which has to be a compact, convenient, simplified, with good possibilities and suitable for control and monitoring of a group of tactile instruments. In difference to other software platforms the presented operation station possesses some advantages the main of which is a hierarchical structure with more than one interpreter, every one of each poses an own set of operators and addressing space. As a result of this a control process and monitoring of the group of tactile tools is fast and easy. The computer program is designed to control several laparoscopic instruments which can work together or individually.

Keywords: operating station, laparoscopic tool, minimally-invasive surgery, laparoscopy, robots, control process

I. INTRODUCTION

The purpose of the operating station is to be a basic tool for the building of user interfaces, process monitoring and forming corrective actions. According to the requirements of the controlled processes, the operating station software must possess capabilities for real-time processing, be able to work in multitasking mode and have tools for graphical visualization. Typical architecture of operating station is shown on Fig. 1 [1].

There are a number of software platforms that are useful for building operating station structures and functions. A similar platform has been described in [2].

The way the managing software package is organized influences the movements, the work, the accuracy and the conduction of the experiments, the visually clear comprehensions of the receive results and the possibilities for their easy and unambiguous interpretation, comparison and analysis. In this article Operating station, based on the use of Tcl/Tk under Windows is shown [3, 6]. A Tcl/Tk based program for control and monitoring of tactile tools with application in minimally-invasive surgery was developed. The program is designed for work with four different tactile instruments, such as diagnostics, therapeutics instruments and etc. This program includes information about various measurements of the surgical tool tip- surface contact interactions and data obtained from the system that is used to find the difference between data from previous measuring and received information in real time. Another significant advantage of the proposed program solution is the graphical visualization of the measuring and comparing of the results. Therefore the surgeon can give an

adequate command to force interaction between the instrument and tissue. For verification of the functionality and working capacity of the experimental module with force feedback capabilities for robots were conducted different experiments with the designed operating station.

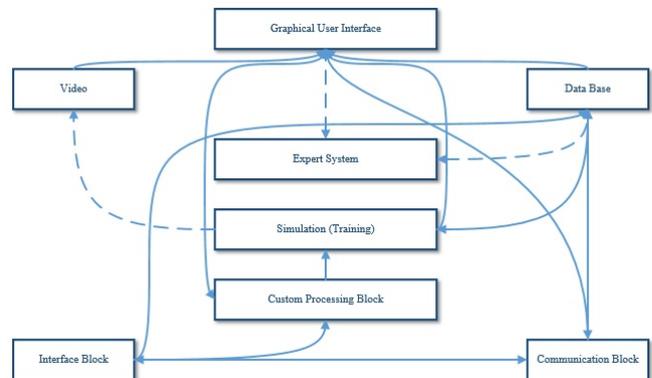


Fig. 1. Typical operating station architecture [1]

II. DESCRIPTION OF WORKING WITH AN OPERATING STATION

The operation station includes a graphical user interface that uses variety of graphical tools to allow the operator full control over the managed object. The operator can use program buttons, sliders, data entry, graphical and visualization tools, mode selectors and etc., all embedded into two dialogs windows which are supported by the operating station. They depend on the functionality. Windows are specified for different type of tactile instruments.

In these paper the graphical user interface for an experimental device with four tactile tools is shown. The interface is designed for control and monitoring of tool-object force interactions.

A. Operations with embeded grapical instruments.

Working with a local operating station includes parameters setup of a linear actuator, an observation of a tool-object interaction area and control of the operator actions.

Setup is realized by graphical user instruments, which are included in Control Panel – Scan Time in ms, Step Time in Scan Periods, One Click Steps (Manual), Tension Low Limit



for S1 g, Tension High Limit for S1 g, Tension Limit S2 g and Step Limits steps.

The operations related to the measuring characteristics of the object are performed by program buttons of Control Panel- Motion(Start/Stop), Step and Force (Forward), Step and Force (Backward), Mode (Auto/Manual), Start Control Machine/ Stop Control Machine [4], [5].

Measuring results can be graphically visualizations in Dynamic Measurement Graph and Measurement Graphic, and an Automatic Control table. These results are saved in date base – DTBS SAMPLES and DTBS RESULTS, for comparative and final measuring files.

Video Control is used to visualize the tool – object area interactions. Visualization is activated by program buttons– Stop. Video image and 1 Step. Video image (this is done in the presence of a nano-camera on a wireless television channel). This will be realized and included in a future project.

The control effects of the controller on the linear actuator-steps, are written in text box History, with a possibility for save as file, written in folder Archives – which is a subfolder of the basic folder Laparoscopy.

There is a possibility for remote transmission of visual (from Dynamic Measurement Graph, Measurement Graphic, Video image) and text (from Automatic Control) information by protected e-net channel to remote server. This is activated by button - Remote TCP Access Enable (This function will be realized and included in a future application).

The operator' actions when conducting research on the object using tactile instruments

B. Start up of a program package.

Start up of a program package for control of tactile tools is realized by activation of laparoscopy.exe from the folder laparoscopy.

This folder includes a text file with a name go.run, and an information:

```
c328.tcl
38400
9
111.111.111.111
60000
veronica
doctor
e:/dtbs_laparoscopy
```

The first row shows the name of the first file, that is processed by Tcl/Tk interpreter.

The second and the third sequentially definite BAUD RATE and the number of the port which are used by USB virtual machine to connect to the wireless coordinator.

The fourth row includes IP address of remote server.

The fifth row indicates the port number that the above server serves.

The sixth row includes the operator's name (username) who has accesses to this server.

The seventh row contains the password to assess the server.

The eighth row consists the base date address that is used by tactile tools and supporting by the operating station. This folder is automatically created in the specified disk and address, after the program starts. If it has already been created the information in it is saved.

Work modes of a local operating station.

The program is implemented in two different variants- simulation and real, with common operator interface.

- In the first case- simulating working mode, the work of the tactile tools is simulated by software generated measurements–with sensors S1 and S2, values of applied force, formed by reaction of tool-object interaction. These values are calculated by the formula:

$$F = \langle \text{number of steps} \rangle * 3.75 + 15 * (0.5 - \text{random} ()), \quad (1)$$

Where:

F is measured in grams (0-1500);

$\langle \text{number of steps} \rangle$ are steps of motor, from starting of the moving (after click on Start);

The two sensors receive values in the same way during the simulation, with the control reporting, as feedback, the values of S1, while S2 is only measured and recorded;

In simulating mode, the first and eight row must be filled in the configuration file, but the rest of the rows must exist (they may be only text).

- In second case - real working mode, a USB network coordinator needs to be connected to the PC port implementing the operating station. It must be at least one tactile tool in the range of the radio signals which are generated by the coordinator. Real working mode assumes that all rows of file go.run are filled in correctly.

C. Operations of the operator with the operation station after start up

The initial dialog box is activated after starting of command file- Laparoscopy.exe, included in the local folder of the Lokal operating station–Laparoscopy. After start up, a dialog box appears on the screen, it is shown on Fig 2.

On the left side it is included a Control Panel with following graphical instruments:

Four individually selectable buttons (Laparoscope Instrument Selection), that determine the address of the instrument to be used and communicated. Only one instrument can be selected at a time. Every one instrument is connected to an unique radio-button, as a specific correspondence between the type of instrument and a

number of radio-button is indicated in a configuration file go.run from a main folder Laparoscopy. The operator should then perform following steps:

D1. The interval for scan of both sensors in milliseconds is set up in the field Scan Time in ms. This interval determines the time between two consecutive reports, by embedded ADC into the microcontroller, for each of them its canals, connected to this sensors-ADC0 and ADC1. The information is stored in corresponding arrays, with a length specified by the Step Time in Scan Periods parameter, which field can be updated by the operator if desired. The last field specifies the interval between two steps of the stepper motor, expressed in scan periods of the sensors.

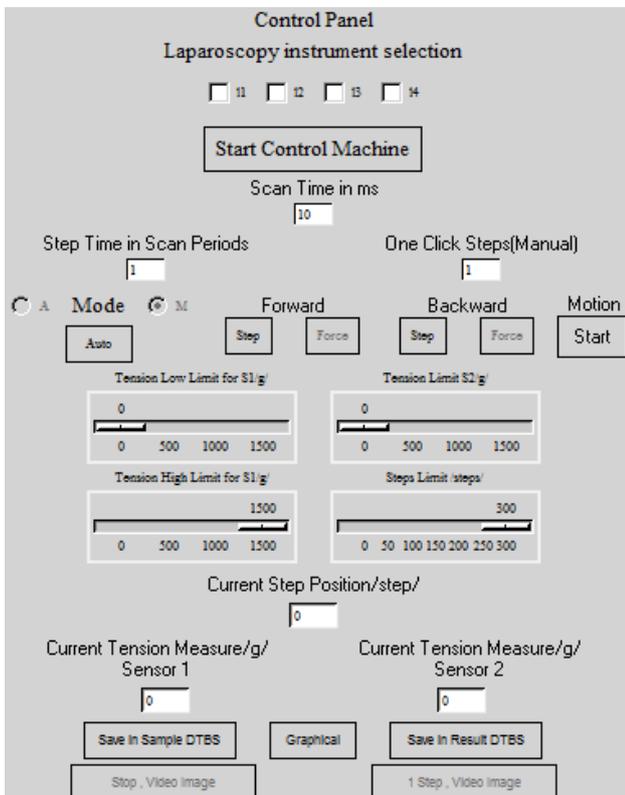


Fig. 2. Control Panel of the Operating Station

The value entered in this field must not be over 64.

Normal operation of the mechatronic tool implies the formation of a sequence of displacements of its slider, realized through oriented steps of its linear actuator. Each step is initiated after receiving a command with the appropriate parameters from the wireless coordinator in which the instrument is included. Linear moving in one step performance is 0.049 mm. After each step, the linear actuator hardens (sliding backwards is not possible). As a result of the step, a force deformation effect on the investigated object is indicated and it reacts with an opposite force. This Force is measured by a sensor S1 (and S2). For this purpose a number of consecutive measurements are made, at an interval determined by the content of Scan Time in ms. This number is determined by the content of Step Time in Scan Periods. When all measurements are realized - Step Time in Scan Periods is finished, the average value is calculated for this

period for each of sensors. After that these values are recalculated in grams and the tool sent a response message to the coordinator-if the step command is executed.

D2. The number of steps in a single step block is set up in a field One Click Steps (Manual). Step block includes a sequence of steps in one direction, the commands of which are sent by the coordinator to the instrument, after click on the Step button. It is used in (Manual) mode. Regardless, a step block may include more than 1 step, each step of the block is activated with a separate command sent by the coordinator only if he received a response message from the previous command (to activate a step). In this way, it is possible for each step of the block to form a response (feedback on the operation of the control), whether it is internal to the block. If after executing of one step it is necessary that the next ones are not executed, in this case the operating station simply does not send commands for their activation to the network coordinator.

D3. Set parameters of the examined area of the object. It is the area, in which the measurements generated by accomplished steps are made. The data from these measurements are displayed as text in a table (Automatics Control) and graphical (in Dynamic Measurement Graph), at the time of receive in an operating station. The parameters of the examined area of the object are set with the sliders of the four objects of scale type: Tension Low Limit for S1 g defines the beginning of the area (where the value of sensor S1 is overall the Tension Low Limit defined by slider for S1 g). After that point, the measurements from the next steps are displayed in a table (Automatics Control and Dynamic Measurement Graph). The step at which this event happened, is defined as 0 step, and next steps increase by one incrementally.

- Tension High Limit for S1 g defines the end of the area (after the value of sensor S1 over that set value by the slider). The following steps are prohibited in a given direction;
- Tension Limit S2 g does not used at this work;
- Step Limits - steps is a scale, which sets the allowed steps toward the object into the working area. When the indicated value is more than the number of steps in the working area, the steps in this direction are prohibited.

D4. The operator activates motion of the instrument. It is realized by button Motion, which is similar to the Start/Stop button. When the Start button is activated, the button turns red, that means, that the motion is allowed. When Stop is active then the button is in light gray and motions are prohibited .

D5. The operator chooses a type of motion. This is realized by the button „Mode”. The button includes- Manual/Auto. It allows the operation with pair of identical buttons- the first marked as Backward, the second as Forward. Selecting „Manual, allows only the work with those buttons, marked with Step –one for everyone direction. Selecting Auto allows only the work with button Force marked – one for everyone direction. On both side of the button Mode are situated two radio- buttons, which are

marked as A and M. The current state of button Mode (A-Auto, M- Manual) is indicated by activate one of them.

Mode is basic function with two possibilities Auto mode and manual mode. In Auto mode, Force buttons are enabled, and Step is disabled. Pressing Force button it is accomplished a continuous sequence of steps in the specified direction, taking into account the following limitations: when the linear actuator is positioned outside the work area, Force does not work; Force is running at the moment when the workspace is reached, the Mode state changes automatically from Auto to Manual.

Motion is a control program button with two alternative states: Start and Stop. It allows and prohibits the movements (insertion and retraction linear)-of the instrument. The movements are forward and backward.

There is a difference in the implementation of movements activated by buttons from Forward group and Backward group. Movements in the first group generate manually or automatically blocks of steps until they reach the examined area, after that the manual mode is automatically switched and the next steps can be activated with a Step button only. After entering into the examined area, the step numbers,(included in a block), starting with 0, increasing incrementally by 1 for each step of the block, until leaving this area or click on Stop of a Motion button .

Motions in the Backward group can be started at any time and are running until click on Stop of a Motion button. In these movements, the step numbers decrease by 1 for an everyone accomplished step that are included in the block. It is also possible to obtain negative values for a step number. The movements generated by the Backward group interpret the retraction of the mechatronic tool slider from the examined area.

To start movements, the operator must activate the state machine controlling the processes (click on a Start Control Machine button). After activation, the button is colored in red, and a Stop Control Machine inscription appears on it. The button acts alternatively – a second press on it turn off the machine and the button is colored in light gray (the Start Control Machine inscription appears on it) .

After starting of the state machine by the click on the Start Control Machine button, the right part of the screen is reformatted - four new graphic objects appear- in a table with tree columns (Automatic Control), writing the number of the step and the values of the two sensors and a graphic (Dynamic Measurement Graph) for the measurements by a sensor S1, for everyone current step completed in the examined area. The operator receives real-time information for the measurements from this objects which are filled in real time. This information is stored in one of the two date bases (sample or result) that are supported by the operation station. The other two graphic objects present in text-box the current content of the latter, with the ability to select the desired files from them for possible visualization and comparison.

Information from measurements of the two sensors and the number of the current step performed by the linear

actuator is displayed in the fields Current Tension Measure-Sensor1, Current Tension Measure- Sensor 2 and Current Step Position during the execution of each moving.

D6. It is assumed that the operator received visual information about the examined object on the field (Dynamic Measurement Graph). It has active a Stop station from the Motion button. It has deactivated the status machine by click on Stop Control Machine. To save information from the examined area into a file included in one of the two databases, it must click on one of the buttons - Save in Sample DTBS or Save in Result DTBS. After the saving is complete, the text box header corresponding to that database will contain a number incremented by 1. The operator can display the names of these files and select a file for graphical visualization with the text box slide. It is possible to select one or two files, 1 from each database. Selecting is done by clicking on the element, including the name of the file. The element includes the name of the file is colored in grey.

D7. When the Graphical history is activated then a comparative graphic is drawn with the selected files on the field - Dynamic Measurement Graph. This file can be restored and initialized for next measurement after click on Start Control Machine button.

A secondary dialog screen – on Fig. 3, is activated after clicking on the Start Control Machine button. Left side of the panel consists the same instruments as previous. On the right side the new instruments are included.

These instruments are designed to visualization and set up of the work of the tools in the process of measuring and date analyzing.

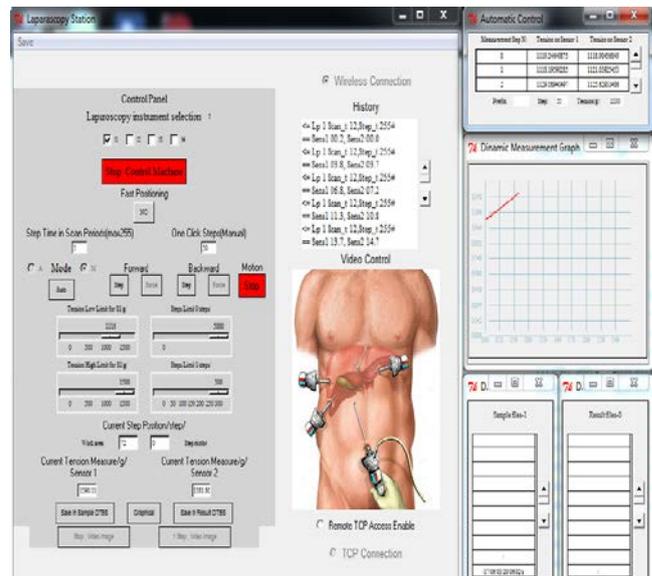


Fig. 3. Secondary dialog screen

III. EXPERIMENTS AND RESULTS

The results showing work of a device are:

- search contacts;

- registering the force interaction of THE tip tool with a surface;
- accounting for the interaction force, plotting the obtained results;
- comparing the results with other results stored in PROGRAM.

The following experiments were conducted. Measurements with a human tissue sample which are shown on Fig. 4. The instrument is set up as follows: Force is 0.98 N. A number of steps: 300. the length of micro-step is: 1/2, Which is equal to 24 micrometers. The step of the motor is shown on the axes X, Measuring force is shown on the axes Y. Force minimum is 0.45 N. measuring from 0 to 100 steps and from 170 to 300 steps, Force maximum is 1.94 N. in 100 steps. At this experiment the amplitude is 2.35 N. The average force is 1.21 N.

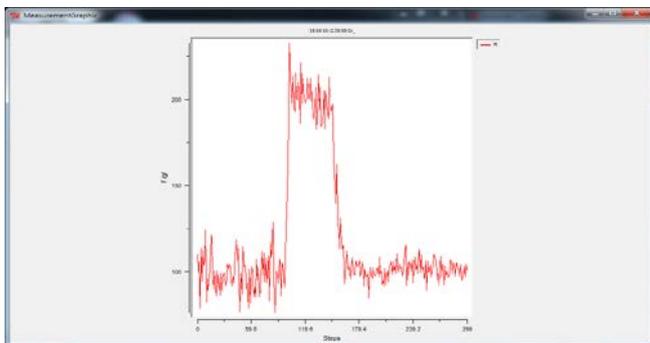


Fig. 4. Results from measurement with a human tissue

On the Fig.5. and Fig. 6 are shown results from measurements, that are accepted for simples and stored into the program.

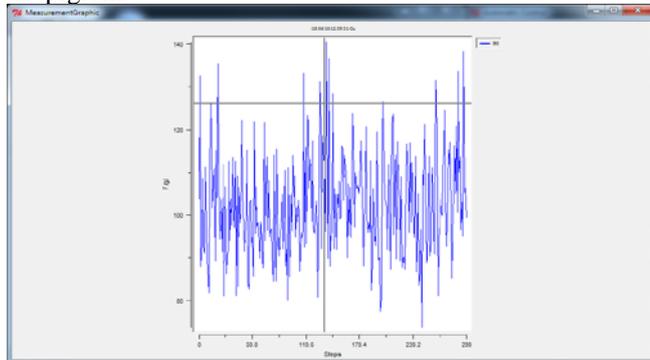


Fig. 5. Results from measurement with sample 1

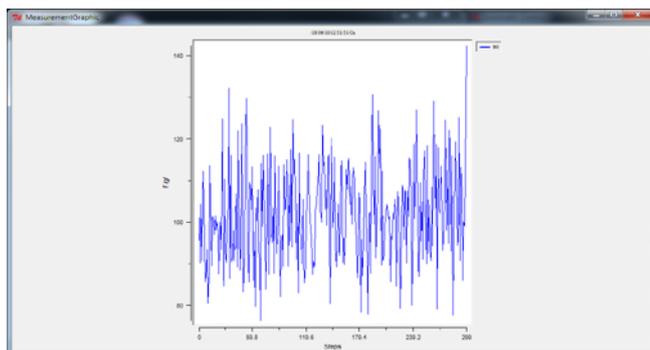


Fig. 6. Results from measurement with sample 2

The step of the motor is shown on the axes X, Measuring force is shown on the axes Y. Result from measurement with sample 1 are – Force minimum is 0.45 N in step 210, Force maximum is 1.35 N. in step, amplitude 1.270 N. Result from measurement with sample 2 are –Force minimum is 0.005 N. in a step 200, Force maximum 1.45 N in a step 120, an amplitude is 1.37 N. An average value of the force is 0.72 N.

Human tissue graphic compared to Sample graphics is shown on Fig . 7. The step of the motor is shown on the axes X. Measuring force is shown on the axes Y. Force minimum is 0.045 N., Force maximum is 0.245 N,an amplitude is 2,36 N.

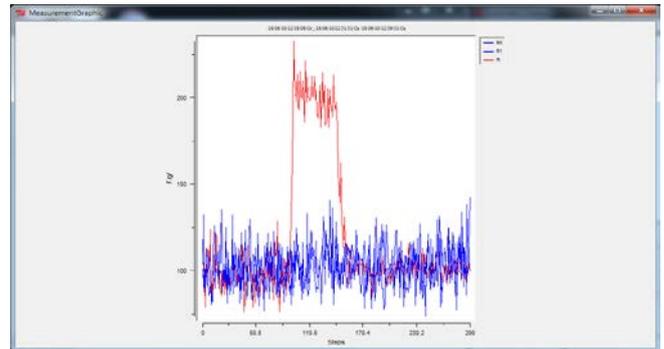


Fig. 7. Comparative graphic, human tissue- samples .

The conducted experiments demonstrate a principle of work of this operation station.

IV. CONCLUSINS

The presented operating station of mechatronics instruments can control and measure force and deformation of tissues and other tools –objects force interactions. The operating station provides a graphical user interface and has abilities for monitoring and setting remote control parameters. It is possible for an external computer to be connected to the gateway using a usb channel. By means of a special set of commands, it can control and monitor the instruments on the network without an operating station.

Measurements are conducted to demonstrate the principle of the work with this operation station. The program searches a contact, finds a contact tool, measures the tool-object interactions and results are graphically displayed. This station will help provide realistic date for surgical simulations.

REFERENCES

[1] V. Ivanova, A. Boneva, Y. Doshev, S. Ivanov, P. Vasilev, "Multifunctional Operating Station Based on Tcl/Tk and its Applications", Proceedings of the 6th IEEE International Conference "Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering" (BdKCSE'2019), Sofia, Bulgaria, IEEE, Electronic ISBN: 978-1-7281-6481-6, Print on Demand (PoD) ISBN: 978-1-7281-6482-3, 27 February 2020, pp. 1-7, DOI: 10.1109/BdKCSE48644.2019.9010662, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9010662>

[2] S. Ilchev, R. Andreev, Z. Ilcheva, "HybridNET Management and Sensor Data Acquisition System", in IoT 2017: 7th International Conference on the Internet of Things, Linz, Austria, ACM Digital



Library, ISBN: 978-1-4503-5318-2, DOI: 10.1145/3131542.3140268, October 22-25, 2017, pp. 32:1 - 32:2..

- [3] Tcl/Tk program, <https://www.tcl.tk/> (last visited 04.04.2020)
- [4] V. Ivanova Z. Ilcheva, D Bachvarov, A. Boneva., “Control system and software package for an experimental module with force feedback capabilities”, Proceedings in Manufacturing Systems, Romanian Academy Publishing House , Vol. 13, Issue 1, ISSN 2343-7472, ISSN_L 2067-9238, 2018, pp 3-10, www.icmas.eu
- [5] D. Batchvarov, A. Boneva, Z. Ilcheva, S. Angelov , V. Ivanova, “Tools for control of mechatronic objects using the wireless network stack uMAC”, Proceedings for International Conference AUTOMATICS AND INFORMATICS’2017, 4-6 October 2017, 2. Session: Robotics and Mechatronics, ISSN 1313-1850, CD: ISSN 1313-1869, John Atanasoff Society of Automatics and Informatics, Sofia, Bulgaria, 2017, pp. 77 – 80
- [6] R. Hipp, Mktclapp A Toll For Mixing C/C++ with Tcl/Tk, Charlotte, NC, 1999

ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНОЛОГИЧНИ ФАЗИ НА РАЗВИТИЕ И ТЯХНОТО ВЛИЯНИЕ ВЪРХУ СТРУКТУРАТА НА МЕХАТРОННИТЕ СИСТЕМИ

Панчо Томов
Технически Университет – София
София, Р. България
e-mail: pkt@tu-sofia.bg

Резюме: Техническото развитие засяга всички области на стопанския и обществен живот, а основа на това развитие са технологичните иновации. Най-често то се разглежда в контекста на глобалните технически иновационни решения, проблемните стратегически интереси на индустрията и др. То е свързано и с възможността да се произвеждат и разпределят стоки и услуги, използвайки материални и нематериални ресурси, разположени в различни части на света регулирани със световни стандарти, норми и интелигентни системи. Вече се използват наднационални организационни структури, които не се идентифицират с една единствена национална територия, а формират световна технологична стратегия. С други думи това е процес на преход към по-интегрирана световна система на знанието, която води до съществени изменения в световното развитие. Целта на настоящата статия е да се проследи това иновационно развитие и изследва въздействието му върху индустриалните дейности през различните фази на техническия прогрес.

Ключови думи: *Техническо развитие, технологични иновации, индустриални революции*

I. СЪЩНОСТ НА ПРОБЛЕМА – ТЕХНОЛОГИЧНО РАЗВИТИЕ

Всички извършени от човека промени, на които светът става свидетел са резултат от тенденцията да се търси нещо ново и различно. Новите идеи в света нямат ограничения, но когато тези идеи са в обхвата на технологични дадености и създават стойност, се получава технологична иновация. А понастоящем светът преминава от една индустриалната епоха в по-висока епоха на базата на знанията. Всички източници на технологично предимство на фирмите са свързани с натрупване на знание и превръщането им в иновации. Потребностите от знания са вече вътрешна необходимост за психиката на човека, която постоянно адаптира изменящото се несъответствие между готовност за използването на знанията и условия за приложението им в продукти, процеси и др. Формира се нова човешка потребност от знания, дефинираща двете фази - на изява и възможност. Това е смяна на концепция, или модел, но с по-високо качество и потребителска стойност. Промяната се отличава със своята всеобхватност и особено със своята динамика. Щом новото, или иновацията характеризират нашето време обяснимо е и появата на нова научна проблематика, или иновативната проблематика. Иновацията е източник на промяната и тя става фактор за развитието на обществото, за неговият стабилен просперитет, а обновяването става, когато нещо старо се

заменя с ново. Разгледано в контекста на съвременната производствена концепция технологичното обновление се явява като едно относително понятие, което не може да отговори както като съдържание, така и като същност на новите глобални реалности. В основата на това обновление стоят иновациите (Изобретения и открития), а иновационното развитие започва да създава една нова област на приложение, състояща се в постепенно обединяване на виртуалния и реалния свят. Това означава, че нарастващото динамично и сложно развитие на технологиите ще започне да бъде овладявано и управлявано по-добре. Целта е произведеният продукт да бъде ефективен и конкурентноспособен, за да удовлетвори бизнес изискванията, както на производителите така и тези на пазара.

II. ТЕХНОЛОГИЧНИ ФАЗИ НА РАЗВИТИЕ

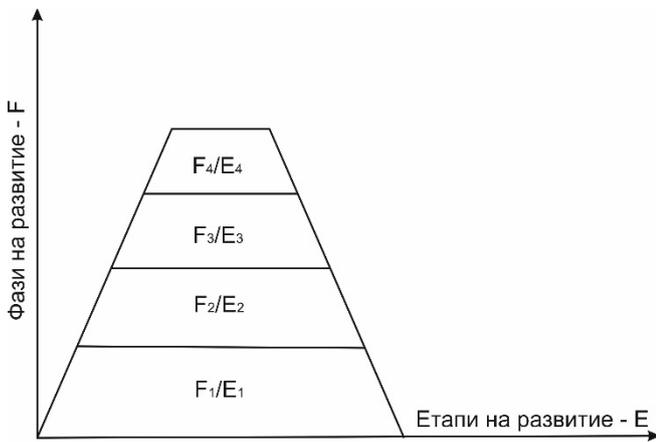
Технологичните фази на развитие дефинират различни отрязъци от време през което се създават глобални иновации (Открития и изобретения). Те се проявяват в създаването на нови качествено различни технически средства и системи за преобразяване на света и премахване на всички видове човешки труд (тежък, вреден, монотонен и интелектуален) като го заменят с механизирани, автоматизирани и изкуствен интелект.

Първата технологична фаза е свързана с механизация, задвижвана посредством вода и пара и е в резултат от откриването на парния двигател и механизиранието на ръчния труд в края на XVIII век. Достигнатото техническо ниво е това на механиката и механичните системи.

Втората технологична фаза включва рационализиране на производствените дейности с прилагане на електрическа енергия и масовото производство. Това означава прилагане на поточни линии (Форд, Тейлър) и използване на електрическа енергия в началото на XX век. Тя адаптира механичните системи и ги надстройва с електричество и електро системи, с което дефинира и съответното техническо ниво за това време.

Третата технологична фаза е т. нар. компютърна, с използването на електрониката и информационни технологии за по-нататъшно автоматизиране на човешкия труд. От своя страна тя също включва предходните технологични фази и достига определено техническо ниво на развитие.

Четвъртата технологична фаза е от края на 20 век и продължава към момента. След механизирание, електрификация, компютързация започва нова технологична фаза. Тя е свързана с прилагането на т. н. кибер системи и изкуствен интелект. На фиг. 1 е показана връзката между отделните технологични фази и етапи на развитие.



Фиг. 1. Връзка между фази и етапи на развитие

Където:

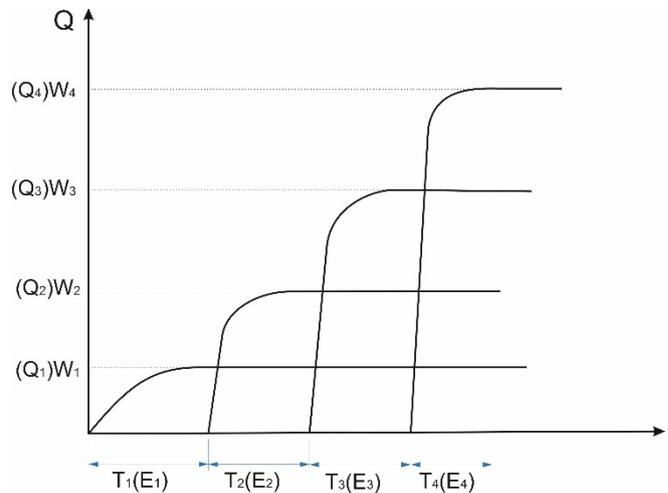
F 1, F2, F3 и F4 за съответните фази.

E1, E2, E3 и E4 са етапите.

III. ЕТАПИ НА ИНОВАЦИОННО РАЗВИТИЕ.

Всека една от тези технологични фази включва определени етапи от време през което тя дефинира най-високо техническо ниво за времето. Отделните етапи характеризират достигнатото техническо ниво на развитие което се измерва с достигнатото ниво на обществената производителност. Отчитането на тези дадености като обществената производителност, която характеризира качествена страна на иновационното развитие позволява да се разкрие не само механизма на неговото влияние върху показателите за ефективността, но и влиянието му върху различните страни на стопанския живот. Или как отделните фази на технологично развитие и достигнатото техническо ниво са влияели върху обществения живот. Между производителността като достигнато световно равнище и техническото развитие съществува определена зависимост. Тя се изразява в достигнатите технически степени на развитие, отчитащи разликите в съответните нива и повишаването на производителността. Показателите, определящи производителността и техническите нива, са тясно свързани и взаимно зависими, тъй като са дефинирани от технологичното развитие в даден момент, а то от своя страна е резултат от достигнатата производителност на техниката като степен на развитие на научно техническия прогрес. Физическата същност на тези зависимости се изразява в скъсяване периодите на създаване на нови технически решения, технологии, модерни конструкции, ноу-хау и т. н. и повишаване на тяхната производителност в абсолютно и относително измерение за всеки нов период. От това следва, че периодите на иновативно

остаряване на техниката стават все по-кратки във времето, а техническите нива - все по-високи за всеки следващ период. Това са обективни технически закономерности, които с технологичното развитие бележат ускорени стъпки за всеки следващ период. Етапите на иновационно развитие са показани на Фиг. 2.



Фиг. 2. Интегрирано АСУ на базата на информационни стандарти

Където:

Q – Обществена производителност.

W(F)- Техническо ниво (Фази на развитие)

T(E)- Време (Етапи на развитие)

За улеснение при по-нататъшното изясняване на проблема, ще групираме влиянието на тези фактори в няколко направления.

A. Въздействието на иновационното развитие върху технологиите.

Настъпващите изменения от приложението на нови технологии при всички случаи играят активна роля в производствения процес, вследствие на което постоянно се намалява относителния дял на старите технологични процеси, а заедно с тях и на използваните за тази цел машини и съоръжения. Влиянието на иновационното развитие върху техниката се поражда от усъвършенстване на съществуващите и конструиране на принципно нови машини, апарати и съоръжения. По предназначение и темпове на ръста на производителността им, те могат да се разделят на три основни групи:

- Машини и съоръжения със специални изисквания, предназначени за производство на еднородна продукция в масов мащаб;
- Машини и съоръжения, предназначени за изпълнение на разнообразна дейност, т. е. с универсално предназначение;
- Мехатронни и кибер машини и съоръжения.

В последните години се забелязва тенденция на силна унификация и стандартизация на елементите във възлите на машините на базата на модулен принцип. Целта е

създаване на условия за бърза компановка на машини с различно технологично предназначение, но с универсално предназначение.

Изследването на закономерностите на развитието и усъвършенстването на техниката със специално и универсално предназначение дава възможност да се определи периодът, в който може да се получи най-голям ефект от даденото поколение машини, предназначени за конкретен производствен процес, а едновременно с това и срокът за преминаване към производство на нови видове машини. Особено значение се придава и на модернизацията на техниката, с което се създава възможност за привеждане на показателите и техническите и параметри към съвременните.

В съвременните условия на ускорен научно технически прогрес значително се увеличи значението на това направление и проявлението му върху темповете и мащабите на иновативното остаряване на техниката. Реалната последица от това въздействие е увеличаване обхвата и сроковете на иновативно остаряване на машините и съоръженията, които се намират в експлоатация и бързото изменение на структурния им състав.

В. Иновационно развитие се изразява и в създаване на нови материали.

Те оказват активно въздействие за ускоряване иновативното остаряване на действащата техника. Това влияние се обуславя от широкото приложение на нови материали, сплави, пластмаси и други, пригодени за обработка на определен вид машини. От мащаба на тяхното използване в производството зависи делът на ненужната техника, която е пригодена за обработка на старите материали.

С. Развитието на техниката води след себе си и до съществени изменения в методите на нейната експлоатация.

От една страна имаме повишени изисквания към нейното обслужване и експлоатация, а от друга до усъвършенстване методите за изменение характера на труда и повишаване квалификацията на персонала. То е свързано с професионалната подготовка и усъвършенстване методите на повишаване квалификацията и обучението на нови специалисти. Съществени изменения настъпват в квалификационния състав на персонала, в резултат на което възникват голям брой нови професии, отпадат стари, като се изменя съотношението между отделните групи професии. Следователно обучението трябва да се извършва в две насоки:

- Кадри за експлоатация на тази техника в производствени условия;
- Кадри за развойната дейност;

От тази гледна точка особено остро се поставя въпроса с подготовката на технически кадри от рода на инженерите. Те трябва да бъдат подготвяни за работа в кибер среда. Това означава нови програми, нов подход за работа в нови условия.

От изложеното до тук може да се направи извода, че влиянието на иновационното развитие се глобализира, в резултат на което настъпва иновативно остаряване на техниката и изоставане на равнището на влезлите в експлоатация технологии от съвременните. Понататъшното използване на иновационно остаряла техника и технологични процеси води до определени загуби, размерът на които ще зависи от степента на това изоставане.

IV. ВЗАИМОВРЪЗКА МЕЖДУ ФАЗИТЕ И ЕТАПИТЕ НА ИНОВАЦИОННОТО РАЗВИТИЕ

Между фазите и етапите на иновационното развитие съществува определена взаимовръзка и зависимост. Тя се характеризира с това че между тях имаме едно плавно взаимодействие, така че всяка фаза ражда ново поколение машинни системи. Примерите от практиката са многобройни, като особено ясно те се виждат при автомобилостроенето, самолетостроенето, военната, строителната и индустриална техника и др. Така развитието на електро механиката използва постиженията на електротехниката и механиката при създаването на многофункционални задвижващи устройства. Интеграцията пък на електро механиката и микроелектрониката доведоха до появата на цялостни интегрирани мехатронни модули на движението на работните елементи и възли на машините, както и работи и автоматизирани устройства базирани на тях. Ако вземем дизеловия двигател с първите конструкции направени във фаза „механика и механични системи „и се сравни със сегашните конструкции на фаза „ кибер системи и изкуствен интелект“ ще установим че при всяко ново техническо решение правено в отделните фази на развитие са се подобрявали техническите му параметри и показатели. Така помпата осигуряваща горивното налягане в първоначалния и вид е била управлявана механично, а сега цялата инжекторна система е електрона. Същото положение е и със скоростната кутия, начина на запалване, маршрутна ориентация и др. Особено място заемат вградените електронни системи. Тази взаимна зависимост е показана на фиг. 3.

Където:

М – Етап „Механика и механични системи“

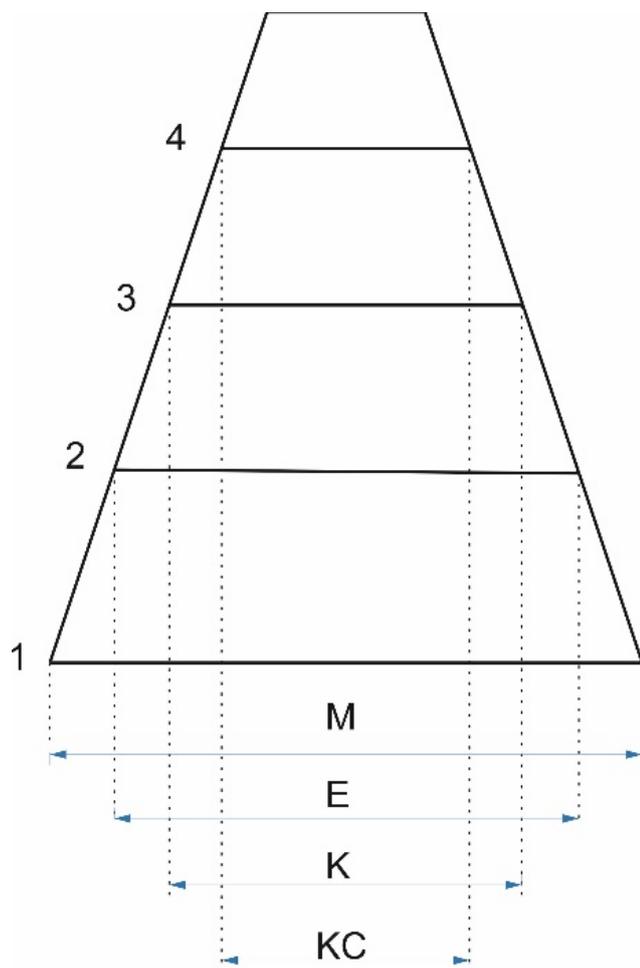
Е – Етап „Електро механика и електронни системи“

К – Етап „Компютъризация“

КС- Етап „Кибер системи и изкуствен интелект „

В сегашната кибер фаза на иновационно развитие се разработват нови принципи и производствени техники на високо прецизни и компактни механични елементи, както и нови типове електрически двигатели, датчици за обратна връзка и информационни сензори. Синтезът на нови прецизни, информационни и измервателни високи технологии осигурява основата за проектиране и производство на интелигентни модули и системи. Друга една част от машините и системите ще бъдат комбинирани в автоматични комплекси въз основа на единни интеграционни платформи. Целта на създаването

на такива комплекси е да се постигне комбинация от висока производителност, гъвкавост и цена.



Фиг. 3. Етапи на развитие

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение може да се приеме че иновационните фази и етапи търпят постоянни изменения, свързани както с тяхното развитие, така и с качествено изменения на основните им компоненти. Така например дигитализацията започва да се проявява като един от основните елементи на това развитие. Това означава и друго, че цифровизацията и стандартизацията трябва да бъдат еднозначно разпознавани, но като отделни компоненти на един и същ процес. Това трябва да бъде едно от изискванията на новите кибер технологии. Това е задължително и при изграждането на автоматизирани информационни стандартизирани модули и приложението на изкуствен интелект. Създаване на нови технологии, машини и устройства в основни линии следва една възходяща степен на постоянни иновативни решения. Ето защо интензивните фактори за развитие на производството вече добиват други измерения, тясно свързани с оптимизация на процеси, дейности и ефективно използване на основните средства като машини, съоръжения и др.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Томов П., С. Николов, Д. Рачев, Високата степен на автоматизация по хоризонталната инженерингова верига, условие за изграждане на интелигентни производства, Научни известия на НТС по Машиностроене, година XXV, бр. 2(217), стр. 374-379 юни 2017 г., ISSN 1310-39
- [2] Дамянов Д. (монография), Технология на иновациите, изд. ПРИМАКС –Русе, 2019 г. ISBN 978-619-7242-58-4
- [3] Automobile Electrical and Electronic Systems, Tom Denton, https://books.google.bg/books?hl=bg&lr=&id=Jyaawcu_SpoC&oi=fnd&pg=PR3&dq=electronic+systems+in+automotive&ots=7kuO3wGhUP&sig=ITF7tBPAGx1d9cTUZlzcUoOeEgpc&redir_esc=y#v=onepage&q=electronic%20systems%20in%20automotive&f=false
- [4] <https://www.alkydigger.net/TechInfo/mechanical-fuel-injection-vs-electronic-fuel-injection-efi-for-street-race-usage/>
- [5] <https://digitalcommons.uri.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2158&context=theses>

СЪВРЕМЕННИ ТЕНДЕНЦИИ В ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЮТЪРНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМИТЕ ЗА УПРАВЛЕНИЕ

Панчо Томов
Технически Университет – София
София, Р. България
e-mail: pkt@tu-sofia.bg

Емил Енчев
NTT Data
Дармщат, Германия
e-mail: entchev@gmx.de

Резюме: Информационните и компютърните технологии (ИКТ) са едни от основните източници за повишаване на ефективността на взетите решения, производителността и конкурентоспособността. ИКТ обикновено се определят като съвкупност от операции, свързани с получаване и обработка на потоците от информация в реално време относно вътрешния материален поток, производство, поръчки и други дейности свързани с управлението. В основата на този механизъм в икономиката на високотехнологични продукти може да бъде система от международни електронен бизнес стандарти за управлението на материалната част на SPEC 2000.

Ключови думи: автоматизирано управление на дискретни процеси, стандартизация на форматите

I. Увод

Стандартизацията като основа за саморегулиране осигурява ефективното функциониране на интегрираната верига. Целта на саморегулацията е оптимизирането на всички процеси, протичащи във веригата на управление, чрез трансформиране на структурните елементи на веригата (мрежата) въз основа на критерия за безопасност и постигане на високи резултати. Специално внимание трябва да се обърне на решаването на проблемите на управлението, като се повлияят върху "критичните точки" на веригата за управление [1]. Тези стандарти се използват широко от доставчици и клиенти в индустрията и авиационната индустрия в световен мащаб. SPEC 2000 се организира в автономни модули (глави стандартни) за следните области на управлението: поръчки, планиране на обществените поръчки, взаимодействията администрация, фактуриране споделянето на клиентите, информация и данни, комуникации, бар кодове, за събиране на данни за безопасност/замяна данни, гаранции за изпълнение, данни за конфигурацията на доставките [2, 3, 4].

Прилагането на системните стандарти SPEC 2000 предполага тясна интеграция с технологиите CALS в рамките на интегрираната логистична подкрепа. Това дава възможност да се повиши ефективността на всички участници във веригата, като се намали времето от разработването на продукта до експлоатацията, като се намалят разходите и се повиши нивото на поддръжка на услугата - т.е. през целия жизнен цикъл.

Понастоящем този проблем възниква от използването на нестандартизиран формат на данни, както и от

наличието на хетерогенна компютърна среда като цяло. Това означава, че различните предприятия във веригата имат различни, понякога несъвместими, компютърни системи. Освен това нестандартизираните формати на данни водят до явно несъответствие в информацията, когато се използва в управлението, което води до грешки в документацията и липсата на синхронизация в бизнес процесите.

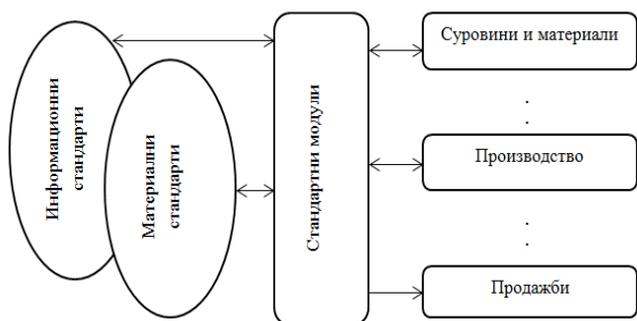
II. СТАНДАРТИЗАЦИЯ НА ФОРМАТИТЕ ДАННИ

За постигането на тези цели в допълнение към SPEC 2000 е препоръчително да се използва високо специализиран стандарт ISO 10303, известен като STEP (стандарт за обмен на данни за продуктите). Този широко използван стандарт може да бъде интегриран в структурата на стандартите на системата и да управлява модула за обмен на информация и данни (фиг.1). С помощта на такава интеграция се решава ефективно проблемът с между браншовото взаимодействие на различни предприятия в областта на електронния обмен на данни за продуктите и процесите на доставка през целия жизнен цикъл.

Може да се отбележи, че е важно да се създаде механизъм за саморегулиране на интегрирани вериги изграден въз основа на международните стандарти който да позволи:

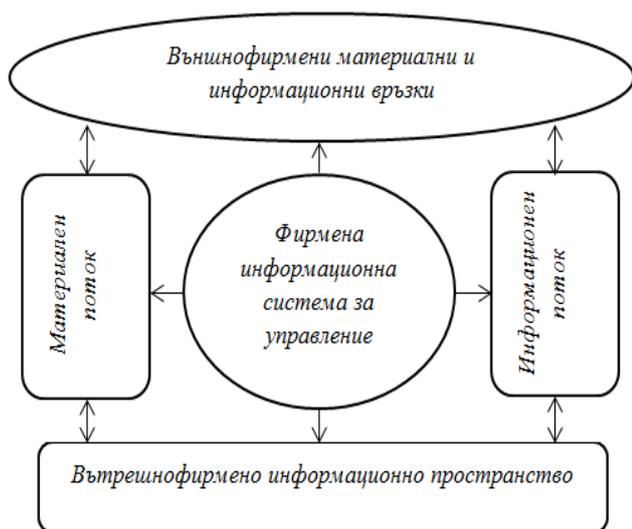
- значително намаляване на общите производствени разходи;
- оптимизиране на процесите, протичащи във веригата за доставки от проектиране до маркетинг;
- да създадат основа за изграждането на "електронна" верига за работа, базирана на координирани решения;
- подобряване на сигурността и ефективността във веригата за работа като цяло;
- намаляване на грешките в документацията и управлението.

Прилагането на съвременни информационни технологии би допринесло за това, индустриалните продукти значително да повишат конкурентоспособността си и да се създадат предпоставки за трансформиране на инфраструктурата в саморегулиращи се бизнес общности.



Фиг. 1. Модул за обмен на информация

Несъмнено този проблем може да бъде разрешен чрез разширяване и усложняване на компютърните системи. Това обаче води до огромни разходи за модернизиране на системите, докато STEP позволява решаването на проблема, като същевременно се избягват значителни разходи. Стандартът STEP осигурява механизъм за предоставяне на данни за продукта в такъв формат, че когато се прехвърлят от една система в друга, информацията остава пълна и непроменена, независимо от конкретната система. Това улеснява ефективния обмен на данни между доставчици и потребители и води до оптимизиране на всички процеси от проектиране до маркетинг, намаляване на общите разходи и подобряване на сигурността на интегрираната верига за доставки. Като комуникационна среда може да се използва корпоративна мрежа, изградена въз основа на IP-протокол, подобен на европейския (ENX) или американски (ANX) или частна виртуална мрежа (VPN), базирана на Интернет. На фиг. 2 е показана схема за интегриране на управление на информацията за продукта въз основа на STEP стандарта.



Фиг. 2. Интегрирано АСУ на базата на информационни стандарти

III. РОЛЯТА НА ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЮТЪРНИ ТЕХНОЛОГИИ В АСУ

АСУ на дискретните процеси (Е-системите) принадлежат към класа на така наречените нови информационни технологии, които се определят като съвкупност от реализирани ("вградени") в организационната система за управление принципно нови средства и методи за обработка на данни, интегрирани технологии и системи, изкуствен интелект и др. като се поставя акцент върху създаването, преносът, съхранението и показване на информация за продукта (данни, идеи, знания) с най-ниски разходи и в съответствие със законите на социалната среда, където се формират новите информационни изисквания.

Сложността, обемът и наличието на голям брой документи, използвани в управлението на материалните потоци в производствените системи, води до появата на концепцията "Electronic Data Interchange", EDI (Електронен обмен на данни). В най-общата интерпретация EDI е компютърна информационна обмяна между потребители, използващи стандартен формат на данните и обслужващи съвременни телекомуникационни технологии. Сравнително наскоро използването на EDI буквално революционизира процедурите за управление на поръчките в редица чуждестранни фирми.

Използването на EDI подобрява надеждността, навременността и качеството на фирмената информация. За да се реализират всички предимства на EDI, е необходимо да се свържат всички звена на производствената система, както и потребителите и другите външни потребители на информация с телекомуникационни канали. Тази връзка се осъществява чрез собствени локални мрежи, търговски и нетърговски далекосъобщителни мрежи, работещи в региона, в страната или по света (напр. CompuServe, America Online, Relcom, Internet и др.).

Информационната система е гъвкава структура и по природа на взаимодействие с околната среда принадлежи към класа на отворените системи. Най-малкият компонент в системата е наборът от данни - информационен обект, включващ набор от стойности които го описват. Обектът може да бъде процес, явление, обект, страна, научно поле и т.н.

Непосредствените ползи от използването на EDI се проявяват в следните ключови моменти: повишена производителност в оперативното управление; подобряване на взаимовръзката между каналите; увеличаване на производителността на външни LAN подсистеми; увеличаване на способността за цялостно интегриране на действията на всички участници в Е-системата; намаляване на оперативните и административните разходи. Развитието на пазара на комуникационните технологии е показано на фиг.3.



Фиг. 3. Развитие на комуникационните технологии

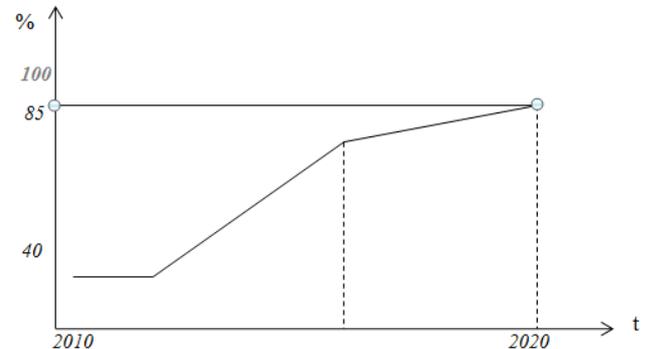
Повишена производителност се постига чрез бързо предаване и обработка на информация, точност и надеждност на данните - чрез намаляване броя на хартиените документи и възможността за грешки при въвеждане на данни. Намаляването на разходите се постига и чрез намаляване на дела на живата работна ръка и намаляване на материалните разходи, свързани с печат, поща, процедури по документи; намаляване на телефонни, телексни и факсимилни комуникации; намаляване на административните разходи. Има много примери за успешното използване на EDI от най-големите чуждестранни фирми. Например, Volvo получава годишни спестявания от около 30 милиона долара в автоматизирана мрежа за управление на запасите чрез въвеждането на EDI. Друг пример е интегрираното използване на EDI от най-голямата дистрибуторска компания на United Parcel Service (UPS) в света. [5]

Стандартите за комуникация и информация са от съществено значение за EDI. Комуникационните стандарти определят техническите характеристики по такъв начин, че компютрите да могат да интерпретират правилно обмена на информация. Комуникационните стандарти определят характеристиките на скоростта на приемане, преобразуване и предаване на данни. Информационните стандарти регулират структурата и вида на документите, които трябва да бъдат прехвърлени.

Най-често използваните комуникационни стандарти в EDI са ASC (Американски комитет по стандартите) и стандарт UN/EDIFACT. ASC се използва главно в САЩ и UN/EDIFACT се използва глобално.

Информационните стандарти се определят от т.нар. транзакционни серии (в логистиката, в серията UDE). Серия транзакции - серия от кодове, описващи свързани електронни документи. Таблициата показва най-често

срещаните общи стандарти за индустриална информация, свързани с управлението на процесите и дейностите. Прилагането на стандартите EDI в логистичните ИКТ непрекъснато се разширява, както се вижда от графиките за опаковъчната индустрия. Според прогнозите на специалистите се очаква бум в тази област на развитие. Темпове на растеж при използване на EDI в процесите на опаковките са показани на фиг. 4.



Фиг. 4. Темпове на растеж при използване на EDI

Предимствата от прилагането на стандартите EDI в производствения мениджмънт на поръчките са постигнати с определен обем съобщения, което се потвърждава от обобщените графици при изменения на разходите, когато се използват различни методи за предаване на информация в информационни канали.

IV. ДИГИТАЛИЗАЦИЯ НА БАЗАТА НА ЕДИНЕН ЦИФРОВ ПАЗАР И С ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА ВИСОКО АВТОМАТИЗИРАНИ ХИБРИДИ

Цялостното решение на проблема с дигитализацията е и проблем на изграждане на единен цифров пазар. Това е основата за поэтапно и системно усъвършенстване и изграждане на хибридни E-системи като кибер-елемент на бъдещите информационни системи за развитие.

Информационните потоци се класифицират: в зависимост от вида на системите, свързани с потока, хоризонтални и вертикални; в зависимост от мястото на преминаване - външно и вътрешно; в зависимост от посоката по отношение на системата - вход и изход и т.н. Потока на информацията можете да се контролира като се промени посоката на потока; ограничаване на скоростта на предаване до подходящата скорост на приемане; ограничаване на количеството поток до капацитета на единичен елемент или участък от движението.

Тенденцията в развитието на информацията е, че тя започва да се превръща в производствен компонент на индустриалната система. Благодарение на ефективната си обработка, производствените разходи могат да бъдат значително намалени, да се постигне по-добро управление на процесите и дейностите свързани с целия производствен процес. Благодарение на бързото използване на информацията е възможно и ускоряването на транспорта чрез координиране на всички връзки в транспортната верига. Липсата на навременна информация причинява натрупването и на материал, тъй

като несигурността на потребителя и несигурността на доставчика, обикновено предизвиква желание да се застраховат.

Информационна система, подобно на всяка отворена система, е предназначена да изпълнява две основни задачи - обработка на данни и предаване на данни. В съответствие с този модел функционалната област между процесите на приложение и физическата свързаност се нарича област на взаимодействие и е разделена на седем слоя, наречени нива. Всеки слой изпълнява определени функции.

Нивата осигуряват широк спектър от функции, свързани с трансфера на данни между процесите на приложение и не зависят един от друг. Всяко ниво се състои от активни обекти, всеки от които взаимодейства с други обекти на неговото ниво, осигурява услуги на съседното горно ниво и получава услуги от съседното по-ниско ниво. Комплексните нива често се разделят на под-нива, разположени едно над друго. Преди всяка от тях се задават определени задачи.

Наличието на информация се определя от способността на предприятието да предоставя данните, поискани от клиента на всички етапи от поръчката. Информационната готовност се изчислява като съотношение на броя на бързите и точни отговори на заявките към общия брой заявки за определен период от време.

Информационни технологии, като набор от методи, производство, софтуер и технологични инструменти, съчетани с верига от процеси, осигуряват събирането, съхранението, обработката, производството и разпространението на информация. За да се намали процеса на обработка на информационни ресурси е необходимо време, както за подобряване на надеждността и ефективността на работата с тях, така и за тяхното автоматизирано управление.

V. Изводи

Създаването на условия за дигитализация и приложение на Е-системи се развива в три направления: Условия, свързани с техническото развитие на информационните и комуникационни технологии; Условия, свързани със стандартизацията – информационна стандартизация; Условия, свързани с базата на единния цифров пазар, необходим за създаване на единно дигитално пространство.

Дигитализацията на дискретните процеси може да се извърши на етапи само на базата на изграждане на високо автоматизирани Е-системи с хибриден характер.

Унификацията и стандартизацията на информационните системи са основата на дигитализацията, като преди информационната стандартизация трябва да се извършат класификации на операции по признаци на идентичност.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Томов П., С. Николов, Д. Рачев, Високата степен на автоматизация по хоризонталната инженерингова верига,

условие за изграждане на интелигентни производства, Научни известия на НТС по Машиностроене, година XXV, бр. 2(217), стр. 374-379 юни 2017 г., ISSN 1310-39

[2] Karminsky A.M., Information systems in economics, 2006

[3] Krieger W., Zukünftige Informationssysteme in der Logistik, Informationsmanagement in der Logistik pp. 201-202, 1995

[4] Moreno-Vozmediano R., Montero R.S., Llorente I.M., Key challenges in cloud computing: Enabling the future internet of services, IEEE Internet Computing, 17 (4), (2013), pp. 18-25

[5] https://web.archive.org/web/20160103124500/https://www.isoc.org/inet97/proceedings/C5/C5_1.HTM

EMBEDDED UAV SYSTEM WITH MACHINE LEARNING CAPABILITIES DEVELOPMENT

Momchil Kurtev
IR-BAS
Sofia, Bulgaria
e-mail: ml_kurtev@yahoo.com

Vasil Trenev
IR-BAS
Sofia, Bulgaria
e-mail: vtrennev@gmail.com

Abstract: Development of unmanned aerial vehicle (UAV) embedded system, for control and data management, implementing machine learning (ML) algorithms, is discussed in the paper. UAV tasks that need real time ML processing are identified, as well as appropriate ML algorithms are suggested. Their effectiveness, efficiency and development process are considered. The embedded system's hardware and software structure are analyzed. Constrains from the discordance between the tasks relevant computing capabilities, and the hardware weight and power, are identified. Suggestions for constrains practical overpass are proposed.

Key words: UAV, embedded system, machine learning

I. INTRODUCTION

Drones have recently taken the world by a swirl, what was in the early days a field dedicated to large and mainly military organizations, has now found a growing popularity in entertainment, professional usage in various areas of application, as well as for research purposes. Monitoring tasks such as objects detection and tracking or area/border surveillance and mapping; mission critical tasks as target acquisition or fire-and-forget guidance; shipment tasks as goods or parcels delivery; flight control tasks as path planning or obstacle avoidance; and real time analytical feedback provision, are some of them. Whereas, it used to be a very challenging task to make a drone due to the limited ability to combine different sensors, such as GPS, INS, as well as incorporate, servos and wireless networks, a CPU and on top of that derive control systems. This meant that developers had to focus mainly on proving a feasible, rather than elegant system design [1]. Now days, the growth in the drones market [2], as well as the advance in technology has enabled the development of both smaller and larger aircraft designs, accompanied by a wide variety of both simple and more complex embedded systems to suit the needs of different UAV applications.

In this paper, the different UAV tasks that can benefit from a real time machine learning processing are discussed, as well as the appropriate algorithms for the latter are introduced. Furthermore an embedded system design is presented and its hardware and software components are analysed, alongside their constraints in terms of resources demand are identified and suggestions for overcoming them are given.

II. ML USE CASES IN UAV SYSTEMS

In the next lines we explore several applications of the ML in the realm of UAVs in order to improve and automate many processes that would otherwise require more resource consumption. In [3] a study of various use cases of ML is

presented. The agricultural use is a popular one amongst the literature. The use of ML in combination of UAV imagery shows significant improvements in the prediction of soil moisture contents, and water management. Further to that a prediction of crops production and classification is a big part of the research field. ML methods such as random forests and support vector machines, as well as more traditional regression analysis, prove to be effective in terms of algorithms. In the field of wireless networks a Liquid state machine (LSM) algorithm was used for resource management and deep convolutional neural nets (NNs) are found effective in understanding the behaviour of UAVs in different environments. In other areas of smart cities, applications of ML have been used in social projects such as cleaning graffiti for example. Furthermore, ML is found to have a wide usage in variety of applications, in other fields such as military purposes. This field employs many different algorithms such as CNN, Naive Bays and Markov models in order to cope with tasks such as detecting and identifying other UAVs, classifying flying objects, as well as classifying UAVs by their radio frequency (RF) signal detection.

Object detection is a more general and important aspect that ML has found great applications. Being able to detect and potentially identify different objects in real time gives opportunity for, firstly a wide range of tasks such as traffic control or crowd control such as cases in the current pandemic where, social-distancing is being monitored [4]. Also this provides a stepping stone for further process automation that give way to autonomous usage. The real-time detection could help either the operator with decision making in fields such as inspection or security, but also it could allow the build of autonomous decision making protocols, where the aircraft would take actions based on feedback from the objects being analysed. Applied object detection in real time for UAVs is relatively novel in research literature. Due to its nature it often requires vast amount of computational resources, and therefore, usually it poses a challenging task, however there are some approaches to overcome the latter.

ML and computer vision algorithms can recognize and classify objects and perform fine-grain work (as semantic segmentation - classifying which pixels of an image belong to the object and which not). Some of the tasks can be performed by traditional computer vision algorithms as: Hough transforms (detecting lines and circles) and/or histograms of oriented gradients (detecting objects, semantic segmentation), but ML algorithms are more accurate, versatile and autonomous [5].

A specific part of ML that mimic human brain to learn from experience (data) is Deep Learning (DL), which simply means “learning by deep neural networks”. As the neural networks (NNs) are composed of many interconnected nodes of sums of weighted values and the DSPs (Digital Signal Processors) are optimized to perform repeatable loops of arithmetic and logic operations, the DL models can be power efficiently implemented on DSPs. It is very important asset when applied in drone’s ES, as the ES power efficiency and weight are crucial for drone’s cost, and flight durance and distance.

DL is good at classification, clustering and predictive analysis. DL models are arranged in layers which typically consist of certain mathematical operations as: filters; ReLU (rectification linear unit) operations; downsampling operations as: average pooling, maxpooling, striding; elementwise additions; concatenations; batch normalization; fully connected matrix multiplications. Other important advantage is that DL configurations for wide variety of algorithms operate quite similarly. That facilitates optimization of software and hardware by algorithmic optimization, i.e. achieving result faster and better [5].

DL networks are three different types: MLP (Multilayer Perceptron), CNN (Convolution Neural Network), and RNN (Recurrent Neural Network) [6]. MLPs are hard to train. CNNs are feedforward, fixed size of inputs and outputs networks useful for objects detection; classification and semantic segmentation, thus they are appropriate for image and video processing. RNNs have feedforward with feedback connections, arbitrary size of inputs, and useful for time series data, where features of past have bearing on future, therefore they are appropriate for text and speech analysis.

The choices that must be done at the stage of the drone ES design are: What type of network and framework would be suitable, with accordance to the hardware used. If a NN is trained/fine-tuned on a case specific dataset, then what number of layers are needed; the interactions between them; the types of layers; the number of neurons in each layer; the arrangement of the layers. The assessment of the right choices, or how “embedded friendly” is the chosen DL network, depends on: how “deep” is the network (how many are the layers); what the videos resolution is; how many bits are for network weights. The network configuration must fit within capability of the embedded device.

As discussed in Lee, J et al. [7], an example is given of a cloud-based solution is suggested in order to overcome the limitations of having to put extra weight on the drone in terms of hardware. For the experiment fiducial markers are used for localization of the drone and position and speed are controlled by ROS protocol using a local laptop. For the object detection an R-CNN or Region-CNN is applied, as this is the most computationally intensive task it is run on an Amazon Web Service (AWS), which is a cloud platform. Several drawbacks of the CNNs are identified. They require large amounts of data to be trained, as well as the images they are trained on are from the ImageNet dataset which are

not drone images, but rather ordinary objects, so this may yield inaccuracy of the results. This approach however may experience high latency and communication disturbances, which leads to unreliability.

III. EMBEDDED UAV SYSTEM WITH ML CAPABILITIES

In this section, we explore the different blocks of a suggested embedded system with ML capabilities for UAV purposes. In the literature various of application of ML in the field of drones are discussed, some of which already mentioned in the previous section. For the purposes of this embedded system we would like to put focus on image processing as a field of interest and explore in more details the necessary equipment and ML methods used for a real time image processing and detection, the various options in terms of hardware and software, possible limitations and overcoming them. The on-site ES weight must be lifted and carried in flight by the drone’s power. The ES power and energy consumption must be provided by the drone energy supply (battery). So the ES weight and power shorten the flight duration and distance, or raises the cost of the drone. Therefore the drone’s ES has to be light-weight and low-power. Generally the real-time execution of high-effective ML algorithms needs high processing capacity, computational intensity and power consumption. This cause constrains on the ES hardware, as well as the ML algorithms applied, which must be tailored at the stage of development. Considerations about tasks- and power-, efficient and effective, selection of the applied ML algorithms, ES processors and sensors, as well as suggestions for design process optimization and constrains practical overpass, are further discussed.

A. Design elements

For designing the ES, several elements are taken into account: examining different options for deep learning algorithms used, as well as the hardware setup, in terms of sensors and processing power. The ML algorithms, applicable effectively to drone tasks that need AI, can be run on GPUs (Graphics Processing Units) with very high processing speed, but thereof with very high power consumption, size, weight and cost. High computation speed can be achieved on CPUs (Central Processing Units), but with high power, size and weight. Therefore ordinary GPUs and CPUs are not appropriate as drones ES processors. They can be used on PCs or mainframes for off-site, non-real-time (off-line) processing of drone’s data. However, some small-board computers will be analyzed as an on-board option as well as DSPs.

DSPs are low and medium power processors for embedded devices that scale much better in terms of power, weight and size. They are very efficient when executing algorithms that spend majority of time processing loops of weighted sums: running averages, convolutions, correlations, filters, FFTs, and NN processing thereby [8]. So DSPs can compute efficiently matrix math and neural networks. This makes them convenient at running DL algorithms.

FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) and ASICs (Application Specific Integrated Circuits) can implement DSPs. Due to the application specific design of FPGAs and ASICs they can run a wide variety of ML algorithms.

SoCs (integrated System on Chip) are particular type of ASICs. Some of the SoCs are specially designed to process DL algorithms. They consist of a number of system processing and DSP cores to compute quickly and efficiently NNs. In addition to high performance NN and vision processing capability the SoCs can include rich peripheral set for interfacing to various sensors, as well as embedded vision engine subsystems to accelerate DL algorithms and inference (by display, graphics and video acceleration) and industrial network capabilities [9]. The criteria for selection of the drone's ES processor are: the power consumption and computing power; the weight; the facility of development and evaluation; the presence of dynamic quantization (automatic conversion from floating point to fixed point) and sparsity (limiting the number of non-zero weights).

B. Hardware solutions

The use of compact development hardware tools is essential for such system in order to optimize between weight and computational power. As suggested in [10] Several hardware kits are examined as feasible.

The Altera DE2i-150, Intel Edison and Raspberry Pi 2. The Altera DE2i-150 embedded platform is manufactured by Terasic ®. It has physical dimensions of 250x170mm and weights 800g. There two blocks one for general processing employing Intel ® Atom N2600 1.6GHz with x86 architecture. Another one using Cyclone IV FPGA with 2GB DDR3 memory, with integrated GPU and 64GB SSD storage. Additional features include Wireless, Bluetooth, audio and Ethernet, as well as HDMI and VGA connections.

Another possible solution is using the Intel Edison platform that is a lot smaller in size 60x28mm, and the mere 16g. It uses Intel Atom Dual Core 500Mhz processor with x86 architecture with 1GB DDR3 main memory and internal storage of 4GB. Connectivity features include, wi-fi, and USB, as well as Bluetooth.

Finally, the Raspberry Pi 2 uses ARM architecture, it's also small sized and light weighted with 42g of weight and 85x56mm in dimensions. The processor is ARM7 900MHz Quad Core processor, with 1GB of main memory, and data storage supported using a micro SD slot. In addition, the Raspberry Pi has connections for camera couplings and display, as well as a GPIO ports (General Purpose Inputs/Output) with a set of 40 pints for connecting sensors and various of devices.

In [10], the above mentioned study, the hardware is used to create a model for identifying fault plantations. The open source library OpenCV in employed, in order to implement a Watershed technique for the analysis of the data in real-time. The results show, that the DE2i-150 board performs with highest speed of image processing, followed by the Raspberry Pi and Intel Edison.

In terms of power consumption the Intel Edison consumes the least, ~120mA which is over 8 times less than the Altera DE2i-150 and Raspberry Pi, which are found to consume ~990mA and ~290mA, respectively.

In addition, to the latter a GPU for on-board usage found suitable is the NVIDIA Jetson TX1, TX2 or AGX Xavier developer kit [11] the latter is the most powerful of the three solutions, in terms of computational power, with 512-core Volta GPU with Tensor Cores and 32GB 256-Bit LPDDR4x. Its capable of running complex AI workloads, enabled by CUDA®, cuDNN, and TensorRT™ software libraries that ease the process of deep learning, computer vision problem solving. The system operates within 10W of power consumption. This is a heavier and more power demanding option.

A more suitable SoC device could be the TDA2x Vision EVM Kit which provides a scalable architecture of Texas Instruments [9] combining fixed and floating-point DSP cores, with Vision AccelerationPac and ARM Cortex-A15 cores. The system is tailored towards computer vision problems, and is with very low power consumption of about 2.5W, running full frame semantic segmentation at 15 fps [5].

Other important elements of the ES are sensors. Usually drones are equipped with optical cameras as the modern cameras are with light weight and high resolution. More powerful drones can be equipped with other types of sensors: radar (mmWave), ultrasonic, ToF (Time of Flight), LIDAR (Light Detection and Ranging) and others [12]. The radars sense direction and velocity of movement even in dark and throw non-conductive materials like drywall, plastic and glass. Their use reduces million instructions per second needed for vision based systems. Radar sensors are 3 times smaller and half weight of miniature LIDAR. ToF are next generation machine vision optical sensors that measure the delay of reflected to transmitted wave, and has ability to map 3D objects.

C. Models and Frameworks

In terms of models and frameworks of deep learning algorithms, it is important to identify and examine several options. The DL software design process can be significantly facilitated if it is possible to use trained networks. Such networks, designed for embedded space, can be found in frameworks, which are tools to ease building of deep learning solutions. A large base of frameworks, to be used for development, is the open ecosystem ONNX (Open Neural Network Exchange). "Embedded friendly" trained networks can be found from popular frameworks (like Caffe, TensorFlow and Darknet) also. Frameworks offer higher level of abstraction, simplifying potentially difficult programming tasks. In that case the design process include: Selection of framework for development; Selecting labelled data set of classes to train the network; Designing initial network model; Training the network; Saving the parameters and architecture in a binary file; and Inference [6]. The design process is facilitated by APIs, which are interfaces wrapped on one or multiple frameworks. Training the

network with the selected labelled data usually is performed on PC or GPU. The result is trained network model with floating point data. Its format needs to be converted so, that can be inferred on the embedded device. The producers of embedded devices processors (SoCs) provide format translator tools, with user friendly APIs, to process the specific processor format and language conversion.

TensorFlow framework [13] presents various of options of pre-trained models known as Model Zoo, they range from Convolutional neural networks (CNNs) to Fast-RCNNs, SDDs (Single Shot Detector) and many other. The collection of detection models are pre-trained on datasets such as COCO, the Kitti dataset and the Open Images. As well as custom solutions can be implemented. Incorporation of Keras library is also found very useful for developers. Another option is the Caffe framework [14], with its own Model Zoo, it is easier to configure, works well with both CPUs and GPUs, and a preferable choice for mobile devices applications, therefore also widely used amongst social media companies, whereas the Tensorflow is more demanding in terms of coding, due to its programmatic approach to creating networks. Darknet is interesting to test, since it supports the Yolo (You only look once) algorithm, which is popular for object detection.

In terms of algorithms the Yolo.v3 is a possible option [15]. Unlike more traditional systems like R-CNNs, the algorithm applies a single NN to a complete image and it divides it into regions, where predictions of bounding boxes are made along with probabilities and then weighted against the latter. This method requires only single network evaluation, and therefore it is much faster than other systems. The SSD (Single-Shot MultiBox Detector) is a CNN network which reduces the features map size, it employs larger and smaller receptive fields in order to predict bigger and smaller objects using deep and shallow layers. It uses a single network for better speed. The results are then combination of all predictions.

A Faster R-CNN is also a good option, its build on top of a classical R-CNN system that uses a forward pass of a CNN for all proposed regions of an image. It then trains three models, a CNN for features generation, another one for classifiers and one regression model for refining the bounding boxes. The Faster R-CNN adds on a fully-convolutional network that speeds up region proposal. The above are suitable for the frameworks and hardware as suggested in [15]. The algorithms explored above might be more suitable for more GPU intensive systems such as the Nvidia Jetson equipment, but other variations such as Yolo.v2 and SDD-MobileNet can be tested with more restrained hardware.

D. Some suggestions about the efficiency

At the initial stage of drone ES development, the entire application must be considered from the viewpoint of the ES power, efficiency, effectiveness and costs. The general drone tasks can be divided to subtasks, some of which can be processed with high fps (frames per second) on an off-site computer, and others, which can be done by lower fps and

low-power consumption, on the drone ES. As an example the processing of the entire image, for object tracking, can be carried off-site and the processing of image sub-regions, for object classification, can be carried by the drone ES.

The power consumption of the ES depends substantially from the complexity of the inference, as it define the type and characteristics of the processor to be used. It cannot be accessed by the model size (the number of parameters in the model), as it can be a small issue in inference complexity [5]. The main factors of inference complexity are: the number of multiplications; data transfer requirements for input-output activations; and the transfer of weights.

NN convolution layers are the most computationally intensive and determine how fast the inference runs on a particular processor and how power is consumed for a particular task. Therefore, it is important to reduce the complexity of the convolution layers. It can be possible by sparse convolution which eliminates the need of multiplications by forcing small weights to zero. Sparse training methods can induce over 80% sparsity in convolution layers, and rise 4x the execution speed [5]. However forcing convolution weights to zero can reduce the accuracy of the deployed algorithm.

Another important tool for rising execution speed is quantization. This is automatic conversion from floating point numbers of the trained model to fixed point numbers of the inference. However, it reduces the accuracy of the inference results also.

In many cases the accuracy of the tasks results can be traded-off for significant computational and power savings. Training models with sparsity without significant loosing of accuracy are important aspect of the training phase. Some frameworks provide tools to train models with sparsity, and include instructions how to proceed with training. The fixed point number inferences can be accurate sufficiently also. Therefore the process of ES design has to be repeated for different accuracies until reaching admissible computational speed, electric power and cost, at sufficient accuracy.

IV. CONCLUSIONS

There are a lot of complex tasks that UAVs could be able to carry-out semi-, even fully- autonomously if their embedded control systems have real-time artificial intelligence capabilities. However, the real-time execution of high-effective ML algorithms needs high processing capacity and computational intensity, which leads to high power consumption and weight of the embedded control system. This causes shortening of the flight duration and distance, or increase of UAV costs. Considerations are made about tasks-, power- and weight-, efficient and effective, selection of the applied ML algorithms in the embedded control system. As well as ES processors and sensors, are discussed in the paper. Suggestions for UAV ES design process, computation intensity, and power efficiency optimization, as well as practical overpass of constraints are expressed.

REFERENCES

- [1] J. Liebman and C. Ma. Platform Based Design of Unmanned Aerial Vehicles. Technical report, Berkeley University of California, 2001. Project EE249.
- [2] Molina, Blanca De Miguel, and Marival Segarra Oña. "The Drone Sector in Europe." SpringerBriefs in Law Ethics and Civil Drones, 2017, pp. 7–33., doi:10.1007/978-3-319-71087-7_2.
- [3] Khan, Asharul Islam, and Yaseen Al-Mulla. "Unmanned Aerial Vehicle in the Machine Learning Environment." Procedia Computer Science, vol. 160, 2019, pp. 46–53., doi:10.1016/j.procs.2019.09.442.
- [4] "Drones Used in Effort to Slow the Spread of COVID-19." CBS News, CBS Interactive, 27 Apr. 2020, www.cbsnews.com/news/coronavirus-drones-slow-spread-covid-19/.
- [5] M. Mathew, K. Desappan, P. K. Swami, S. Nagori, B. M. Gopinath, Embedded low-power deep learning with TIDL, Texas Instruments Incorporated, January 2018. On-line at: <http://www.ti.com/lit/pdf/spry314>.
- [6] Introduction to Deep Learning / Demystifying Neural Networks, Texas Instruments Incorporated, April 2018. On-line at: <https://training.ti.com/introduction-deep-learning>.
- [7] Lee, J. Wang, D. Crandall, S. Šabanovic, and G. Fox (April 2017), "Real-time, cloud-based object detection for unmanned aerial vehicles," in Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC), pp. 36–43, Taichung, Taiwan
- [8] S. W. Smith, Digital Signal Processing: A Practical Guide for Engineers and Scientists, Newnes, 2002. ISBN 0-7506-7444-X, On-line at: <http://www.dspguide.com/>.
- [9] M. Nadeski, Bringing deep learning to embedded systems, Texas Instruments Incorporated, March 2019. On-line at: <https://www.ti.com/lit/pdf/sway020a>.
- [10] Silva, Jonas Fernandes Da, et al. "An Embedded System for Aerial Image Processing from Unmanned Aerial Vehicles." 2015 Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering (SBESC), 2015, doi:10.1109/sbesc.2015.36.
- [11] "Jetson AGX Xavier Developer Kit." NVIDIA Developer, 15 Jan. 2020, developer.nvidia.com/embedded/jetson-agx-xavier-developer-kit.
- [12] M. Chevrier, How sensor data is powering AI in robotics, Texas Instruments Incorporated, January 2019. On-line at: <https://www.ti.com/lit/pdf/sszy036>.
- [13] Tensorflow. "Tensorflow/Models." GitHub, github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/detection_model_zoo.md.
- [14] "Caffe." Caffe, caffe.berkeleyvision.org/.
- [15] Redmon, Joseph. YOLO: Real-Time Object Detection, pjreddie.com/darknet/yolo/
- [16] Hossain, and Lee. "Deep Learning-Based Real-Time Multiple-Object 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.

Резюме: В работата е обсъдено разработването на вградена система за управление на безпилотен летателен апарат (БЛА) способна да изпълнява алгоритми за машинно самообучение (МС). Идентифицирани са задачи на БЛА, изпълнението на които се нуждае от прилагането на МС в реално време, като са предложени подходящи алгоритми за изпълнението им. Разгледани са техните ефективност, ефикасност и процесът на разработването им. Анализирани са структурите на хардуера и софтуера на вградената система. Идентифицирани са ограничения вследствие на несъответствия между изчислителните възможности, теглото и електрическата консумация на системата. Предложени са възможности за практическо преодоляване на ограниченията.

РАЗРАБОТВАНЕ НА ВГРАДЕНА СИСТЕМА ЗА БЛА С ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА МАШИННО САМООБУЧЕНИЕ

Момчил Куртев, Васил Трнев

БОРДОВИ РЕГИСТРАТОР НА УСИЛИЯТА В РЪЧКАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА САМОЛЕТА ПРИ РЕАЛНИ ПОЛЕТНИ УСЛОВИЯ

Борис Стойков
в.ф. 52090 – Д.Митрополия
България
e-mail: bss_pilot@abv.bg

Диан Десков
Техтопиа ООД
България
e-mail:dian.deskov.deskov@gmail.com

Резюме: В доклада се разглежда необходимостта и подхода за реализиране на бордови регистратор на усилията в ръчката за управление на самолета (РУС).

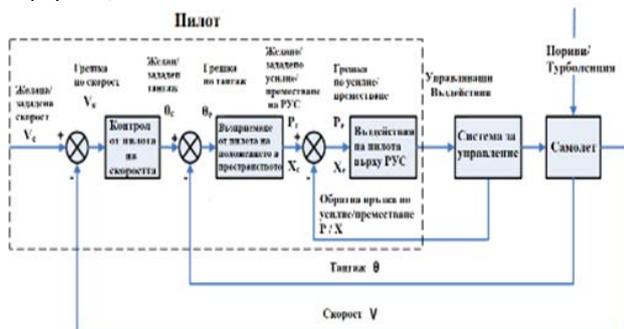
Ключови думи: бордови, регистратор, тензодатчик, измерване, записване

I. Увод (НЕОБХОДИМОСТ ОТ БОРДОВИ РЕГИСТРАТОР)

Параметрите на натоварването на лостовите за управление се отнасят към основните характеристики на управляемост на самолета. Методика за избор на тези характеристики все още е недостатъчно разработена и е слабо отразена в литературата. Исторически тези системи са се развивали в съответствие с измененията на динамиката на обектите и ръчката за управление на самолета /РУС/, или /Control Stick, Control Wheel, Yoke, Side-Stick/. Характеристиките на натоварванията остават сравнително консервативни, независимо от смяната на поколенията и възможностите на въздухоплателните средства поради естествените ограничения от човешките възможности.

Усещането за “контрол“ над самолета е пряко свързано с усилията в лоста и педалите, които пилота прилага за управление, както и реакцията на ЛА на управляващите и смущаващите въздействия. Пилотът непрекъснато сравнява желания модел на полета с информацията получавана от наличните визуални звукови и сетивни органи (сензори) и вземайки решения въздейства на РУС, педали и РУД, за да приведе самолета съобразно модела. Това е един непрекъснат процес в който пилота участва в затворена обратна връзка получавайки нужната информация.

На

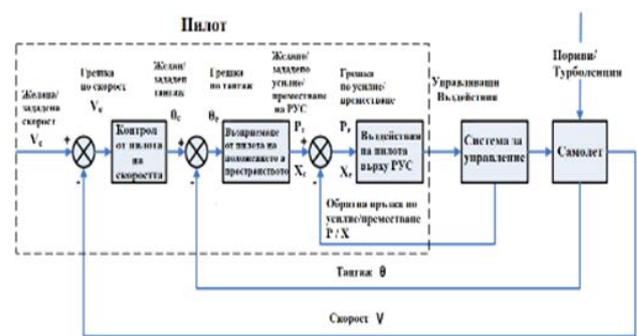


Фиг. 1 е показана функционална схема на тази затворена обратна връзка в управление на надлъжното движение.

Изследванията показват, че информацията по усилие и преместване в най-вътрешния кръг се обновява с най-голяма честота, и този кръг е основополагащ при изграждане на пилотажни навици и умения, което показва важността и мястото на изследванията в настоящия труд.

Най-важният критерий свързан с безопасността на полета по отношение на пилотажа е самолета да не се извежда на срични режими. Информация която пилота получава от органите за управление за промяната на скоростта чрез градиента на усилието $\frac{dP}{dX}$ и близостта до режимите на сричане, са неразривно свързани с обратната връзка по усилие [1]

Тъй като обучението на пилотите започва на леки дозвукови самолети в известната литературата е показано, че усвоените там първоначални навици биват запазени и при всички други самолети. Тази навици биват използвани от пилота дори, когато поради една или друга причина е прекъсната пряката връзка между органите за управление и пилота. В използваните стандарти от водещи авиационни производители, оценяващи качеството на управление са заложени минимални и максимални прагове за усилията при работа с РУС.



Фиг. 1. Затворената обратна връзка в системата за управление в надлъжния контур на самолета

II. ИЗИСКВАНИЯ КЪМ СТАНДАРТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ.

Типично изискване на стандарта се свежда до следното:

Самолета трябва безопасно да се управлява или изпълнява задачите при стандартните етапи:

- 1) Излитане.
- 2) Набор на височина.

- 3) Хоризонтален полет.
- 4) Маневриране
- 5) Сnižаване.
- 6) Кацане.

Управлението и усилията в лоста трябва да гарантират плавен преход от един режим на полета към друг, при това да не изискват майсторство, бързина на реакцията или физическа сила от пилота, а също така не трябва да възниква опасност от превишаване на експлоатационните ограничения на самолета във всички възможни режими на полета и експлоатационни условия, конфигурации, включително отказ на двигател или механизация [2].

ТАБЛИЦА.1 УСИЛИЯ ПРИЕТИ ЗА ОПТИМАЛНИ

| Типово усилие | Усилие [кгс] | | |
|-----------------------------|--------------|---------|---------|
| | По тангаж | По крен | По курс |
| Краткотрайни усилия | | | |
| РУС /с две ръце/ | 34 | 23 | |
| РУС/с една ръка/ | 23 | 11.5 | |
| Педали | | | 68 |
| Продължителни усилия | | | |
| | 4.5 | 2.2 | 9 |

Усилията в РУС при управление на надлъжното движение не трябва да изискват от пилота усилия близки до максималните при изпълнение на стандартно маневриране, а също така не трябва да бъдат толкова малки, че самолета да бъде леко и бързо изведен на недопустими режими на претоварване и критични ъгли на атака. Изменението на градиента на усилията по претоварване, не трябва да създава съществени трудности при управлението, както при големи отклонения, така при малките за да не възникне опасност от предозиране на усилието. В последните години във връзка с развитието на автоматиката в контурите на управление се разширяват възможностите за устойчиво и безопасно управление на всички експлоатационни режими.

Най-сложните проблеми са свързани с определяне на оптималните характеристики на натоварващите механизми свързани с непрекъснатото следене на промените в динамиката на маневрените обекти и постигане на оптимални съотношения в натоварването на пилота при изпълнение на стандартните задачи по компенсация на смущения, следене и стабилизация на режимите на работа.

Усилията за управление на самолета това са зависимостите, които свързват приложените от пилота усилия P с преместванията X на РУС и техните производни от времето $\dot{X}_{\text{РУС}}$, $\ddot{X}_{\text{РУС}}$. При това няма значение, от какво е обусловена тази връзка. В реалните системи тези зависимости се описват със нелинейни диференциални уравнения от висок ред. При определяне на характеристиката на РУС, се търси оптимална такава свързана със задачите на стабилизация, т. е., когато имаме малки отклонения на РУС и усилията спрямо

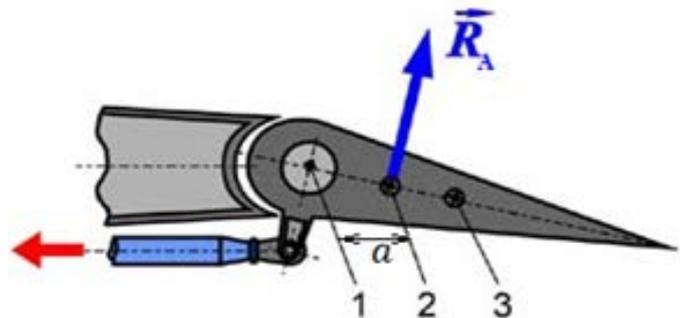
неутралното /балансиrowъчно/ положение да не са големи. Обикновено се характеризира с градиент на усилието спрямо параметъра P_x , силата на предварителното усилие P_0 , силата на триенето $P_{\text{тр}}$ и коефициента на демпфиране P_d .

Като оптимални се приемат натоварвания при които се постига минимален разход на преместване и усилие от условно приети желани /идеални/ такива, за избрания режим на полета. Като оптимални се приемат натоварвания при които се постига минимален разход на преместване и усилие от условно приети желани /идеални/ такива, за избрания режим на полета (Таблица 1).

Така например резултатите от изследванията показват, че най-нисък приемлив градиент на усилието във всички условия на полета трябва да е между $0.10 \sim 0.13 \text{ daN/kt}$ (спрямо параметър въздушна скорост). Предвидима и стабилна вариация на усилието за единица промяна на въздушната скорост гарантира, че всяко значително отклонение е съпроводено с промяна на усилието и се усеща добре от пилота, а това включва и допълнително предупреждение за близостта до режима на сваляне [2].

III. МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ НА УСИЛИЯТА В ОРГАНИТЕ ЗА УПРАВЛЕНИЕ.

При полет аеродинамичната сила на хоризонталните плоскости R_a е приложена на разстояние a от оста на въртене на стабилизатора (кормилото) и създава шарнирен момент $M_{\text{ш}}$, (виж Фиг. 2) който по системата за надлъжното управление се предава на ръчката за управление на самолета.



Фиг. 2 Шарнирен момент в кормилото за височина

За неговото преодоляване и поддържане на стабилизатора в балансиrowъчно положение, пилотът е длъжен да прилага към ръчката за управление на самолета съответните теглещи и натискови усилия P_b , в зависимост от знака на шарнирния момент [3].

$$M_{\text{ш}} = -R_A \cdot a \quad (1)$$

Изразен чрез аеродинамични коефициенти шарнирния момент има вида:

$$M_{\text{ш}} = m_{\text{ш}} \cdot q \cdot S_k \cdot b_{Ak} \quad (2)$$

където:

$m_{ш}$ - е коефициент на момента;

$q = \rho \cdot V^2 / 2$ - скоростен напор;

S_k - площ на крилото в план;

$b_{АК}$ - САХ на кормилото.

Площта на крилото и САХ за всеки конкретен самолет са известни. Скоростния напор q се изчислява във всеки момент от симулацията.

Остава да се определи коефициента на момента $m_{ш}$. Разглеждаме $m_{шв}$ шарнирния коефициент на момента в кормилото за височина [2].

$$m_{шв} = (m_{шв}^{\alpha} * \alpha) + (m_{шв}^{\delta_B} * \delta_B) + (m_{шв}^{\delta_{тр}} * \delta_{тр}) \quad (3)$$

където:

$m_{шв}^{\alpha}$ - частна производна на коефициента на аеродинамичния шарнирен момент по ъгъл на атака на кормилото за височина

α - ъгъл на атака

$m_{шв}^{\delta_B}$ - частна производна на коефициента на аеродинамичния шарнирен момент по ъгъл на отклонение на корилото за височина

δ_B - ъгъл на отклонение на кормилото за височина

$m_{шв}^{\delta_{тр}}$ - частна производна на коефициента на аеродинамичния шарнирен момент по ъгъл на отклонение на тримера на кормилото за височина.

$\delta_{тр}$ - ъгъл на отклонение на тримера на кормилото за височина

$$m_{шв}^{\alpha} = -0,12 \frac{S_B}{S_{х.п.}} \left(1 - 3,6 \frac{S_{о.к.}}{S_B} \right) c_{y_{х.п.}}^{\varphi} * \cos \chi_B \quad (4)$$

$$m_{шв}^{\delta_{тр}} = -0,14 \left(1 - 6,5 \frac{S_{о.к.}}{S_B} \right) c_{y_{х.п.}}^{\varphi} * \cos \chi_B \quad (5)$$

където:

$c_{y_{х.п.}}^{\varphi}$ - аеродинамична производна, характеризираща изменението на коефициента на подемна сила при единично отклонение на стабилизатора

χ_B - ъгъл на стреловидност на кормилото за височина

S_B - площ на кормилото за височина

$S_{х.п.}$ - площ на изолираната хоризонтална плоскост

$S_{о.к.}$ - площ на осевата компенсация

$$m_{шв}^{\delta_B} = c_{y_{х.п.}}^{\varphi} * A_{х.п.} * K_V \quad (6)$$

където:

$K_V = 0.95$ – коефициент на намаляване на скоростта;
 $K_V = 0.85 \dots 0.95$

$A_{х.п.}$ - относителен статичен момент (коефициент на мощност) на хоризонталната плоскост.

$$A_{х.п.} = \frac{S_{х.п.} * L_{х.п.}}{S * b_A} \quad (7)$$

$$c_{y_{х.п.}}^{\varphi} = c_{y_{х.п.}}^{\alpha} * (K_{\varphi} + \Delta K_{\varphi})_{х.п.} \quad (8)$$

В крайна сметка със заместване на **Error! Reference source not found.** до **Error! Reference source not found.** в **Error! Reference source not found.** се получава обобщена зависимост, която има вида:

$$M_{ш} = [(K_{ш1} \cdot a) + (K_{ш2} \cdot \delta_B) + (K_{ш3} \cdot \delta_{тр})] K_{ш4} \cdot q \quad (9)$$

където $K_{ш1}$, $K_{ш2}$, $K_{ш3}$, $K_{ш4}$ - са коефициенти зависещи само от геометричните размери и формата на крилото в съответствие със заместените зависимости [4].

Горните формули ни дават приближение и характера на усилията. Целта настоящата разработка е да се създаде инструмент с който да на борда на самолета да се регистрират и запишат усилията, които пилота създава по време на полет. По такъв начин тези усилия биха могли да се анализират и използват за създаването на реалистичен тренажорен комплекс.

IV. КРИТЕРИИ НА КОИТО ДА ОТГОВАРЯ БОРДОВИЯ РЕГИСТРАТОР

При разработването на измервателен инструмент, с който да се измерват и записват усилията в лоста за управление при реален полет (по същество той ще е реализация на специализиран Data Flight Recorder - DFR) [5], е необходимо да се заложат следните критерии на които трябва да отговаря:

- да има чувствителност до 1 грам сила;
- да бъде с независимо хранване;
- да записва данните поне 8 пъти в секунда (този критерий е обвързан със стандартния бордови FDR – Flight Data Recorder);
- да има бутон с който да се стартира и спира процеса на записа;
- да има възможност да записва усилия както по крен така и по тангаж.

За целта е целесъобразно използването на сензори и едноплатков микроконтролер, с възможности за включване към него на SD карта за запис на регистрираните параметри.

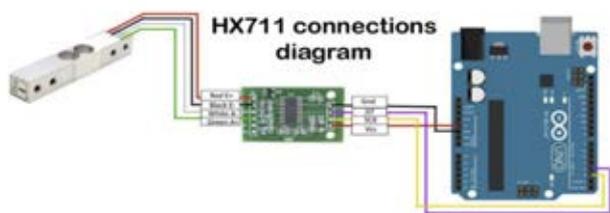
На тези условия отговаря едноплатковия контролер Ардуино нано. За измерване на усилия е целесъобразно да се използват два тензодатчика заедно с два усилвателя HX711, които са необходими за получаване на измерими данни. Тъй като усилията в надлъжния канал са големи, тензодатчикът в този канал трябва да е с максимално измервано усилие 40 кг, а в напречния е достатъчно да е до 20 кг.

За запис в реално време е уместно да се използва модул за работа със SD карти със SPI интерфейс с чип на преобразувател на нива за Ардуино (MISO, MOSI, SCK, CS – виж терминологичен речник) работещ със Micro SD карта, като за целта е избран Arduino Micro SD card mini TF card reader module SPI interface level conversion core,

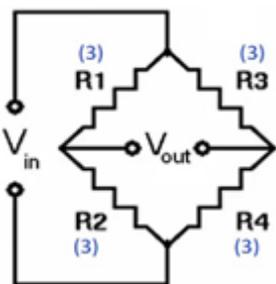
който отговаря на изискванията. За да може да се настрои по-лесно специализирания Data flight recorder е удобно да се добави и LCD дисплей, на който да се изобразява кога и какви данни се записват, например Serial Board Module Port PCF8574 IIC/I2C/TWI/SPI Interface Module за 1602 LCD Display.

Стандартната схема на свързване на тензодатчиците е мостова и е представена на Фиг. 3.

Усилвателят HX711 е специализиран и предназначен точно за работа с тензодатчици. Принципната схема на свързване на тензодатчиците, усилвателя и контролера е показана на



Фиг. 4



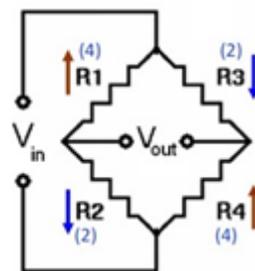
Балансиран мост

$$V_{in} = 5.00\text{volts}$$

$$V_{out} = \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{in}$$

$$V_{out} = \left(\frac{3}{3+3} - \frac{3}{3+3} \right) 5.0$$

$$V_{out} = 0$$



Разбалансиран мост

$$V_{in} = 5.00\text{volts}$$

$$V_{out} = \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{in}$$

$$V_{out} = \left(\frac{4}{2+4} - \frac{2}{4+2} \right) 5.0$$

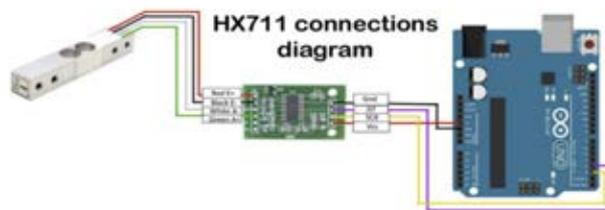
$$V_{out} = \left(\frac{4}{6} - \frac{2}{6} \right) 5.0$$

$$V_{out} = 1.667\text{volts}$$

Фиг. 3. Принцип на работа на тензодатчик

А. Алгоритъм, принципна схема и печатна платка на специализирания DFR

Разработен е авторски алгоритъм и програма в IDE средата Ардуино, с която изброените по-горе възможности се осъществяват. Алгоритъма по който функционира специализирания DFR е показан на Фиг. 5. Цялостната схема на свързване на конкретното решение е показана на Фиг. 6

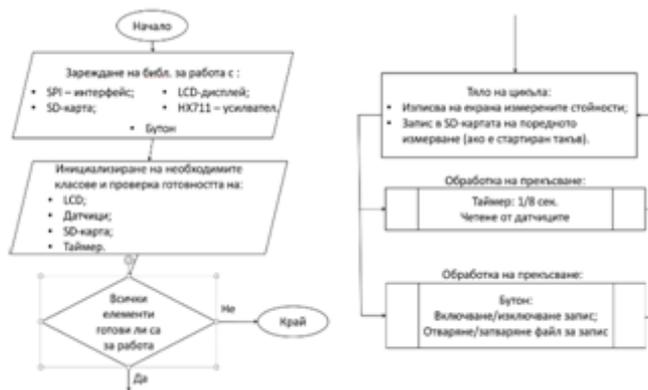


Фиг. 4. Диаграма на свързване на тензометричен датчик и усилвател HX711 с ардуино

Алгоритъма за управление и запис на данните от тензодатчиците е следният. След инициализация на всички класове основният елемент заложен в алгоритъма е таймер, който предизвиква прекъсване на главния цикъл 8 пъти в секунда. Управлението на запис се осъществява с бутон, който задейства външно прекъсване към ардуиното. В зависимост от начина на натискане на бутона, е възможно стартиране на запис на нов файл; спиране на запис на текущият файл.

Моментното усилие по двете оси както и режимът на работа – (запис във файл или не) се изобразява на дисплея

Компоненти за изграждане на платката са: Ардуино Нано; 3 бр. усилватели HX711; кондензатори, бутон, Micro SD карта mini TF модул за четене на карти със SPI интерфейс с чип на преобразувател на нива за arduino(MISO, MOSI, SCK, CS). LSD дисплей със Serial Board Module Port PCF8574 IIC/I2C/TWI/SPI Interface Module за 1602 LCD Display.

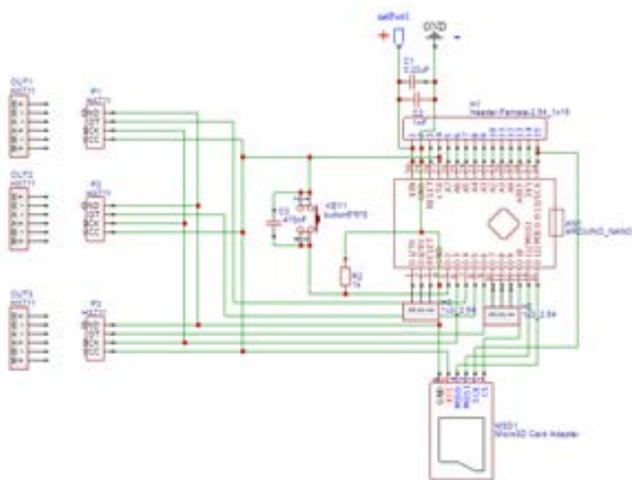


Фиг. 5. Алгоритъм за бордова система DFR

Захранването се осъществява с 9 волтова батерия, като се използва вградения стабилизатор на напрежение в платката на Ардуино нано. При създаването на платката е предвидено да може да се свърже допълнително и още един усилвател.

За да бъде системата компактна и преносима е проектиран корпус в който се поместват печатната платка, контролера, усилвателите, бутона за управление на системата, SD слота за мини TF карта и LCD дисплея. За мобилност е предвидено захранване от 9 волтова батерия, която също се помества в корпуса, изработен специално за целта на 3D принтер. Предвидено е системата да може да бъде лесно и стабилно прикрепяна към лоста за управление.

Създадена е подходяща конструкция закрепване на тензодатчиците към РУС, така че да записват разделно усилията в двата канала, без да оказват влияние един на друг.



Фиг. 6. Цялостна схема на свързване

След като системата е събрана и сглобена е осъществена тарировка на датчиците чрез тежести през 200гр. Тъй като датчиците са температурно зависими такава тарировка е необходимо да се извършва при всяка смяна на сезона в който системата ще се използва. Окончателен вид на системата е показан на Фиг. 7.



Фиг. 7. Окончателен вид на DFR

V. ИЗВОДИ

Доклада показва възможностите на съвременната технология за създаване на експериментална бордова система за измерване, съхраняване и обработка и на усилията в РУС. Развитие, базирано на използването на готови комерсиални технологии с реализиране на принципа „Commercial off-the-shelf“, дава възможност за ускорена разработка, внедряване и осигуряване скок в технологиите на по-консервативни области като военната авиация. Ползите от доклада могат да се обобщат по следния начин:

- Показана е методика за изграждане на измервателен инструмент чрез съвременни технологични решения;
- Разработена е бордова система, хардуерно и софтуерно осигуряване за снемане на усилията в лоста за управление по време на полет ;
- Използвани са възможностите на съвременните 3D принтери за осигуряване на компактност и мобилност;
- Данните от измерванията могат да бъдат използвани за изграждане на съвременен реалистичен тренажорен комплекс.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] M. A. Bromfield, „Criteria for acceptable stick force gradients of a light aeroplanE,“ brunel university, 2012.
- [2] G. Cooper и R. Harper, „The use of pilot rating in the evaluation of aircraft handling qualities,“ NASA, Virginia, 1969.
- [3] Д. Гешев, П. Узунов и В. Савов, Аеродинамика и динамика на полета на самолета, София: Издателство на министерство на отбраната „Св. Георги Победоносец“, 1996.
- [4] Д. Н. Гешев, Аеродинамика на летателните апарати - част трета, София: Военно издателство, 1990.
- [5] Р. Ж. Георгиев, Технически средства и алгоритми за обработка на полетната информация, Долна Митрополия: НВУ „Васил Левски“, 2004.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ НА СТЕНД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА РЪЧНИ ЕЛЕКТРОИНСТРУМЕНТИ

Цветан Найденов

ТК - Ловеч

Ловеч, България

e-mail: cvetannaidenov1@abv.bg

Резюме: Представени са резултатите от разработката и реализацията на съвременен компактен стенд с товарно устройство за изследване и изпитване на ръчни електроинструменти. Разработката е внедрена в сервизно-ремонтната и учебно-изследователската дейност в областта на ръчните електроинструменти.

Ключови думи: *ръчен електроинструмент, стенд, изпитване и изследване, товарно устройство.*

I. Увод

Ръчните електроинструменти (РЕИ) като обособен клас електротехнически изделия, се произвеждат в широка гама по предназначение, номинални данни и характеристики. Те се синтезират и произвеждат като електромеханичен агрегат, включващ задвижващ еднофазен колекторен двигател (ЕКД), редуктор, работен орган. Представяват обособен клас електротехнически изделия и се произвеждат в значителни количества, имайки масово и разнообразно приложение. Производството на променливотокови и постояннотокови колекторни машини с малка мощност (до 2,5-3,0 kW) непрекъснато нараства поради многостранното им приложение, особено в битовата и професионална техника – ръчни електроинструменти, миксери, перални, бъркалки, кафемелачки, прахосмукачки и пр.

Колекторните машини са сложни електротехнически устройства, изходните показатели на които определят множество параметри от конструктивен, технологичен, експлоатационен и енергиен характер на изделието, в което се вграждат. Към тях се предявяват постоянно все по-високи изисквания по отношение на технико-икономическите им и енергийни показатели, енергийната им ефективност, надеждност, ресурс и др. [1,2].

Известно е, че изпитанията на електротехнически изделия се делят на типови и контролни, съответно за окачествяване на нови изделия и за периодични изпитания на произведените серии в заводите-производители. Ръчните електроинструменти в единственият у нас производител „Спарки“ – Ловеч се изпитват за безопасност съгласно БДС EN 60745, електромагнитна съвместимост (ЕМС) и излъчване по БДС EN 55014-1, ЕМС и устойчивост по БДС EN 55014-2, ЕМС и хармонични и флуктоации по БДС EN 61000, а на експлоатационни изпитания се оценяват чрез методика на електролабораторията, за всяко изделие.

Изпитанията се провеждат в сертифицирана заводска лаборатория, снабдена с подходящо стендово

оборудване, контролно-измервателна апаратура и обслужвана от квалифициран инженерно-технически персонал. Измерването на електрическите величини става с наличната апаратура, периодично минаваща на метрологична проверка.

По-специфично е получаването и измерването на механичното натоварване на електроинструмента. За целта се използват пендел машини и вихровотокови електромагнитни спирачки. Към електромашинните устройства за измерване на въртящ момент се отнасят онези, в които ролята на натоварващо устройство се изпълнява от електрическа машина. Тъй като електрическите машини са обратими (работят като двигатели и генератори) електромеханичните устройства се отнасят както към спирачните", така и към задвижващите" устройства. Най-често електромашинните устройства за измерване на въртящ момент се изпълняват като махални (пендел) машини, снабдени със съответните устройства за измерване. Посредством пендел - машини" може да се изпитват както електрически машини, така и всякакви други въртящи се механизми (работни или други машини).

Съвременните пендел - машини" са съоръжени с точни силоизмервателни устройства, преобразуватели на честота на въртене и други допълнителни системи, които позволяват автоматично управление на режимите на работа и регистрация на резултатите от измерванията. Точността на измерване на въртящ момент чрез пендел -машина" зависи от редица фактори.

Вихровотоковите спирачки, като средство за натоварване, са получили широко приложение поради сравнително високата си надеждност, лесно и плавно регулиране на натоварващия момент. Триенето на ротора (диска) във въздуха и триенето в лагерите на статора създават натоварващи моменти, които не е възможно да се отчитат от скалата и водят до структурни грешки. Моментът от триене в статорните лагери, чрез подходящи мерки, може да се сведе до приемливо ниски стойности, докато момента от триене на ротора във въздуха може (особено при високи честоти на въртене) да предизвика грешка от порядъка на 2,5-7% от обхвата на скалата. Тази грешка може да се отстрани чрез т.н. корекционна крива. От конструктивно-технологични съображения се изпълняват с мощности най-много до 3 kW.

Трансмисионните моментомери са получили наименованието си поради това, че служат за механично съединяване (трансмисия) на валовете на натоварващото устройство и изпитвания механизъм или електрическа

машина. Структурната схема, за измерване на въртящ момент посредством трансмисионен моментомер, единствена не предполага наличие на структурни грешки, т.е. налице е само грешка на преобразувателя на въртящ момент (ПВМ). Този факт, определя трансмисионните моментомери кат най-подходящи за измерване на въртящи моменти във въртящи се; валове, както в статичен, така и в динамичен (преходен) режим. В основата на трансмисионните моментомери стои преобразуването на еластични деформации (премествания) в електрически величини, които, както е известно, се измерват без особени затруднения. Преобразувателите на еластична деформация (преместване) в електрическа величина (напрежение или ток) са един широк клас устройства, които се базират на известни физични ефекти. Посредством измерване на еластична деформация може да се измерват както сили (силоизмерватели), така и въртящи моменти (моментомери) [11].

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

Известни са много разработки на серийни и единични устройства за натоварване и изпитване на двигатели, електромашини и електроинструменти. В [1] се разглеждат основни методи и средства за лабораторна практика по електрически машини и апарати, а в [7] основни методи и средства за промишлени изпитания на електрически машини. В [2,3,4,5,6,8] са показани резултатите от разработването и внедряването в сервизно - ремонтната и учебно-изследователска дейност на гама модули и интер дисциплинарни учебно-тренировъчни стендове по битова електротехника и електромеханични устройства, вкл. и за провеждането на лабораторни упражнения и изследване на електромеханичните характеристики на електрически микромашини и електроинструменти. В [2,3,9,10] са представени резултати от разработени математически модели и симулационни изследвания с тях на електрозадвижвания за електроинструменти и сравнителен анализ с резултатите от лабораторни изпитания на конкретни видове ударно-пробивни електроинструменти. При такива изпитания основното натоварващо устройство е вихротоковата електромагнитна спирачка, чиито недостатъци бяха посочени.

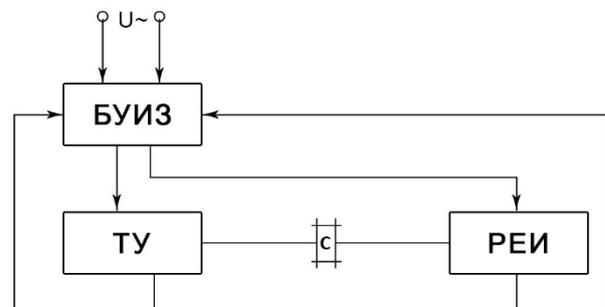
В условията на сервизно-ремонтната и изследователска дейност е необходимо наличието на стендово оборудване и диагностична апаратура за приемни изпитания и диагностика на постъпващата за изследване и ремонт техника.

Работата на дефектен инструмент може да доведе до аварийни ситуации, да навреди на здравето на потребителя на инструмента и хората около тях. За да се избегне това, е необходимо своевременно да се проверят електроинструментите. Тази инспекция следва да се извършва в съответствие с правилата, предвидени в законодателството за защита на труда. Той също така изложи необходимите алгоритми за това изпитване и понататъшна работа след идентифицирането и отстраняването на възможни грешки. Най-опасни в това отношение са проводимите компоненти и механизми в

случай на инцидентен контакт, при който може да възникне токов удар. За да се предпазят от такива ситуации, проводимите части се изолират многократно (т.н. двойна изолация). С течение на времето обаче инструментът се износва, възможни са сринове на изолацията. Следователно се осигурява проверка на електроинструментите, както и тяхната проверка [12].

Въз основа на направения обзор на литературни източници [1-10], отчитайки предимствата и най-вече недостатъците на вихротоковата електромагнитна спирачка, се наложи да се разработи и реализира компактно съвременно натоварващо устройство, със съответното захранване и контролно-измервателна апаратура. Устройството е предназначено за сервизно-ремонтната дейност и подпомагане на обучението на професионални бакалаври в областта на ръчните електроинструменти и електрически машини.

На фиг.1 е показана блоковата схема на разработения стенд за изпитване и анализ на ръчен електроинструмент. Състои се от блок за управление, измерване и защита (БУИЗ), товарно устройство (ТУ), изпитван ръчен електроинструмент (РЕИ), свързан чрез съединителя С към вала на товарното устройство. На фиг.2 е представена електрическата схема на стенда, на фиг. 3 - лицевия панел на БУИЗ, а на фиг.4 –товарното устройство на стенда. Реализацията е показана на фиг.5. Стендът позволява плавно регулиране на захранването на РЕИ и съответно плавно регулиране на натоварването (товарното устройство), реализирано като шунтов постоянно токов двигател, изпълнен на базата на активните части на ъглошлифовална машина, т.е. еднофазен колекторен двигател, захранен с постоянно напрежение. Плавното регулиране се осъществява през автотрансформатор T_1 и изправителната група В-10А, а котвената намотка на товарната машина се затваря накъсо през група товарни резистори R_1-R_2 (режим на динамично спиране) посредством контактите на контакторите КВ1-1 и КВ1-2. Измерването на тока и напрежението, както и на скоростта на въртене (с цифров оборотомер), на товарното устройство, позволява изчислително да се получи мощността и съпротивителния момент, оказван към изпитвания РЕИ, куплиран чрез съединител С към него. Стендът е снабден със защити срещу претоварване по ток и аварийен бутон Стоп.



Фиг. 1. Блок схема на стенда

III. ИЗВОДИ

Разработен и реализиран компактен преносим стенд за изпитване и анализ на състоянието на ръчен електроинструмент.

Стендът позволява получаването на работните характеристики на електроинструмента от празен ход до определено претоварване.

Внедрен е в сервизната дейност във фирми в областта на ръчните електроинструменти и битова електротехника.

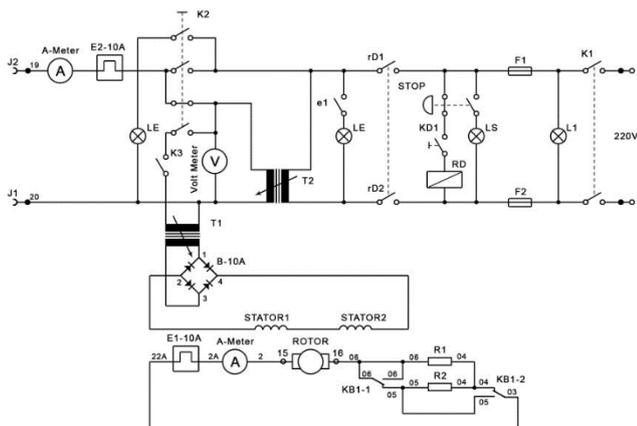
Подходящ е и се използва в обучението на професионални бакалаври за придобиване на компетенции за работа с такива съоръжения, както и за провеждане на лабораторни и изследователски дейности.

БЛАГОДАРНОСТИ

Разработката е в съответствие с целите и задачите на проект по фонд „Научни изследвания“ към ТУ- Габрово, дог.№ 2015ТК/2020 г.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ваклев И., Лабораторна практика по електрически машини и апарати, С., Техника, 1992.
- [2] Дочев М., Високоэффективни електрозадвигания за електроинструменти, Монография, Инфовижън, 160 стр., 2019 г., ISBN: 978-619-7442-35-9.
- [3] Дочев М., Методи и средства за техническа диагностика на електрически машини, Университетско издателство „В. Априлов“ – ТУ- Габрово, 2019 г., 161 стр., ISBN 978-954-683-585-7.
- [4] Дочев М., Разработка на интер дисциплинарни учебно-тренировъчни стендове по битова електротехника, МНТК „АДП 2018“, Машиностроене, Научни известия, година XXVI, брой 3/224, юни 2018, ISSN -1310-3946, стр. 218-223.
- [5] Дочев М., Разработка на интер дисциплинарни учебно-тренировъчни стендове по електромеханични устройства, МНТК „АДП 2018“, Машиностроене, Научни известия, година XXVI, брой 3/224, юни 2018, ISSN -1310-3946, стр. 224-226.
- [6] Дочев М., Демонстрационни учебно-тренировъчни модули по елементи на автоматиката, TechCo 2018, Ловеч, 20 Април 2018, ISSN 2535-079X, 53-57.
- [7] Жерве Г., Промышленные испытания электрических машин, Л., Энергия, 1968.
- [8] Дочев М., Стенд за виртуално и лабораторно изследване на технологичен процес, Научна конференция „TechCo 2017“ – Ловеч, 26 май 2017 г., 88-93, ISSN 2535-079X.
- [9] Dimitar Spirov, Milko Dochev, INVESTIGATIONS OF SINGLE-PHASE COLLECTOR MOTOR DRIVE SYSTEM WITH SOFT-SWITCHED QUASI RESONANT DC LINK INVERTER, „ELMA 2015“, Varna, 1-3 X 2015, стр. 40-44, ISSN 1313-4965.
- [10] Dimitar Spirov, Milko Dochev, Monitoring system for sensorless energy characteristics identification of inverter-fed single-phase collector motor drive, 15th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA 2017), 366-370, ISBN 978-1-5090-6690-2, IEEE Catalog Number CFP17L07-PRT.
- [11] <https://steklo-servise.ru/bg/power-tool-testing-inspection-and-testing-of-hand-and-electric-tools.html>
- [12] <http://www.referati.org/za-izpitvane-i-izsledvane-na-elektricheskite-mashini/25017/ref/p3>



Фиг. 2. Електрическа схема на стенда



Фиг. 3. Стенд за изпитване и изследване на електроинструменти лицев панел.



Фиг. 4. Стенд за изпитване и изследване на електроинструменти. Товарно устройство



Фиг. 5. Стенд за изпитване и изследване на електроинструменти. Реализация

ИЗСЛЕДВАНЕ И ДИАГНОСТИКА НА РЪЧНИ ЕЛЕКТРОИНСТРУМЕНТИ В УСЛОВИЯТА НА СЕРВИЗНО- РЕМОНТНАТА ДЕЙНОСТ

Милко Дочев
ТК - Ловеч
Ловеч, България
e-mail: dochev@mail.bg

Резюме: Представени са резултати от изследване и диагностика на ръчни електроинструменти в условията на сервизно-ремонтната дейност. Разработката е внедрена и учебно-изследователската и ремонтна дейност в областта на ръчните електроинструменти.

Ключови думи: ръчен електроинструмент, диагностика, изпитване и изследване.

I. УВОД

Ръчните механизирани инструменти повишават многократно производителността на труда, облекчават труда на работника и увеличават производствените му възможности. Те намират приложение в промишлеността, строителството, транспорта, селското стопанство, обслужването, битата, лабораториите, изпитвателните станции и др.

От произвежданите в света ръчни механизирани инструменти (електрически, пневматични, хидравлични и с двигатели с вътрешно горене), с електрическо задвижване са около 60 % поради по-малките експлоатационни разходи и по-големия им к.п.д.

Ръчният електроинструмент (РЕИ) е преносима машина с електрическо захранване, предназначена за извършване на определени технологични операции. През време на работа тя се държи с ръце или се окачва на подходящо приспособление. Главното движение се извършва от електродвигател, а спомагателното - от оператора чрез ръчно водене на машината.

Работата на дефектен инструмент може да доведе до аварийни ситуации, да навреди на здравето на потребителя на инструмента и хората около тях. За да се избегне това, е необходимо своевременно да се проверят електроинструментите. Тази инспекция следва да се извършва в съответствие с правилата, предвидени в законодателството за защита на труда. Той също така изложи необходимите алгоритми за това изпитване и по-нататъшна работа след идентифицирането и отстраняването на възможни грешки. Най-опасни в това отношение са проводимите компоненти и механизми в случай на инцидентен контакт, при който може да възникне токов удар. За да се предпазят от такива ситуации, проводимите части се изолират многократно. С течение на времето обаче инструментът се износва, възможни са сринове на изолацията. Следователно трябва да се осигурява периодична проверка на състоянието на електроинструментите.

В условията на сервизно-ремонтната дейност се изпълняват поредица от процедури, за установяване на техническото състояние на електроинструмента, и необходимите дейности за профилактика и ремонт.

При проверка на електрически инструменти, първо се прави цялостна визуална проверка за механични повреди, повреда на целостта на корпуса и проверка на изолацията на захранващия кабел, като се извършва анализ на целостта му. Освен това се проверява механичната цялост на щепсела, щуцера и качеството на контактите.

Проверката е по-задълбочена процедура. Тя включва следните операции:

- Измерване на изолацията на проводниците на кабела, захранващ инструмента, чрез мегаоммер; Определяне наличието и годността на заземяващата верига чрез прилагане на специален омметър - единият край на устройството е свързан към изхода на щепсела, а другият към земята, разположена върху самия инструмент. Измерванията трябва да показват не повече от 0,5 ома, което отговаря на условията за безопасност при използване на инструмента.
- Измерването на целостта и качеството на изолацията се проверява с мегомметър при напрежение не повече от 500 V за електроинструмент, предназначен за работно напрежение 230 V. Устройството трябва да показва изолационно съпротивление над 500 k Ω , ако тази стойност е по-малка, е забранено да се работи с него.
- Измерване на електрическата якост на изолацията с уредба за високо напрежение и изпитвателни стойности на напрежението, съгласно стандартните изисквания.
- След това се провежда пробен тест при работа на празен ход в продължение на няколко минути, като машината се развърта плавно чрез регулиране на напрежението, обикновено с автотрансформатор.
- Прави се органолептична оценка на състоянието на машината – шум, вибрации, искрене, загряване и др.



Според правилата, битовите електроинструменти трябва да се проверяват поне веднъж на всеки шест месеца.

Ако даден професионален инструмент е постоянно повлиян от неблагоприятни фактори (високи температури, прекомерна запрашеност, химическа експозиция), максималният период между проверките не трябва да надвишава 1-2 седмици.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

В [2] е направен обстоен обзор и анализ на дефекти и повреди в основните възли и елементи на електроинструмента. Но тая основа е разработена диагностична идентификационна таблица на дефекти и повреди в ръчен електроинструмент и нужните технически дейности по отстраняването им (Таблица 1).

ТАБЛИЦА 1 ДИАГНОСТИЧНА ТАБЛИЦА

| Причини за неизправността | Начин на отстраняване |
|---|--|
| <i>Електродвигател не работи след включване на прекъсвач</i> | |
| - Неизправен захранващ шнур с шепсел - Неизправен прекъсвач - Разхлабена клема, прекъснатата вътрешна връзка, спойка или др. съединение - Блокирала четка в четкодържател, счупена четка, изключил изключвател на четка, счупен четкодържател - Прекъснатата, изгоряла намотка на статора или котвата - Прекъснато пусково съпротивление на въглошлайф машина - Повреден електронен блок за управление (електронен регулатор) | - Подмяна се с нов шнур с шепсел - Подмяна на прекъсвач - Възстановява се трайна връзка (съединение) - Подмяна с нов елемент(четка, четкодържател) - Подмяна с нова заводска котва/статор - Подмяна с ново съпротивление - Подмяна с нов електронен блок |
| <i>Под напрежение са попаднали допираеми метални части</i> | |
| - Повреда (пробив) на допълнителна или усилена изолация - Силно замърсяване и влошаване качеството на изолационните разстояния и поява на токопроводим прах (основно от разпрашване на графит от четките) | - Подмяна на неизправен елемент с нов - Продухване със сух компресиран въздух и почистване с мека четка на замърсени повърхности |
| <i>Повишено искрене на четките (недопустимо ниво)</i> | |
| - Счупени или износени четки - Недостатъчен или повишен натиск върху четките - Несъответстващи четки - Деформиран четкодържател - Износен (деформиран) колектор - Прекъснатата котва, м.к.с. в котвата - М.к.с. в полюсна бобина/и на | - Подмяна с нови, заводски, със същите електро и физични показатели - Подмяна на винтова пружина (при бормащини), четкодържател-комплект или контактна спирална пружина (при въглошлайф машини) - Подмяна с нови, заводски, със същите електро и физични показатели съгл. предписанията на завода-производител - Заменя се с нов четкодържател - Престъргване, шлайфане, апробиране на котвата и евентуално пребалансиране - Заменя се с нова котва - Заменя се с нов статор |

| | |
|--|--|
| статор - Натрупване на графитен прах или замърсяване на между ламелно пространство или непочистена (повдигната) междуламелна изолация | - Аранжиране (прорязване) на изолацията на нужната дълбочина и прешлайфане на котвата |
| <i>При натоварване двигателят няма мощност, честотата на въртене спада рязко</i> | |
| - Междунавивково късо съединение в ротор/статор - Прекъсване в котвена намотка - Неизправно пусково реле на въглошлайф, неизправен електронен блок | - Подмяна се с нов ротор/статор - Подмяна се котвата - Подмяна на повреден елемент |
| <i>Силно загрят корпус на двигателя, мирис на изгоряла изолация, поява на дим от вентилационни отвори</i> | |
| - Недопустимо претоварване на машината - Междунавивково късо съединение в ротор, статор - Счупен вентилатор или запушени вентилационни отвори - Неправилен монтаж, претриване ротор-статор, несъосност или др. механичен дефект - Триене ротор-статор поради разбити лагери/лагерни гнезда | - Разтоварване и работа до допустими граници на натоварване - Заменя се възелът с неизправна намотка с нов - Подмяна на вентилатор, почистване и продухване на инструмента със съгъстен въздух - Разглобяване и повторно сглобяване съгл.технологичните инструкции - Подмяна с нови лагери/лагерни гнезда (лагерни щитове) |
| <i>Електродвигателят се върти с нормална честота, но работният инструмент е в покой или спира при натоварване</i> | |
| - Неизправно зъбно колело, пиньон, съединител или друг елемент от предавателния механизъм (редуктор). - Счупен междинен вал - Преплъзване на патронника спрямо шпиндела (при конусна сглобка) - Износване на „О“ пръстени или износване на бутало-цилиндър при перфоратори и къртачи | - Подмяна на елемента или целия възел - Подмяна с нов междинен вал - Почистване на конусната повърхност или подмяна на патронник или шпиндел - замяна с такива елементи с резба - Подмяна на елемента или целия възел |
| <i>Повишен шум в редуктор/предавателен механизъм и/или недопустимо загряване</i> | |
| - Недостатъчно мазане, недостатъчно количество грес, нарушени уплътнения, изтичане на смазка - Износени зъбни колела, нарушено междусно и между центрово разстояние, износване на лагерни гнезда в редукторни кутии - Дефект в лагери | - Почистване, ново смазване с необходимото по инструкция количество грес, подмяна на уплътнения - Подмяна на дефектния елемент или целия възел, редукторна кутия, лагерен щит и др. - Подменят се с нови лагери съгл. сервисна документация |
| <i>Недопустимо биене на работното вретено</i> | |
| - Износени лагери, дефект в лагери - Износване на гнезда в редукторни кутии, в лагерни щитове, износване на уплътнения и др. | - Подменят се с нови лагери съгл. сервисна документация - Подменят се с нови елементи съгл. сервисна документация |

Разработената таблица е приложима в условията на сервисно-ремонтната дейност на електроинструменти и битова електротехника. Наличното изпитвателно оборудване и теоретично-практическата подготовка на техническия персонал позволява на базата на изпълнението на диагностични процедури, посочени в таблицата, да се направят съответните оценки и

предприемат необходимите ремонтни и профилактични мерки.

По-сериозен професионален интерес представлява изпитването и изследването на РЕИ в условията на сервиз, или в учебни лаборатории. Известни са различни разработки в тая област [1,2,3,4,5,6]. На базата на направеното в посочената литература проучване, за целта, с помощта на фирма „Девимакс“- Ловеч и преподаватели от ТК - Ловеч, е разработен и реализиран стенд за изпитване и изследване на ръчни електроинструменти (фиг. 1).



Фиг.1 Стенд за изпитване и изследване на ръчни електроинструменти

Стендът позволява плавно пускане, развъртане и натоварване на изпитвания електроинструмент, например ъглошлифовална машина, и получаването на серия товарни характеристики на машината. На тяхна база може да се направи точна оценка на състоянието на електроинструмента. В табл. 2 са представени примерни резултати от изпитването на машина модел WSA 2300 и получените товарни характеристики при напрежение $U_{nom} = 230 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$ и постепенно натоварване от празен ход до 1,25 пъти претоварване по ток.

ТАБЛИЦА 2

| I_1 [A] | P_1 [W] | $M_{в\ddot{y}pг.}$ [N.m] | n [min^{-1}] | P_2 [W] | КПД [%] | $\cos \varphi$ |
|----------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|----------------|--------------|----------------|
| 3,42 | 760 | 0 | 6365 | 0 | 0 | 0,966 |
| 4,45 | 940 | 0,38 | 5595 | 223 | 23,7 | 0,918 |
| 5,74 | 1200 | 1,04 | 5080 | 553 | 46,1 | 0,909 |
| 6,64 | 1400 | 1,49 | 4835 | 754 | 53,9 | 0,917 |
| 7,61 | 1600 | 1,99 | 4588 | 956 | 59,7 | 0,914 |
| 8,50 | 1800 | 2,48 | 4370 | 1135 | 63,0 | 0,921 |
| 9,47 | 2000 | 2,98 | 4157 | 1297 | 64,9 | 0,918 |
| 10,35 | 2200 | 3,41 | 3975 | 1419 | 64,5 | 0,924 |
| 11,35 | 2400 | 3,95 | 3753 | 1552 | 64,7 | 0,919 |

По този начин точно и достатъчно ясно се получават визуални и количествени резултати за оценка на

състоянието на изпитвания електроинструмент. Резултатите се сравняват с предписаните стойности в паспортната документация и се правят съответните заключения за функционалността на машината.

III. ИЗВОДИ

Направен е алгоритъм за приемни процедури на РЕИ в условията на сервизно-ремонтната дейност.

Разработена е компактна диагностична таблица, с причинно-следствени връзки за основните технически дейности по диагностика и отстраняване на дефекти и повреди в РЕИ.

На базата на внедрен в сервизната дейност стенд за изпитване и изследване на ръчни електроинструменти са проведени изпитания на определен типоразмер ъглошлиф машина и са получени товарните ѝ характеристики.

БЛАГОДАРНОСТИ

Разработката е в съответствие с целите и задачите на проект по фонд „Научни изследвания“ към ТУ- Габрово, дог.№ 2015ТК/2020 г.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дочев М., Методи и средства за техническа диагностика на електрически машини, Университетско издателство „В. Априлов“ – ТУ- Габрово, 2019 г., 161 стр., ISBN 978-954-683-585-7.
- [2] Дочев М., Разработка на интер дисциплинарни учебно-тренировъчни стендове по битова електротехника, МНТК „АДП 2018“, Машиностроене, Научни известия, година XXVI, брой 3/224, юни 2018, ISSN -1310-3946, стр. 218-223.
- [3] Дочев М., Разработка на интер дисциплинарни учебно-тренировъчни стендове по електромеханични устройства, МНТК „АДП 2018“, Машиностроене, Научни известия, година XXVI, брой 3/224, юни 2018, ISSN -1310-3946, стр. 224-226.
- [4] Жилевски М., М. Жилевска, Сравнителен анализ между постоянно и променливо токови електрозадвижвания, приложими в металорежещите машини, TechCO, Технически колеж - Ловеч, 103-109, 2018, ISSN 2535-079X.
- [5] Жилевска М., М. Жилевски, Алгоритъм за разработка на лидер диаграма за металорежещи машини, Proceedings of the International Scientific Conference “Unitech – Gabrovo”, т. 1, 387-391, 2015, ISSN 1313-230X.
- [6] <https://steklo-servise.ru/bg/power-tool-testing-inspection-and-testing-of-hand-and-electric-tools.html>

СЪВРЕМЕННИ САТЕЛИТНИ КОМУНИКАЦИОННИ СИСТЕМИ

Красимир Терзиев
ИИКТ-БАН
София, България
e-mail: krterziev@gmail.com

Димитър Карастоянов
ИИКТ-БАН
София, България
e-mail: dimikara@abv.bg

Резюме: В настоящата статия са представени сателитните комуникационни системи. Разгледана е историята на сателитното и кабелно излъчване. Описани са основните компоненти на спътниковата връзка. Представени са различни услуги, предлагани от спътниковите мрежи, видове орбити, зони на обслужване и проектиране на спътникови комуникационни системи.

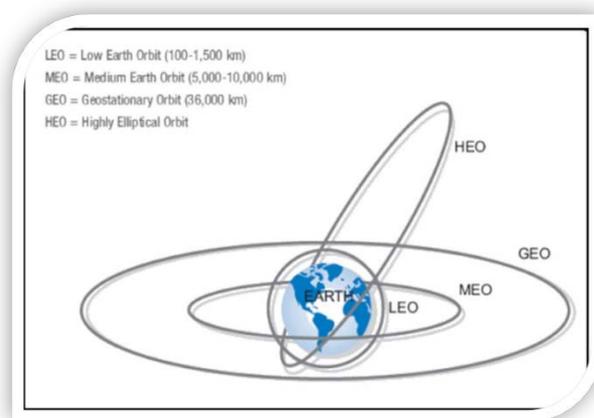
Ключови думи: сателит, спътникова връзка, орбита, зона на обслужване

I. УВОД

Историческите факти дават сведения, че пионер на сателитната технология е двадесет и седем годишния военно-въздушен офицер и учен на име Артър Кларк, който по време на тренировъчен лагер описва първоначалната концепция. Той написва статия „Extra terrestrial relays“, която пресъздава идеята за комуникационните спътници, като текстът се публикува в Британското издание „Wireless World“. Там се описва, че изкуствен спътник на точна дистанция от земята, би останал насочен към същата точка в продължение на 24 часа и с оптичен радиус от около половината от земната повърхност. Според неговата теория ще бъдат необходими три наземни станции, които да покрият 360 градуса и да осигурят глобална комуникационна свързаност. Точната дистанция, която е определена от екватора, при която сателитът ще се движи с еднаква скорост като земята е 35 786 км и е наименувана на създателя ѝ – орбитата на Кларк. По този начин всички антени на земята ще бъдат насочени фиксирано към една позиция и няма да е нужно да се насочват и настройват периодично, за да предават или приемат данни. Системата, описана от Артър Кларк всъщност се счита от учените като повратна точка в сателитната индустрия, която поставя основата на комерсиализацията на спътниковите комуникационни услуги. Той е наречен също баща на индустрията, Фиг.1, [1].

Основно на двама инженери – Др. Джон Пиърс от „Bell Labs“ и Др. Харолд Роузен от „Hughes Aircraft company“ се дължи практическото разработване на сателитните комуникационни системи. На Пиърс дължим не само концепцията за техническата реализация за сателитните технологии, но и kalkulациите му за потенциала на пазара и оценката му за това, че тази технология би имала възможност да поддържа едновременно над 1000 едновременни телефонни разговора. Розен успява да реши въпроса с стабилизирането на спътника на геостационарна орбита, използвайки научния труд на Карл Андерсон, носител на Нобелова награда за физика, който описва така наречената въртяща се стабилизация – spin stabilization.

Практически първият активен комуникационен геостационарен спътник официално е Syncom 3, [2], който излъчва на живо Олимпийските игри от Япония от Щатите през 1964 година. В допълнение спътникът се използва също за комуникационна връзка между Азия и Тихия океан по време на Виетнамската война.



Фиг. 1. Видове сателитни орбити (Източник <https://iasmania.com/types-of-satellite-orbits/>)

II. КАБЕЛНО И САТЕЛИТНО ИЗЛЪЧВАНЕ

Сателитното излъчването на снимки от първото стъпване на луната през 1969, както и летните олимпийски игри в Мюнхен, Германия през 1972 до милиони хора, доказват на света силата и влиянието на технологията. Въпреки това, основното предназначение на геостационарните спътници е осъществяване на пренос на данни и гласови услуги. Причината за това е, че по това време един транспондер е имал възможност да излъчи само един телевизионен канал. Глобален оператор е бил Intelsat, който е осигурявал телекомуникационни услуги. През 1974 година активно започва налагането на нови локални Американски сателитни оператори. Подтик за това е отчасти и изстрелването на ANIK 1 от Канада през същата година, който излъчва телевизионна програма в обширната територия на Канада, и до САЩ.

Първият местен американски сателит е бил WESTAR I, изстрелян на 13 Април 1974 година. На този спътник, на 30 Септември 1975 година от Манила, Филипините, се осъществява на живо излъчването на боксовия мач между Мохамед Али и Джо Фрейзър в тежка категория. Медийната компания, която го реализира е Home Box Office – HBO. Мачът е бил наричан с името „Thrilla in Manila“. Мачът е се излъчва на живо до 10 000 абонати на кабелния оператор в Vero Beach -Ft. Pierce, Флорида –

UA Columbia Cable. Това е първото излъчване на сигнал от кабелен оператор, което дава нов тласък за развитие на технологията и остава в историята под името „Денят след Thrilla“. Малко след това голяма част от кабелните Head-end-и започват да приемат сателитни програми, които да разпространяват в мрежите си.

През 1976 . идеята за предимствата от използването на сателитните технологии и възможността да се излъчват кабелни програми до всяка точка в страната окрилява Тед Търнър и той се захваща с пълна сила да развива излъчването на съдържание на сателитна платформа. Пробивът, който прави CNN по света и развитието на сателитната дистрибуция, провокира академик Джон Хендрикс да създаде Discovery channel. Малко по-късно медийният пазар е зает с множество телевизионни канали, [3].

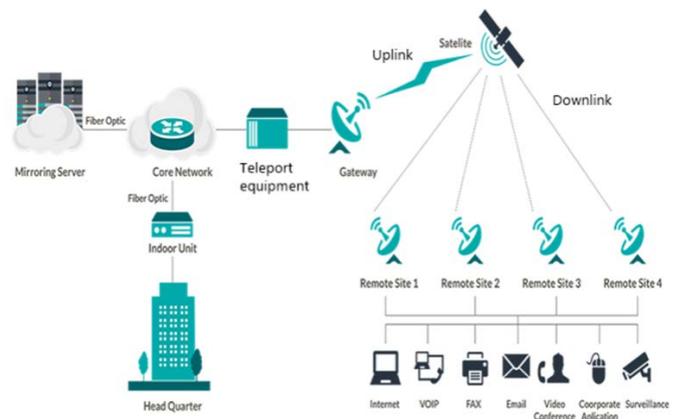
В първата година от новото хилядолетие, сателитната индустрия бележи своя зенит, въпреки турбулентното навлизане на Интернет технологиите и Телеком услугите. Асоциацията на сателитната индустрия публикува доклад с данни за общ оборот от 80 милиарда долара. Средният ръст на годишна база е 15 процента, което е обещаващо за нови инвестиции и наличие на стабилна сфера. Началото, което положи преди 37 години Intelsat, сега се превръща в могъща световна сателитна индустрия.

III. ОСНОВНИ КОМПОНЕНТИ НА СПЪТНИКОВАТА ВРЪЗКА

Спътниковите комуникации се използват за пренос на всякакъв тип услуги като данни, гласови услуги, видео и мултимедийно съдържание, морски сателитен интернет, както и изграждане на преносна среда между различни точки в света, която може да е защитена (VPN връзки с RF encryption) или просто достъп до глобалната мрежа, [4]. Спътниковата комуникация включва два основни сегмента – космически и наземен сегмент, Фиг. 2. Наземният сегмент се разделя на две отделни сечения – Gateway (Телепорт станция) и клиентски (отдалечен терминал или точка).

Gateway се състои 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 сигнала до и от космическия сегмент (спътниците). Хардуерът, който се използва са различни типове приемници, модулатори, модеми, суитчове, хъбове и много други. Трябва да добавим, 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.

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/локация. Към днешна дата над 1000 изкуствени спътника са около земята. Размерите им са много различни, като варират от т. н.



Фиг. 2. Компоненти на спътниковата комуникация (Източник <http://www.dtp.net.id/vsat/services/id-net-vno/>)

Cube satellites – които са до 4 инча и 2 паунда, до такива с тежест 10 тона и 34 метра дължина. Два са основните компоненти – BUS (захранване, механически компоненти, рефлектори, излъчватели, соларни панели, батерии, охлаждане, мотори за позициониране, съпорт функции) и Payload (комуникационната част – антени и транспондери).

IV. УСЛУГИ, ПРЕДЛАГАНИ ОТ СПЪТНИКОВИТЕ МРЕЖИ

Основните видове услуги, предлагани от спътниковите мрежи са, [5, 6]:

- FSS -Fixed Satellite services – стационарни спътникови услуги. Осигуряват комуникации между една или няколко фиксирани наземни точки чрез ретранслация през един или няколко спътника. Когато имаме пренос през няколко сателита, се осъществява така наречената inter satellite service / link / ISS/. Този тип транспондери се отличават в това, че лесно могат да се разделят на няколко носещи, което го прави предпочитан при изграждането на връзки.
- BSS / Broadcast Satellite Service / - Радио и Телевизионно разпръскване – тази технология се използва при излъчването на ТВ канали – най-често при DTH услугите. Тук е характерно използването на цели транспондери, за да се предаде телевизионното съдържание до крайната точка. Тази технология се използва от кабелните оператори предвид ефективността на честотната лента, предвид използването на целия капацитет в транспондера – 36Mhz, 54Mhz или 72Mhz.
- DBS – Direct broadcast satellite – директни радио и телевизионни услуги. Използват се, но имаме по-висока от стандартната честота, което води след себе си и по-рядкото прилагане, предвид факта, че операторите не разполагат с оборудване.
- DTH – Direct to home – това е най-често използваната услуга за излъчване на тв съдържание до крайни абонати. Предимството е, че оборудването е достъпно и с подходящи размери, което води до честото му използване.

- MSS – mobile satellite services – мобилни спътникови услуги - осигуряване на сателитна връзка до подвижни обекти, на които най-често се монтират портативни и преносими антени и терминали, които имат автоматичен тракинг, за да проследяват сателита към който са насочени. Индустриите, в които се прилагат са морски, авиационни и наземни като влакове, автобуси и т.н.
- Радиолобителски връзки – осъществяват се чрез спътници на ниска или силно елиптична орбита
- GPS/Global Positioning System – мрежа от спътници на средна орбита, които позиционират всеки един обект на земята. Използва се активно от автомобили, спортисти, пътешественици и други нужди в цял свят.
- Метеорологични сателити – метеорологични сателити като METEOSAT, NOAA за наблюдение на време и атмосферни условия и земята.
- Радио определящи спътникови услуги RDSS /Radiodetermination satellite service/ – използват се в авиацията за точно определяне на местоположение, скорост или други параметри на обектите. RDSS системата позволява обмен на точни данни и координати между различни обекти, а не само еднопосочно.
- Радио навигационни спътникови системи – RNSS – Radio navigation Satellite services – прилага се в морската индустрия и се използва за определяне на време, местоположение на плавателното средство.
- Военни спътници – мрежа от сателити, които се използват изцяло от военните.

V. ВИДОВЕ ОРБИТИ НА СПЪТНИЦИТЕ

Основните сателитни орбити в индустрията са, [7]:

- Геостационарна околоземна орбита /Geostationary earth orbit - GEO

За да се нарече една орбита геостационарна, тя следва да отговаря на следните три условия – спътникът да се движи към изток със същата ъглова скорост, както тази на земята; орбитата да е кръгова, а не елиптична (ексцентричност $e=0$), за да може геостационарната орбита да съвпада с екваториалната равнина; ъгъл на инклинация трябва да е равен на нула. Изпълнявайки тези условия, спътникът, погледнат от земния екватор, се намира на приблизително 35 786км от земята. Орбиталният период е равен на периода на завъртането на земята. Практически сателитът прави една пълна обиколка на земята също за 24 часа.

- Средна околоземна орбита – Middle Earth orbit – MEO

Тази орбита се намира на около 20 000 км, като тя се намира малко по-ниско от геостационарната орбита. Тук влиянието на Доплеровия ефект също е силно, предвид и по-високата скорост на спътниците. Връзката със земята

се осъществява за няколко часа, като за осигуряването на глобално покритие са необходими повече спътници на различни орбитални равнини. Както вече разгледахме по-рано, предвид по-близкото и разстояние до земята, се наблюдава и по-малко времезакъснение – 70ms до 120ms. Най-често използваните спътници и услуги на тази орбита са GPS – Global positioning system с 24 сателита на разстояние приблизително 20 200км. Също се намира и ГЛОНАСС – Глобална Навигационна Спутникова Система със също 24 спътника на 19 100км, както и Galileo на 23 600км. В допълнение трябва да отбележим, че един от ключовите сателитни оператори SES Astra също оперира съвездие е MEO орбита, наречено O3B. Името му произлиза от идеята, че ще обслужва останалите 3 милиарда население, които нямат достъп до Интернет – от английски Other 3 Billion.

- Висока елипсовидна околоземна орбита –

Тази орбита се характеризира с формата на елипса $e \neq 0$. Перигеят и е на приблизително 500 км над земята, а апогеят на 50 000 км. Скоростта на спътника не е постоянна, предвид и нейната различна височина, спрямо земята и поради тази причина действащите върху него Доплеров ефект. 2/3 от времето си сателитите остават в апогея си и имат добра видимост над земята, предвид почти стационарната му позиция. Времето, което преминава през перигея пък е няколко десетки минути. Времезакъснението му е различно, защото се наблюдава и различна височина от земната повърхност. То варира между 50ms – 320ms. Животът на тези спътници е сравнително кратък, защото преминават през двата радиационни пояса на VAN ALLEN, които оказват изключително негативно въздействие върху електронните им елементи и слънчевите батерии за захранване. Тяхното предимство е, че в областите с големи географски ширини, се наблюдава висок ъгъл на елевация и съответно добри телекомуникационни параметри за предаване на данни. Подобни системи са Тундра и Молния. Тундра разполага с два спътника на орбити с разстояние от 18 000 км в перигея и 53000 км в апогея си. Молния имат три спътника с орбити на около 1000 км в перигея и 39 105 км в апогея си. Видимостта е около 8 часа, период 12 часа, инклинация 63.4 градуса и ексцентричност на орбитата $e=0.722$

- Ниска наземна орбита / Low earth orbit – LEO

Тази орбита се характеризира с височина от 160км до 2500км над земната повърхност. Най-често тези сателити имат полярна орбита, като покриват и полюсите. Те се наричат също негеосинхронни сателити, като в последните години има значителен ръст на интереса към тях. Телекомуникационните доставчици използват предимствата на ниската орбита, защото се намират на по-малко разстояние от земята – съответно забавянето на сигнала е по-малък, за разлика от геостационарните спътници. Енергията, която е нужна за от наземните антени също е по-малка, предвид по-късото разстояние до тях, което води след себе си и използването на по-малки антени за преноса на информация. Също е важно да се отбележи, че орбитата се намира под двата радиационни пояса на VAN ALLEN.

Очакваните най-големи LEO проекти са, [8]:

- ONE WEB constellation – 720 спътника; Използвани честоти KU band, KA band; Bent-pipe архитектура, без cross links; общ капацитет 1.56Tbps; 71 необходими Gateway станции за изграждане на мрежата; 145kg тежест на спътника; Старт на услугата 2020
- Starlink / Space X – 4425 спътника; използвани честоти KU band, KA band; оптични cross-линкове между сателитите; общ капацитет 23.7Tbps; Над 100 наземни станции необходими за изграждане на мрежа; 386kg тежест на спътника; Начало на услугата 2020 година
- Telesat – 117 спътника, използвани честоти KU band, KA band; оптични cross-линкове между сателитите; общ капацитет 2.66Tbps; 42 Gateway станции са необходими за изграждането на мрежата; начало на услугата 2022 година
- Kepler / Amazon – 3236 спътника. Към момента се очакват допълнителни данни за този проект на Джеф Безос.

Предвид изискването за голям брой наземни станции, чрез които да се изграждат мрежите, се отваря значителен търговски потенциал за Телепорт операторите по света. Разполагайки с всички необходими стандарти, които се залагат от ITU и World Teleport Association, те биха могли да осигурят колокацията на трайкин антените, както и цялостния гръбнак на телекомуникационната мрежа, за да се реализира сателитната връзка и преноса на данни. В България се намира един от най-солидните и технологично развити Телепорт-и на име Плана, собственост на най-голямата телекомуникационна компания VIVACOM. Намира се в Плана планина, като станцията притежава един от най-високите сертификати за качество на услугите от World Teleport Association – Tier 3.

На станцията в Плана има разположена LEO антена, която има възможност да проследява спътници на ниска околоземна орбита. Накратко тази антена изпълнява сателитни мисии, които са предварително зададени от оператора на Плана, чрез специализиран софтуер и при преминаването над нея, приема данните и ги предава към крайната дестинация – в общия случай се използва cloud платформа от Amazon или друг доставчик на такъв тип услуги. Антената е с наименование Orbit Gaya 100 - 4.5m, като специфичното при нея е използването на S/X честотни бандове. Предаването се осъществява в S band 2020 -2120 MHz, а приемането в S band 2200 – 2300 MHz и X band 7900 – 8400Mhz.

В този случай тя следи нано спътник, който е разработен от българската компания EnduroSat. Чрез нея се приемат и данни от спътници, които работят в този честотен спектър, (Фиг. 3), (Фиг. 4).



Фиг. 3. Orbit Gaya антена на станция Плана – външна част (Източник: <https://www.endurosat.com/services/digital-ground-station/>)



Фиг. 4. Orbit Gaya антена на станция Плана – вътр. част (Източник: <https://www.endurosat.com/services/digital-ground-station/>)

VI. ПОКРИТИЕ (ЗОНА НА ОБСЛУЖВАНЕ) НА СПЪТНИЦИТЕ

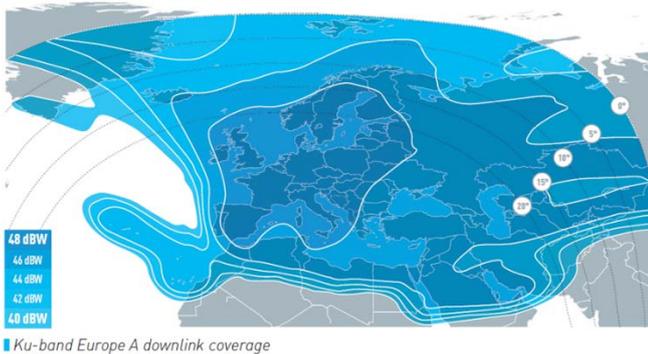
Една от важните характеристики на спътниците в орбита е зоната на покритие /footprint/ и съответно силата на сигнала, който има в downlink посоката към наземната станция. В зависимост от нивата на покритие и сигнал, следва да се определи прецизно и конкретното оборудване, което би било подходящо за изготвянето на сателитна телекомуникационна връзка. Преди изработването на спътника, операторът точно определя зоните, които трябва да покрие и капацитетите, които ще се осигурят към крайните клиентски терминали. Цялостното оборудване и антените са така проектирани, че да обслужват добро покритие върху зоната, която се предвижда. Както вече говорихме по-рано, един геостационарен спътник може да покрие 1/3 от наземната повърхност. Обикновено обаче покритието е концентрирано в различни области, които се наричат със специфични термини, спрямо големината им. Колкото по-малка е зоната, която се обслужва от спътника, респективно и толкова по-силен и сигналът му. След като имаме по-добър сигнал, антената на земята позволява да бъде по-малко и по-евтино. Според региона, който обслужват, сателитните лъчове са делят на:

- Global beam – сателитен лъч, който покрива цялата зона / около 40% / , видима от него.

- Nemi beam – сателитен лъч, който покрива едно полукуълбо / северно или южно, западно или източно.
- Spot beam – тесен концентриран лъч в малка зона, който има силно покритие
- Wide beam – сателитни лъчи, които са с широка зона на покритие и обслужват по-голяма зона – за разлика от spot beam

Всяка една сателитна платформа разполага с различни региони за uplink (от наземната станция) и downlink, Фиг. 5. Преди да се осъществи една спътникова връзка следва да се направи и калкулация на спътниковата връзка / link budget от сателитния оператор. За да не се получават интерференции при застъпване на двата лъча – uplink и downlink, се използват различни честоти на излъчване и получаване.

По-често те съвпадат с малки различия на покритието, но често се използва и така наречената cross-trap функция или превключването на лъчите от един към друг. Например един ТВ канал би могъл да се излъчва от само една територия – като Франция, Великобритания или България, а може да се получава в Африка.



Фиг. 5. Зона на покритие на сателит – downlink coverage (Източник – Eutelsat)

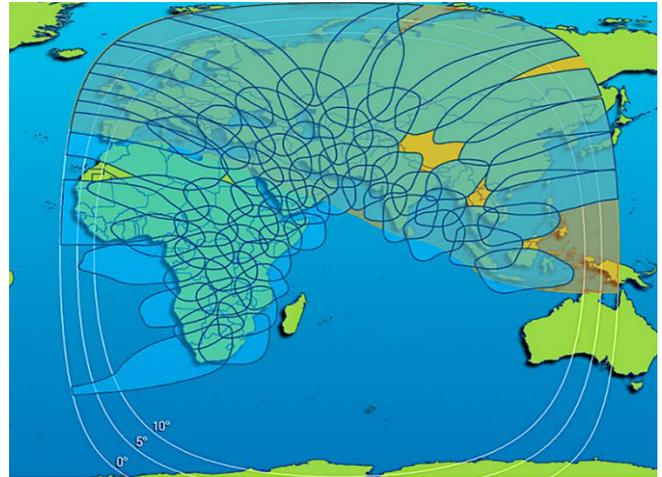
Последните години се забелязва навлизането на нов тип сателити – High Throughput Satellites – HTS, Фиг. 6. Те се характеризират с наличието на много концентрирани в прецизни области точки, които са със силен сигнал / най-често в KA band, но понякога и в KU band /, който предоставя високи капацитети – така както се вижда и от наименованието им в превод на английски език. Те имат също голям на брой транспондери. Те практически мултиплицират честотния капацитет в концентрирани зони на земята, за да се предоставят висок обем данни, [9].

Предимствата им са, че антените, които се използват са сравнително малки, а това им дава възможност за бърза адаптация към пазара и по-голямото търсене, предвид по-достъпните цени.

VIII. ПРОЕКТИРАНЕ НА СПЪТНИКОВИ ВРЪЗКИ

Това е един от основните процеси при изграждане на сателитни връзки. Важно е да добавим, че системното проектиране на спътниковата връзка от сателитния оператор или така наречения link budget има за цел да се

изчисли точно оборудването и всички параметри по връзката, за да се реализират добри съотношения C/N: Carrier/Noise – канал/шум.



Фиг. 6. Покритие на High Throughput Satellite – Intelsat 33E (Източник www.intelsat.com)

Използва се още аббревиатурата S/N – signal to noise. Тя показва връзката между силата на сигнала спрямо нивата на шум, измерена в dB на входа. В изчисленията на връзката влизат най-често апаратурата на наземната станция – модулатор, демодулатор, повишаващ и понижаващ конвертор, усилвател, приемно-предавателна антена и base band блок. В частта на спътника се използва транспондера.

- Проектиране на връзката наземна станция-спътник uplink

За да се осъществи добра връзка между наземната станция и спътника и да се използват максимално възможностите на транспондера, е важно плътността на потока мощност, падащ към наземната станция да е с висока наситеност. Плътността на потока мощност, която насища транспондера, е изключително важен показател на комуникационната част на спътника. В случай, че се осигури плътност на потока близка до мощността на насищане, дава възможност за осигуряване на максимална изходна мощност към антената, следователно и в пъти по-добро съотношение сигнал/шум - C/N на връзката спътник/наземна антена. Това дава възможност и за получаването на повече данни, респективно използването на по-малко честотна лента от сателита, респективно по-ниски разходи за потребителите. Предвид факта, че не винаги е възможно максималното насищане и с цел да се избегнат интермодулационните изкривявания, които биха влошили качеството на връзката, сателитните оператори често прибегват до намаляване на потока мощност с параметър back-off. Тази стойност се определя в зависимост от типа на използваната модулация и броя на каналите, така че да осигури работа на транспондера в линеен режим. Често при предоставянето на MSS услуги, наблюдаваме прилагането на back-off, защото самите отдалечени/клиентски антени са малки по размери и следователно не могат да постигнат това насищане на сигнала. Точно поради тази причина,

наблюдаваме и ограничени възможности на return channel/обратният канал при изграждането на подобен тип връзки. В тези случаи не получаваме добра ефективност на връзката – например модулацията е сравнително ниска, например QPSK и при използването на 1MHz честотен капацитет не получаваме понякога и 1Mbps данни.

- Проектиране на връзката спътник-наземна станция downlink

Основната цел при изграждането на тази връзка е определянето на нивото на сигнал на входа на приемника на наземната станция. Както по-горе разгледахме, важен фактор за това е показателя G/T , gain over temperature, който все пак е релевантен и към качеството на самата антена и следва да осигури максимално добро съотношение сигнал/шум и респективно по-висока надеждност на връзката.

За да се определи обаче цялостната двупосочна връзка, следва да бъдат изчислени отношенията на сигнал/шум и в двата сегмента на връзката – наземна антена-спътник и обратно. Сигналят първоначално се излъчва от предавателя, както към него се добавя и мощността на шума по пътя от наземната станция до спътника. След това сигналят и шумът се усилват от транспондера / който получава слабият наземен сигнал / и се излъчва обратно към земята. На входа на наземната станция освен сигнала и шума при uplink-a, умножени по коефициента на преобразуване се прибавя и шума генериран при downlink услугата. Коефициентът на преобразуване включва усилването на транспондера и затихването в радио канала спътник-наземна станция.

Освен топлинния шум, който добавяме към радио връзката, разглеждаме и шум, който се дължи на интерференции от самата система или други комуникационни мрежи. Шумът, който е генериран от самата система, може да е причинен от методите, използвани за уплътняване на честотния спектър или смущения от съседни канали.

Има няколко важни критерия, които следва да разгледаме, когато вземаме решения, дали тази сателитна връзка е подходяща:

- Модулация и ефективност на връзката при uplink/forward канала
- Модулация и ефективност на връзката при downlink/return канала
- Общ използван сателитен капацитет
- Общо полезни данни в края на системата в Mbps

VIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

След запознаване с историята на индустрията, технологиите и иновативните методи, които се прилагат в 21 век, както и всички услуги от бизнес перспектива, е интересно с какво биха променили те пазара и потреблението на този тип услуги, особено с навлизането на LEO спътници и тяхното влияние. Изготвяйки един подобен план от съзвездия, всеки един предприемач има изготвен бизнес план, който да бъде

изготвен за организацията му. През 21 век виждаме как се очакват десетки хиляди спътници на ниска орбита, които ще „задръстят“ буквално космоса. Това показва, че все пак някой си е направил сметка за това и има бизнес логика в плана му. Най-важното, което следва да се маркира, е че тази технология позволява предаването на големи обеми от данни, което им дава значително предимство. Освен това при тях имаме минимално latency/забавяне на връзката за разлика от GEO сателитите. Този огромен обем данни, който се очаква да бъде достъпен до крайните потребители около 2021 година, ще даде възможност да се намали значително цената на 1Mbps, който към момента варира между 500-1000USD. Това ще повиши значително и консумацията и търсенето на тези услуги, предвид факта, че сега голяма част от населението нямат достъп до интернет (особено в Африка), предвид липсата на комуникационна инфраструктура и по-голям брой потенциални потребители, които ще заявят услугите на операторите с LEO спътници. Както знаем SES Astra изстреляха O3B сателити точно с тази цел – да запазят Other 3 Billion – другите 3 милиарда души без достъп до Интернет. Това обаче не беше чак толкова успешен опит, предвид недостъпната цена, която държи тази сателитна технология. Това ще се случи и това ще целта на LEO операторите – да предоставят качествена интернет услуга до голям брой население в отдалечени райони. Това ще бъде и технологичната революция, която ще осигурят Мъск, Безос и Брансън, включвайки се в тази космическа надпревара.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Burrows William, E. This New Ocean: The story of the first space age. New York: The modern Library, 1999.
- [2] Стефан Желев, Спътникови комуникации, Университетско издание „Епископ Константин Преславски“, Шумен 2012
- [3] Ahrens, Astra: Fernsehen ohne Grenzen, Dusseldorf ECON Verlag 1993
- [4] Комуникации на море и световна морска система за бедствия и безопасност, Чавдар Александров и Соня Тончева, Издателска къща „СТЕНО“, Варна 2019г.
- [5] Global VSAT Training - <https://gvftraining.org/>
- [6] VIVACOM / Satellite services web site –
- [7] <https://www.vivacom.bg/bg/business/uslugi-za-dostavchici/satelitni-uslugi>
- [8] Eutelsat official web site - <https://www.eutelsat.com/en/home.html>
- [9] International Communications Union –
- [10] <https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>
- [11] Intelsat – www.intelsat.com

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ В СЪВРЕМЕННОТО БАНКИРАНЕ

Милвина Терзиева
ИИКТ-БАН
София, България
e-mail: msalabasheva@yahoo.com

Димитър Карастоянов
ИИКТ-БАН
София, България
e-mail: dimikara@abv.bg

Резюме: В настоящата статия е представено ползването на ИКТ в съвременното банкиране. Описани са видове VAN комуникационни мрежи. Разгледани са съществуващи традиционни банкови продукти и услуги, както и съществуващи ИКТ в банкирането. Обсъдени са компютърни приложения за депозити и кредити. Предложени са иновативни методи и средства за дигитализиране в банкова среда

Ключови думи: VAN мрежи, банкови карти, банкомати, ПОС терминали, интернет банкиране.

I. УВОД

Телекомуникационните компании предлагат финансови услуги, а много банкови институции предлагат телекомуникационни услуги. Телекомуникационните оператори предлагат традиционни банкови продукти като издаване и поддръжка на кредитни и дебитни карти. Банките вече отдават част от капацитета на комуникационната линия на други потребители и активно използват телекомуникационни системи, за да предоставят automated teller machines (ATMs/банкомати) на места, отдалечени от банковите клонове, [1], [2].

Тези технически възможности доведоха до появата на специални нестандартни доставчици на Value Added Networks (мрежи с добавена стойност/VANs).

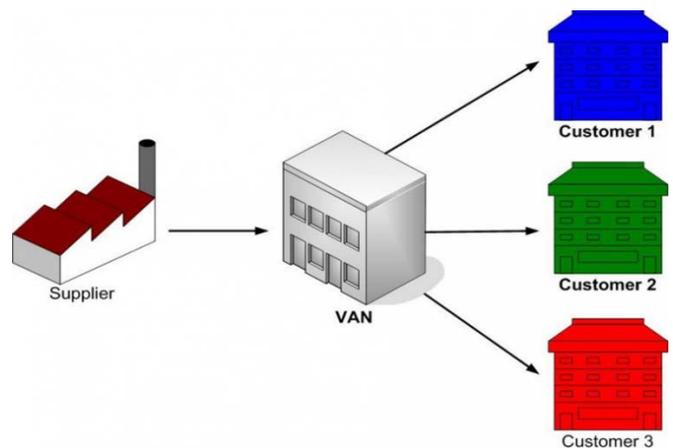
VANs са комуникационни мрежи, които добавят стойност на предаваните данни, обикновено чрез предоставяне на услуги за обработка. Тези доставчици използват съществуващи мрежи или създават нови, за да предоставят на клиентите информационни услуги, игнорирани от традиционната телекомуникационна индустрия, Фиг.1.

В сравнение със системата за ръчна обработка, VAN намалява разходите, свързани с бизнес комуникациите. Той намалява необходимостта от прехвърляне на хартия и позволява по-ефективното приключване на задачи като поръчване на инвентаризация и обработка на плащанията чрез електронни средства.

Електронният обмен на данни (Electronic Data Interchange/EDI) – предоставя на търговските партньори ефективно средство за осъществяване на бизнеса, предназначено за автоматично предаване на търговски данни от една компютърна система директно на друга.

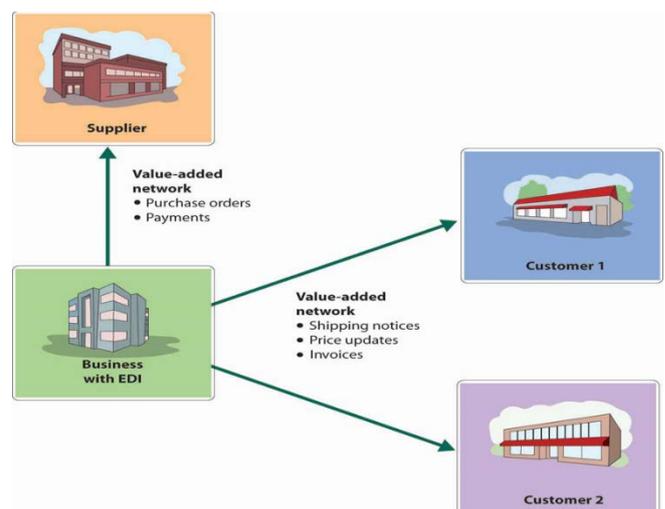
EDI VAN предлага B2B (Business to Business) мрежа от електронни комуникации, мрежа, която включва масив от услуги с добавена стойност, както и улеснени протоколи за комуникация, които в противен случай не

биха били достъпни при преминаване през интернет или стандартни телефонни линии.



Фиг. 1. VAN комуникационна мрежа

EDI VAN (мрежи с добавена стойност) не са насочени към конкретна индустрия, а работят във всички индустрии и в този случай мащабността е основна, Фиг. 2.



Фиг. 2 EDI VAN комуникационна мрежа

II. СЪЩЕСТВУВАЩИ ТРАДИЦИОННИ БАНКОВИ УСЛУГИ

Банков продукт е всяка услуга или механизъм свързан с управлението на пари, включващо сметки, карти, депозити и кредити.

Най-често използваните сметки, предлагани от банките, са [3]:

- разплащателна сметка – подходящ за потребители (физически лица), които искат да получават средства от заплата, хонорар, пенсия или други плащания, които постъпват по тяхната сметка. Чрез тази сметка могат да се извършват и плащания, например да се заплащат сметките за комунални услуги или да се превеждат средства към сметки на физически и юридически лица.
- платежна сметка за основни операции – сред услугите ѝ са внасяне и теглене на пари в брой, получаване и нареждане на плащания, операции, извършвани чрез платежна карта.
- депозитна сметка – използва се, когато дадено лице има налични средства и иска да ги остави в банка за определен период от време срещу получаване на лихва.
- спестовна сметка – използва се за събиране на средства за неограничен период от време. В повечето случаи текущото теглене и довносяне на средства по тези сметки е разрешено.

Видове карти и тяхното предназначение, [4]:

- дебитна карта – е платежен инструмент, който осигурява отдалечен достъп до средства по сметка, получени най-често в резултат на възнаграждения по трудови договори, хонорари, пенсия, обезщетения за майчинство или за общо заболяване или друг доход. С нея може:
 - да се плаща в търговската мрежа, както и в интернет магазини;
 - да се теглят и внасят пари в брой от/на банкомат;
 - да се правят комунални плащания;
 - да се извършват други операции, например справка за баланс по сметката и др.
- кредитна карта – е удобен платежен инструмент, с който се усвояват парични средства по предоставен кредит до определен лимит, до размера на който може да се извършват операции с картата. С нея може:
 - да се плаща в търговската мрежа, както и в интернет;
 - да се теглят пари в брой от банкомат;
 - да се правят комунални плащания;
 - да се правят резервации.
- предплатена карта – дава възможност за извършване на платежни операции с електронни пари. Някои издатели на електронни пари предлагат предплатени карти, които не са персонализирани и върху картата не се поставят имената на картодържателя. Тя не осигурява достъп до платежна сметка. В зависимост от вида на предплатената карта с нея може да се извършват една или повече от следните операции:

- да се плаща в търговската мрежа;
- да се теглят пари в брой от банкомат;
- да се правят комунални плащания;
- да се извършват справочни и други операции, като плащане чрез интернет.

Видове депозити и тяхното предназначение – съществува голямо разнообразие и модификации на депозити, но основните видове, които са най-разпространени на пазара са следните:

- стандартен срочен депозит – продуктът позволява да се инвестират свободни или налични средства за определен фиксиран период от време срещу получаване на лихва от банката. Обичайните срокове за разкриване на срочен депозит са 1, 3, 6, 12, 24 и 36 месеца. Лихвата по стандартния срочен депозит се получава само когато средствата се държат до настъпването на падежа. В останалите случаи, като например теглене на средствата преди падеж, депозитът е нарушен и лихвата, която се начислява, е в минимален размер.
- гъвкави депозитни схеми – на пазара съществува голямо разнообразие от предлагани гъвкави депозитни схеми на олихвяване. Най-широко разпространени са няколко схеми на гъвкави депозити със следните характеристики:
 - Депозит с авансова лихва – лихвата, получавана по този депозит, се плаща от банката още при откриване на депозита. Затова този продукт е подходящ за клиент, който има налични средства, но не иска да ги изразходва и се нуждае от средства за покриване на някакви текущи нужди.
 - Депозит с частично свободни средства – тук част от средствата са свободни за ползване, например 10% от размера на целия депозит, и може да се теглят по всяко време преди падежа. Този продукт е полезен, защото едновременно се спестява и част от средствата може да се използват за покриване на непредвидени разходи.
 - Депозит с нарастваща лихва – тук периодите на олихвяване обикновено са няколко, като през всеки следващ период сумата на депозита се олихвява с по-висока лихва спрямо предходната. Този продукт е подходящ за по-дългосрочни спестявания с цел получаване на по-висока лихва от банката, която насърчава клиента да инвестира за по-дълъг
- спестовен влог - продуктът е подходящ за спестяване на средства за неопределен период от време при регулярно заделяне на средства.

Видове кредити и тяхното предназначение – основните видове кредити, които се предлагат от банките и финансовите институции за физически лица, са:

- овърдрафт – е вид кредит, при който кредиторът предоставя на потребителя възможност да ползва средства, превишаващи наличността по разплащателната му сметка. Целта на продукта е краткосрочно финансиране за покриване на непредвидени краткосрочни потребности. Примери за използване на овърдрафт: плащане на регулярни сметки, възникнала спешна необходимост от лечение, аварийни ремонти и други. Овърдрафтът се погасява без погасителен план. Дължимата сума автоматично се погасява със средствата, които постъпват по сметката, след което средствата от овърдрафта отново могат да бъдат използвани. Клиентът може да ползва този продукт, когато получава заплата или друг регулярен доход, работи на постоянен трудов договор и са му необходими допълнителни средства в рамките на една или повече заплати.
- потребителски кредит – е предназначен за физически лица. Целта е финансиране на текущи нужди за потребление. Примери за използване на потребителски кредит: ремонт, покупка на черна или бяла техника, обучение, лечение, почивка, плащане на текущо битово задължение, покупка на превозно средство и др. При вземането и ползването на този вид кредит се извършва оценка на кредитоспособността, поради което е добре кандидатът да има регулярен източник на доход, въз основа на който да покрива месечните си вноски по кредита.
- кредити за недвижими имоти на потребители (жилищен/ипотечен кредит) – този продукт е подходящ, когато физическо лице иска да финансира покупка на недвижим имот – жилище, гараж към апартамент, къща, вила с дворно място, строителство на жилище или друг имот. Ключово значение при вземането и ползването на този вид кредит се отдава на задълбочената оценка на кредитоспособността, която се извършва от кредитора, поради което е необходимо кандидатът за кредит да има регулярен източник на доход, въз основа на който да покрива вноските по кредита, като в същото време му остава и достатъчен по размер доход за покриване на месечните разходи. Тези кредити са дългосрочни и изискват спазването на стриктна финансова дисциплина.

III. Съществуващи ИКТ, ползвани в банкирането

Въпреки, че банките вероятно ще предлагат нови услуги в бъдеще, те вече използват телекомуникационната технология в четири важни направления: наети линии, банкомати, ПОС терминали и домашно банкиране, [5].

Наетата линия или Level three е мрежова свързаност, която се предоставя от интернет доставчик. Използва се да свързва две точки. Едното място обикновено е корпоративен офис. Другото местоположение обикновено е друг корпоративен офис, център за данни, който е свързан с Интернет, или център за данни, който е свързан със съществуващата Wide Area

Networ (WAN). Наетата линия е сигурна и дедкирана линия, която е настроена да обслужва конкретен потребител. С наета връзка, компютър е директно свързан към Интернет, използвайки високоскоростни предавателни линии – онлайн 24 часа на ден, 7 дни в седмицата. Leased Line \neq Internet Connection (освен, ако не се поиска).

За разлика от потребителските интернет връзки, достъпната честотна лента не пада в пиковите моменти, когато други клиенти на същия IP и се опитват да използват връзките си едновременно.

С наетите линии може да се качва и сваля информация еднакво бързо. Това е много полезно когато служителите:

- Достъпват своите работни компютри от вкъщи
- Изпращат големи файлове
- Качват големи файлове в уебсайта
- Бекапират информация използвайки онлайн услуга
- Хостват уебсайт на сървър в офиса
- Използват VoIP телефони

Наетите линии се делят на три категории:

- Fiber leased lines – те работят чрез разпространение на светлина чрез оптични кабели и осигуряват специална симетрична връзка за данни. Най-високата скорост на Fiber наети линии е до 10Gbps.
- Digital Subscriber Line (DSL) Leased Lines – Наети линии с ниска честотна лента се обслужват с DSL. Те се доставят чрез медни проводници и в резултат на това производителността зависи от качеството на медната жица.
- Multi-Protocol Label Switching Leased Lines (MPLS) – това са най-популярните наети линии. Прехвърлят данните приоритетно и дават възможност на „time-sensitive” информацията да се прехвърли преди тази, която търпи закъснение. Човек може да получи достъп до MPLS чрез наети кабелни линии, DSL или комбинация от двете.

Банкоматите ни позволяват да теглим пари и избираме език, на който да оперираме, а много от тях ни позволяват да правим депозити. На някои банкомати можем да отпечатаме извлечение (трансакциите по акаунт); проверяваме салдата по акаунтите си (сумата на парите в сметките ни в момента); превеждаме пари между нашите акаунти; и дори да плащаме комунални услуги.

Има два типа банкомати:

Основният вид позволява на клиентите да теглят пари и получават справка за наличността по сметката си.

Другият вид, който е по-сложна машина и ни позволява да правим депозити, отпечатаме извлечение (трансакциите по акаунт); проверяваме салдата по

акаунтите си (сумата на парите в сметките ни в момента); превеждаме пари между нашите акаунти; плащаме комунални услуги и захранваме кредитните си карти.

Банкоматът се състои основно от две устройства за въвеждане и четири устройства за изход, които са:

- Въвеждащи устройства:
 - Четец на карти – чете информацията от картата.
 - Клавиатура – за детайли като ПИН код, сума за теглене и потвърждение на баланс. Всяка карта има индивидуален ПИН. Има отделен протокол за защита на ПИН кода, докато се изпраща на хост процесор.
- Устройства за изход:
 - Говорител – осигурява аудио обратна връзка.
 - Дисплей – показва информация за трансакцията.
 - Принтер за бележки – принтира всички детайли.
 - Разпределител на банкноти – сърцето на банкомата. Задължение на разпределителя на банкноти е да преброи всяка банкнота и да даде необходимата сума.

ПОС терминалът (Point-of-Sale Terminal) е хардуерна система, която обработва плащания в локация. Софтуер за четене на магнитна лента или чип е вграден в хардуера. Те служат за отдалечено осъществяване на връзка чрез банковата карта до средствата по сметката, към която е издадена картата. Извършването на платежни операции чрез ПОС се потвърждава с въвеждане на ПИН кода, издаден към банковата карта. На ПОС устройства могат да се правят плащания с банкови карти.

Преносимите устройства (т.е. не терминали, закрепени към касов апарат), собствени или на трети страни, както и безконтактните възможности за възникващите форми на мобилни плащания, представляват следващото поколение ПОС системи. Чрез виртуалното ПОС устройство се извършват преводи по платежни сметки или плащане на стоки и услуги чрез Интернет, терминални устройства АТМ или цифрови телефони при използване на платежна или предплатена карта в режим онлайн.

Настоящият тренд е далеч от традиционните собствени хардуери и към софтуерно базирани POS системи, които могат да бъдат качени на таблет или друго мобилно устройство. За да останат в крак с иновациите, производителите на POS терминали въвеждат свои собствени версии на преносими и мобилни POS устройства, [6].

Банковата индустрия използва телекомуникационни технологии и в **домашното банкиране**. Тези системи позволяват на клиентите да имат достъп до банковите компютри от отдалечени места, като използват мрежи,

които могат да бъдат обществени (обществена телефонна мрежа), частни (частни терминали за достъп) или и двете. Големите банки предоставят цялостни системи при домашно банкиране на своите клиенти. Можество рутинни операции могат да бъдат извършвани – като проверяване на баланс, получаване на извлечения, банкови преводи и т.н.

Домашното банкиране се дели на две категории:

- Домашно банкиране използващо интернет (online banking) – предлага различни удобства като:
 - детайли относно банковата сметка – баланс, извлечения, кредитни и дебитни карти, заеми.
 - плащане на сметки – тази функционалност позволява плащането на различни услуги (комунални, мобилен телефон, застраховка и др.) 24 часа на ден, 7 дни в седмицата
 - банкови преводи – Electronic fund transfer (EFT) е електронен трансфер на пари от една банкова сметка към друга в една съща финансова институция или между различни такива.
 - онлайн търговия – купуване или продаване на акции, бонове и други финансови инструменти от интернет.
- Домашно банкиране неизползващо интернет (telephone banking) – достъпваме банковите услуги от къщи без интернет, а използвайки своя телефон. Обаждайки се в банков клон или чрез Кол Център, клиентът може да:
 - Открие сметка
 - Поиск извлечение
 - Прехвърли пари
 - Получи детайли относно акаунта

За да получи каквато и да е информация, клиентът има потребителско име и парола и трябва да ги каже на банковия служител.

Онлайн банкирането се превърна в синоним на домашното банкиране, тъй като повечето хора предпочитат да банкират чрез интернет, а не по телефон. Онлайн банкирането е достъпно както за физически лица, така и за малки предприятия. Все още обаче потребителски и ипотечни кредити се обработват физически в клонова мрежа.

IV. КОМПЮТЪРНИ ПРИЛОЖЕНИЯ ЗА ДЕПОЗИТИ И КРЕДИТИ

С развитието на компютърните технологии финансовите институции предлагат електронни услуги, които позволяват на потребителите да създават заявка и управляват парите си изцяло онлайн, през интернет банкирането си или през създадени платформи.

- Електронен/Виртуален срочен депозит

Електронният или Виртуалният срочен депозит е спестовна услуга, предоставяща възможност да се вложат средства за 1, 3, 6 или 12 месеца.

Предимства:

- Избор на различна валута
- Спестява време, като не се посещава физически офис
- Лихвеният процент е по-атраکتивен поради ненамеса на човешки ресурс
- Управлява се изцяло дистанционно
- Захранване на сметката става чрез банков превод
- Възможност за частично и/или пълно теглене и донасяне по всяко едно време

Недостатък:

- Лихвата се изплаща в края на срока
 - Автоматично подновяване, след изтичане на съществуващия депозит, ако не е изтеглена сумата
 - Ако частичното тегленето не е на падеж, се стартира нов период със същата срочност, както и се счита за нарушение на договорения срок и се прилага наказателна лихва
 - Ако не си клиент на финансовата институция, трябва да посетиш физически офис за потвърждение откриването на сметката и достъп до онлайн платформата.
- Онлайн кредити

Онлайн кредити или бързите кредити по-принцип са продукт предлаган от небанкови институции чрез уеб-базирана платформа. Тези компаниите непрекъснато инвестират в иновативни нововъведения и автоматични процеси, отговарящи на съвременния дигитален свят. Това гарантира идентификацията и защитата на личните данни на клиентите на тези фирми съгласно приложимото законодателство за дейността на финансовите институции. Тези платформи се появяват постоянно и много от тях са на принципа на готови решения, които се адаптират според нуждите на доставчика и регулаторните норми. Отпусканите кредити са краткосрочни.

Желаещият кредит кандидатства онлайн, попълва определена информация според заложения алгоритъм и до няколко минути разбира дали е одобрен. Но процесът не е напълно автоматичен, защото при обработката на данните има частична човешка намеса – служител на компанията трябва да се свърже с потенциалния клиент по телефона, да направи справка в НОИ, Централния Кредитен Регистър и Полицията, и ако отговаря на критериите да се свърже отново с клиента или използваната CRM (Customer Relationship Management) система да изпрати СМС.

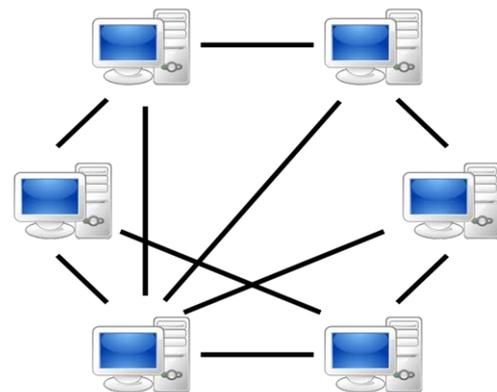
- Peer-to-Peer платформи (P2P)

Платформите за peer-to-peer кредитиране и инвестиране са базирани на все по-популярния принцип на споделената икономика. P2P представлява

разпределена мрежова архитектура, съставена от участници, които отдават част от своите ресурси директно на разположение на другите мрежови участници без необходимост от централна мрежова инстанция. Участниците наричани пийри, са едновременно „снабдители“ и „потребители“ на ресурси за разлика от традиционния клиентско-сървърен модел, където само сървърите дават (снабдяват), а клиентите консумират, Фиг. 3).

За да сработи такава мрежа, е нужен специален софтуер, който да може да кара компютъра да работи и като клиент, и като сървър. Има съществуващи протоколи, улесняващи писането на такива програми. Всеки протокол си има специфична цел. Примери за способни на това протоколи са:

- BitTorrent – Ползва се за пренос на файлове.
- Биткойн – Ползва се за пренос на криптовалута.
- Тох – Ползва се за пренос на съобщения, [7]
- I2P и Тог – Ползват се за защитаване на потребител от външни намеси и проследявания на мрежата им. Позволяват хостване на услуги защитени от цензура и проследяване.



Фиг. 4. Peer-to-peer система от възли без център, [8]

Тези иновативни инвестиционни платформи позволяват на хората, които се нуждаят от средства, да ги заемат срещу лихва от тези, търсещи доходност за парите си. Така едните получават възможност да получат по-висока доходност за парите, които са заделили, а другите – да намерят нужния потребителски или бизнес кредит.

Съществуват два основни бизнес модела, по които P2P платформите функционират:

- Хора (заемодатели, инвеститори) отпускат кредити директно на други хора (кредитополучатели) т.е. директно
- Кредитни компании (оригинатори) отпускат кредити на потребителите си (кредитополучатели), в които може да инвестират други потребители (инвеститори) – това са финансови институции, които първоначално

отпускат заемите със собствени средства, а след това дават възможност на желаещите инвеститори да вземат участие в тях.

Понякога самите платформи влизат в ролята на оригинатор, а друг път използват услугите на външни финансови компании. Винаги обаче те са посредникът, който свързва всички заинтересовани страни.

Компанията оценява риска от неплащане за всеки кандидат за заем и осигурява прозрачност на портфейла, като често позволява на инвеститорите сами да подберат кредитите, в които да инвестират.

Много от платформите за P2P заеми предлагат и опция за автоматично инвестиране – те могат да се окажат по-подходящ вариант за инвестиране на база зададени параметри. Според тях системата сама избира в какво да вложи средствата. Например, може да се избере каква доходност се цели да се постигнете, какви периоди на заемите са подходящи, какъв е кредитния рейтинг на кредитополучателите или какъв да бъде размера на сумата.

Предимства:

- функционират изцяло онлайн – откриване на сметка и опериране
- значително по-ниски разходи от традиционните финансови компании
- успяват едновременно да печелят от дейността си и да предоставят по-висока доходност за спестяванията
- често предоставят по-ниски лихви за кредитополучателите, в сравнение с тези на банките.

Недостатък:

- Заемите, в които се инвестира може да останат неплатени и да не се възвърне вложението. За да защитят клиентите си, някои от P2P платформите предлагат и т.нар. гаранция за обратно изкупуване – при нея оригинаторът се задължава да преведе по сметката на инвеститора неговата част от неизплатената главница.
- Дейността на платформите не е подробно регулирана в закона

V. Иновативни методи и средства в банкирането

Банковите иновации се възприемат като крайния резултат от специфични финансови иновации, осъществявани от банките на финансовите пазари или в собствената им дейност под формата на нов и усъвършенстван ИТ продукт, услуга или процес, свързани с начина, по който крайните клиенти взаимодействат с конкретната институция, могат ли да го правят отдалечено, както и доколко дигитализирани процеси са включени в обслужването им в офлайн среда – в офис на банката. Част от процеса по дигитализация са също усилията, които полагат банките за намаляване на хартията, отразяващо се и на екологичната част. Дигитализацията помага на банковия сектор да

предостави нов тип услуги за своите клиенти, които те да могат да ползват все по-достъпно, по-бързо и по-удобно в своето ежедневие, както и в ситуации, в които преди това не е било възможно.

Иновации се развиват във всяка една област, в която функционира банката – в разплащанията, в кредитирането, в управлението на спестовни и инвестиционни продукти. При разплащанията например, човек може да разчита на пари, когато е в чужбина, от своята банкова карта. Когато обаче я изгуби и няма допълнителна със себе си, в днешно време може да нареди от своя смартфон експресен превод на свое име (например Western Union), който да изтегли в брой буквално след минута от най-близката локация в съответната държава. Подобни могат да бъдат предимствата на дигиталните услуги, помагайки на човек при непредвидени ситуации във всяка една област.

Друг начин за по-голяма сигурност при работа с банкова карта е т.н. чип карти, известни още като умна карти, чип-и-ПИН карта, чип-и-подпис карта и Europay, MasterCard, Visa (EMV) карта.

Картите с чип са два вида:

- Чип-и-подпис карта (Chip-and-Signature Card) – информацията се комуникира между терминала и финансовата институция посредством чип, и ако е одобрена, се завършва с подпис.
- Чип-и-ПИН карта (Chip-and-PIN Card) – информацията се комуникира между терминала и финансовата институция посредством чип, и ако е одобрена, се потвърждава с ПИН код.

RFID е технология, която позволява плащанията с карта да се осъществяват безконтактно и от разстояние. RFID системите са създадени като алтернатива на баркода. RFID идентификацията позволява обектите да бъдат сканирани от значително по-голямо разстояние, поддържа съхранение на данни и позволява проследяване на повече информация за даден обект.

Безконтактните карти са с вградени безконтактен NFC чип, който излъчва радиовълни и вградена в пластмасата радиочестотна RFID антена, подsigуряващата връзка и комуникираща с безконтактен или POS четец.

Освен с банкови карти, безконтактните плащания могат да се извършват и с редица устройства, като Мобилни телефони, Часовници, Гривни, Стикери и др.

Други иновации в банкирането са КЕП, гласови интерфейси, обслужващи ботове на Robotic Process Automation (RPA), token, Chatbot, Blockchain, и др.

VI. 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. 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. Кешът вече не е цар, поне що се отнася до трансакциите

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Marjorie Greene, Office of Tech. Assessment, U.S. Congress, Public Policy and International Telecommunications Technology in Financial Markets: An Overview 6 (1992).
- [2] Office of Tech. Assessment, U.S. Congress, U.S. Banks and International Telecommunications 19 (Background Paper No. Ota-Vp-Tct-100, 1992) [Hereinafter Office of Tech. Assessment].
- [3] Българска Народна Банка, Информация за Финансови Продукти и Услуги
- [4] <https://Bg.Wikipedia.Org/Wiki/Банкова%Карта>
- [5] 3 Million Atms Worldwide by 2015: ATM Association
- [6] Shopping Centres Prepare to Go Cashless as ATMs Disappear Archived 4 December 2017 At The Wayback Machine
- [7] <https://Tox.Chat/>
- [8] <https://Bg.Wikipedia.Org/Wiki/P2p>

CURRENT STATUS AND FUTURE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

H amit Can
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: hamit@tu-sofia.bg

Daniela Minkovska
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: daniela@tu-sofia.bg

Abstract: Artificial intelligence is defined as the ability of a computer or a computer-controlled robot to perform various activities similar to intelligent creatures. Although the future of artificial intelligence is a highly discussed topic, it is already in a highly developed structure today. Today, we use artificial intelligence in many fields and technologies. The rapid development of technology, the fact that many things we use in daily life become interconnected; artificial intelligence, speech recognition, image processing, and autonomous systems lead to the development of elements that nurture robotic technology and the design of faster, stronger, smarter robots. This study examines the state and future of existing artificial intelligence and robotics. It forecasts what today's artificial intelligence technology can do and its usage areas, artificial intelligence and robot technologies can do in the future..

Keywords: *Artificial Intelligence, Robotics, Literature Review*

I. INTRODUCTION

The term intelligence refers to the ability to acquire and apply different skills and knowledge to solve a particular problem. In addition, intelligence is also about using general mental ability to solve, reason and learn various situations. Today, Artificial Intelligence (robotics) has the ability to imitate human intelligence, perform various tasks that require thinking and learning, solve problems and make various decisions. Artificial Intelligence software or programs are inserted to robots, computers or other related systems that need the ability to think [1, 2, 3, 4, 5 6;7;8;9;10;11;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22].

The robot named Enforcement Droid 209 from the Kalashnikov brand in the defense and weapons industry. He can walk on two legs and launch rockets. In the game industry, AlphaZero played chess billions of times in a row, taught the game by analyzing the rules and strategies of the game. AlphaZero knows enough chess to beat the world's champion chess software Stockfish 8. In the health sector, the UK Ministry of Health has been performing surgeries with robots for a long time. The Da Vinci Xi surgical robot is performing surgeries in breast surgery. But these robots do not have their own intelligence, they are used by human surgeons from afar.

On the other hand, as artificial intelligence develops, these robots will be able to do complex tasks on their own, and have the ability to diagnose at an advanced level. In the business world, artificial intelligence is used in much wider areas and robots have taken on many jobs. In the business world, artificial intelligence is used in much wider areas and robots have taken on many jobs. Amazon is trying to turn its couriers into drones. Grammarly now exists instead of spell checkers, and many companies make phone calls using robots. These intelligent robots, on the other hand, have successfully assembled a chair from Ikea. A program called

Fama scans the social media accounts of people who apply for jobs using artificial intelligence in seconds and measures the potential risk to the company. Regarding writing and literature studies, scientists developed artificial intelligence that can write like Shakespeare. More than 2,600 poems were fed into an artificial intelligence from an online database and expected to write its own sonnet.

This robot is also capable of imitating human handwriting. Other AI programs have produced a fictitious Harry Potter book summary, learning to write news stories of news, weather reports and football matches. An artificial intelligence used by LA Times can prepare and give news as soon as an earthquake occurs. Amazon, the giant of the shopping world, delivered in 2016 using a drone in the UK. Many algorithms on the Internet can easily access many data by working user-oriented. Users will soon be able to see themselves in the locker rooms as they try more than one outfit, thanks to the 'smart mirrors'. In fact, this technology has already been tried by Topshop and Gap.

On the other hand, Amazon performs unmanned transactions in product delivery and receipts / invoices thanks to its smart systems. As for security, it is possible to see this robot police in downtown Dubai. In the future, artificial intelligence will be used not only for street security, but also for investigating and solving crimes. Data from security cameras will be processed quickly and the investigation process will be accelerated. In harassment or rape crimes, it will be easier to look up phone, computer or other digital records.

The spread of artificial intelligence is accelerating in transportation. 90% of traffic accidents are caused by human error and it is planned to reduce this by means of self-driving vehicles [23].

II. CURRENT STATUS

At the point we have reached today, the properties and service capacities of artificial intelligence products that have entered our lives are constantly being developed by the manufacturers.

Apple Siri: serves as a basic assistant. Microsoft Cortana: It is a good example as one of the most basic features of learning machines. Google Now: It has been a big step forward in real human-machine dialogues. IBM Watson: serves as a product that can discover logical patterns and present results learned from them, especially by analyzing complex hospital records in the field of health.

Moreover, it also makes recommendations on diagnosis and diagnosis by processing data as much as doctors cannot predict. IPsoft Amelia: Emotional awareness is a product in Amelia. Serves as a virtual assistant who can think and feel like a human.

The developments in the automated transportation sector are as follows: It is predicted that developments regarding smart cars or self-driving cars continue. The U.S. Department of Transportation has published descriptions of different levels of automation since Google began testing a self-driving car in 2012. Research on Cyborg Technology is ongoing. According to researcher Shimon Whiteson, it is possible to augment ourselves with computers in the near future to develop our own natural talents.

III. FUTURE

Yoky Matsuka of Nest believes that in the near future an AI system will be developed that will be useful for people with cut limbs, as the brain can communicate with a robotic limb to give the patient greater control. The use of robots related to Dangerous Works is increasing day by day. Robots have already begun to get some of the most dangerous jobs, such as neutralizing a bomb.

Drones used as physical counterparts in neutralizing bombs that require a person to control them are one of the examples in this class. They saved thousands of lives by undertaking such works in the world. There are other rethinking tasks for robot integration, for example, the well-known Source for releasing ear clogging noise, intense heat and toxic substances, now available to robots from external sources. It is predicted that robot teams will be created in the future. Teams of smart vehicles can be developed and used for surveillance in factories or military facilities. Moving robots can be used in operations that are poisonous, fire hazard and in radiation environments.

Robot teams that can be used in areas such as environmental cleaning, mine cleaning, rescue operations and fire fighting will be developed. In addition, auxiliary robots will be developed in housework. Systems that can be used in large laboratory experiments (eg Genetic studies) will be developed[24]. With the developments in artificial intelligence and robot, the idea of making friends with robots emerged. The first big step towards a robot friend was by yin Japan, a company that can feel and understand human emotions. The "Pepper", introduced in 2014, the accompanying robot was launched in 2015 and all 1000 startup units went on sale within a minute. Pepper went on sale in the USA in 2016, and more sophisticated friendly robots will follow. For most older people, they need assistance to live in daily life and to meet basic needs. According to Matthew Taylor, a computer scientist at Washington State University, AI is at a stage when it is not too far to respond to this need, and home robots are predicted to assist the elderly in their daily tasks.

The robots developed as Intelligent Project Management Assistants, it is predicted that benefits will be provided in stages such as design development, design analysis, process planning, manufacturing planning and job sequencing, manufacturing control. Such auxiliary systems will be used in business, government affairs policy making, scientific research and engineering[24]. With access to information resources systems, it will be a device that combines television, newspaper, computer and internet services in every home and office in the future.

Access to information resources will help access information at home, at work and at school. These systems will be able to learn the long-term or short-term relevance of the users, what events are important to them and access them according to the information. Interaction with these systems will be in natural language [24]. It is expected to provide improvements in the fields of education, training, manufacturing and entertainment with Smart Simulations.

With these simulations, there will be topics such as operating room and emergency response training, management of a large company, crisis management, battlefield simulation (weapons and tactics). [24]. According to experts, a PC purchased for \$ 1000 in 2050 will have more power than all people in the world. Speech Synthesis, Speech Comprehension, Pattern Recognition, Genetic Algorithms, Genetic Programming, Fuzzy Logic, which are other sub-branches of artificial intelligence, are also the focus of interest:

A. *Speech Synthesis*

Speech synthesis is the artificial production of human speech. A computer system used for this purpose is called a speech computer or speech synthesizer, and can be implemented in software or hardware products. A text-to-speech (TTS) system converts normal language text into speech; other systems render symbolic linguistic representations like phonetic transcriptions into speech.

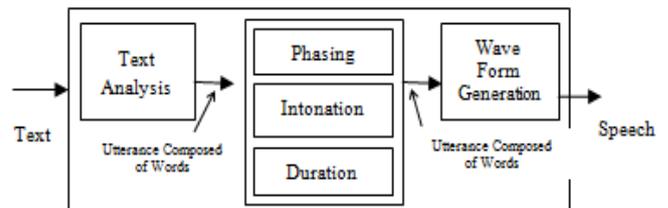


Fig. 1. Overview of a typical text to speech system

B. *Genetic Programming*

In artificial intelligence, genetic programming (GP) is a technique of evolving programs, starting from a population of unfit (usually random) programs, fit for a particular task by applying operations analogous to natural genetic processes to the population of programs. It is essentially a heuristic search technique often described as 'hill climbing', i.e. searching for an optimal or at least suitable program among the space of all programs.

GP evolves computer programs, traditionally represented in memory as tree structures[25]. Trees can be easily evaluated in a recursive manner. Every tree node has an operator function and every terminal node has an operand, making mathematical expressions easy to evolve and evaluate. Thus traditionally GP favors the use of programming languages that naturally embody tree structures (for example, Lisp; other functional programming languages are also suitable).

C. *Fuzzy Logic*

Fuzzy logic is based on thinking like a human and is a branch that translates them into mathematical functions. The most important feature of Bulak logic is that it is a mathematical discipline based on Fuzzy set theory instead of

binary Aristotle logic. Fuzzy logic system makes machines more "intelligent". It has increased the level of mechanical intelligence of many products and production processes. In the foreword of the book "Fuzzy Control:

Theory and Practice", he states that "applications of fuzzy sets theory have some important questions and fields of study beyond simulation, fuzzy logic correlation, neuron networks, genetic logarithms"[26]. Fuzzy strings are used in all types of electronic strings. Cameras, cameras, televisions, microwave ovens, washing machines, vacuum cleaners, subway controls and many more electronic devices were sanitized with fuzzy logic network strings. An important application area of fuzzy logic is global computer network / internet. Some companies use fuzzy logic that offers "high visibility" in relation to internet search problem.

Because internet applications have more visibility than moving transitions [27]. The first two phases include setting up and defining fuzzy sets. Fuzzification, aka f-generalization, is a generalization of fuzzy sets. The word "cluster" refers to the linguistic variable or fg- fuzzy generalization. In the case of fuzzification, we have degrees of the line we see when we go back to valuable logic [28] where membership functions are stored to produce fuzzy input values; very special relations are established, information is transformed into what is called a fuzzy set [29]. "Defuzzification is a process that turns a fuzzy set or fuzzy number into an integer" [30]. It is called the clarification of the fuzzy proposition, because the result should be a single judgment.

The judgments are unique in their structure, that is, they are loaded with a predicate. If no such value is determined from this field, the average of the highest values or the point corresponding to the center of gravity of the resulting solution area is taken as the solution value. In this way, the value of the function is not just 0 and 1, it can be any value between them:

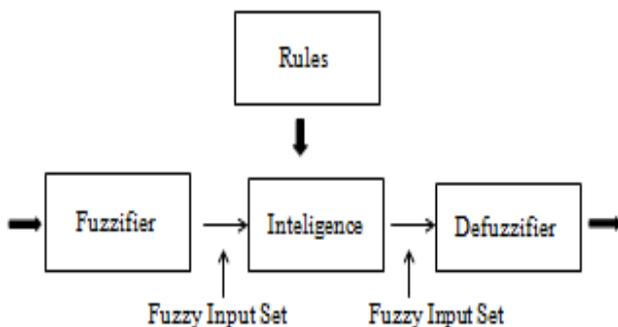


Fig. 2. Four main steps in Fuzzy Logic

D. Pattern Recognition

Pattern recognition is the process of identifying objects that have common characteristics or which can be established, and put them in a certain class through various methods. Biomedical image recognition, handwriting recognition, voice recognition, human face recognition, fingerprint recognition and signature recognition are common examples of pattern recognition applications. The importance of pattern recognition is becoming more and more important with the new application areas that appear

day by day. It consists of basic elements such as feature extraction, feature selection and classification. In recent years, a lot of work has been done to distinguish patterns like people on their computers. Some of the patterns studied are characters, symbols, pictures, sound waves, electrocardiograms.

Generally, problems that are difficult to interpret due to complex calculations or overloading the evaluations are used in computer recognition. The simplest way to recognize a pattern is by template matching. In this case, a set of templates, a template for each pattern class, is stored in memory as a database. Unknown class is compared to the template of each class.

Classification is made according to a matching criterion or similarity criteria. Instead of comparing the entire pattern with templates, comparing some features is faster and often more accurate. For this reason, pattern recognition process is examined in two stages. Feature extraction and classification:

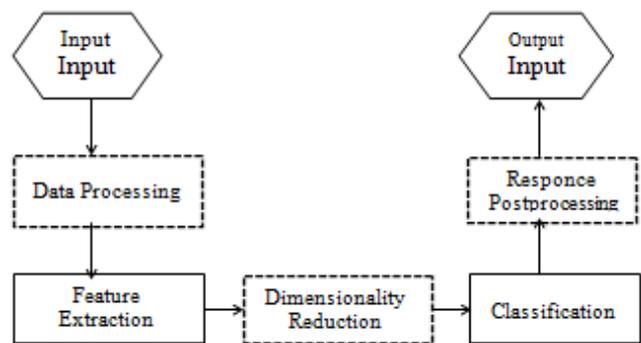


Fig. 3. Schema of a pattern recognition system. Dotted blocks are optional

IV. CONCLUSION

As a result of the examinations, artificial intelligence technologies are predicted to make our lives easier. If we give an example in the field of health, it was seen that the results of the analysis were successful in consistency and speed.

In addition, artificial intelligence algorithms will enable doctors and hospitals to better analyze the data and customize healthcare to each patient's genes, environment, and lifestyle. Robots that will be used in army activities or chemical work have eliminated life-threatening situations for humans. Self-learning and automation capabilities provided by artificial intelligence are predicted to protect data more systematically and affordably, and to keep people safer than terrorism or smaller identity theft. It will help those who need someone's help for their age to stay independent and live longer in their own home. Artificial intelligence tools; it will keep nutritious food ready, securely reach objects on high shelves, and monitor people's movements at home. One of the points

AI can have the biggest impact in the near future is cars. Artificial intelligence studies about self-driving cars continue. Artificial Intelligence and Tourism virtual assistants, specially developed for tourism and cultural protection regions, meet the expectations of tourists by increasing visitor satisfaction from the beginning to the end of visit, entertainment, travel, event and similar holiday actions.

In this way, people can get up-to-date information about visit points such as works, restaurants, services and events belonging to the relevant touristic region, or watch the related promotional videos and can reach any point they want to go within the scope of touristic areas with navigation guidance. Thanks to Artificial Intelligence and Customer Service experience, users can get information and online technical help about existing products and even create a technical service appointment. Artificial Intelligence Smart Customer Assistants can be activated by voice or text by imitating human intelligence and natural speech.

When they contact you with a voice command system, they can interpret your voice and provide counseling that suits your questions. Artificial Intelligence and Smart Cities technologies, which enable municipal services to be carried out more efficiently with less cost, allow more effective service to the citizens. Smart cities add value to human life and improve the quality of life.

Smart city applications that are being used in many municipalities; It focuses more on the areas of environment, transportation, governance, security, health and geographic information systems. Artificial Intelligence technologies are used in E-commerce sites to make search consoles private.

Artificial intelligence combines information such as customers' shopping habits and interests, and makes it possible for consumers to offer personalized product recommendations. In this way, users are also directed to the website. Artificial intelligence is used for purposes such as offering different discounts to different customers in the e-commerce sector or showing different products to different customers. Artificial Intelligence and Banking and Financial Services experience assists investors on many topics ranging from account transactions to stock proposals by increasing business efficiency.

In order for you to use the time allocated for stock tracking, trading process, fund tracking and similar processes more effectively; it allows you to get information about user account information, credit information, updates, investment reports and more, and it monitors this process for you. Artificial Intelligence and Education technologies can design the program that it will create in accordance with the individual, as it can analyze students' missing areas. It is foreseen that students will be more productive and provide added value to their environment as an individual who loves their job in the future with the personally created education program.

Artificial intelligence, which personalizes educational software according to student needs, understands the shortcomings of students better and creates personalized support advantage for development. Intelligent data collection, supported by intelligent computer systems, is a process that is actively implemented by many schools today. Today, some schools use artificial intelligence technology in order to follow the progress of the students and increase the performance of the student with this analysis.

Considering that people have small abilities and a limited lifetime, positive developments in artificial intelligence lead scientists to do more research in this field. If we think of a mind that can read thousands of books per second, the skills that the memory that can understand, perceive and analyze by making a new connection and reasoning between different

fields of science, and perceiving it, are very exciting in the future.

The medical industry leap can cure all chronic diseases and prolong human life. Discovery of other universes and technical progress in all sectors; it will help companies better plan and understand their operations, and increase revenue and customer satisfaction and reduce costs.

REFERENCES

- [1] Feuerstein R., *The Dynamic Assessment of Cognitive Modifiability: The Learning Propensity Assessment Device : Theory, Instruments and Techniques*. ICELP Press, 2002.
- [2] Milford, M., Shen, C., Lowry, S., Suenderhauf, N., Shirazi, S., Lin, G., ... & Reid, I. (2015). Sequence searching with deep-learned depth for condition-and viewpoint-invariant route-based place recognition In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 18-25).
- [3] Fragkiadaki, K., Levine, S., Felsen, P., & Malik, J. (2015). Recurrent network models for human dynamics. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision* (pp. 4346-4354).
- [4] Niekum, S., Osentoski, S., Konidaris, G., Chitta, S., Marthi, B., & Barto, A. G. (2015). Learning grounded finite-state representations from unstructured demonstrations. *The International Journal of Robotics Research*, 34(2), 131-157.
- [5] Devin, C., Gupta, A., Darrell, T., Abbeel, P., & Levine, S. (2017, May). Learning modular neural network policies for multi-task and multi-robot transfer. In *2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 2169-2176). IEEE.
- [6] Finn, C., Tan, X. Y., Duan, Y., Darrell, T., Levine, S., & Abbeel, P. (2016, May). Deep spatial autoencoders for visuomotor learning. In *2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 512-519). IEEE.
- [7] Rusu, A. A., Vecerik, M., Rothörl, T., Heess, N., Pascanu, R., & Hadsell, R. (2016). Sim-to-real robot learning from pixels with progressive nets. *arXiv preprint arXiv:1610.04286*.
- [8] Mohamed, S., & Rezende, D. J. (2015). Variational information maximisation for intrinsically motivated reinforcement learning. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 2125-2133).
- [9] Zhu, Y., Mottaghi, R., Kolve, E., Lim, J. J., Gupta, A., Fei-Fei, L., & Farhadi, A. (2017, May). Target-driven visual navigation in indoor scenes using deep reinforcement learning. In *2017 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA)* (pp. 3357-3364). IEEE.
- [10] Cruz, F., Twiefel, J., Magg, S., Weber, C., & Wermter, S. (2015, July). Interactive reinforcement learning through speech guidance in a domestic scenario. In *2015 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)* (pp. 1-8). IEEE.
- [11] Vinciarelli, A., Esposito, A., André, E., Bonin, F., Chetouani, M., Cohn, J. F., ... & Heylen, D. (2015). Open challenges in modelling, analysis and synthesis of human behaviour in human-human and human-machine interactions. *Cognitive Computation*, 7(4), 397-413.
- [12] Doshi, J., Kira, Z., & Wagner, A. (2015). From deep learning to episodic memories: Creating categories of visual experiences. In *Proceedings of the third annual conference on advances in cognitive systems ACS* (p. 15).
- [13] Wang, X., Fouhey, D., & Gupta, A. (2015). Designing deep networks for surface normal estimation. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 539-547).
- [14] Cuayahuitl, H., Keizer, S., & Lemon, O. (2015). Strategic dialogue management via deep reinforcement learning. *arXiv preprint arXiv:1511.08099*.
- [15] Lake, B. M., Ullman, T. D., Tenenbaum, J. B., & Gershman, S. J. (2017). Building machines that learn and think like people. *Behavioral and brain sciences*, 40.
- [16] Ohn-Bar, E., & Trivedi, M. M. (2016). Looking at humans in the age of self-driving and highly automated vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 1(1), 90-104.



- [17] Wei, J., Liu, H., Yan, G., & Sun, F. (2017). Robotic grasping recognition using multi-modal deep extreme learning machine. *Multidimensional Systems and Signal Processing*, 28(3), 817-833.
- [18] Mathieu, M., Couprie, C., & LeCun, Y. (2015). Deep multi-scale video prediction beyond mean square error. arXiv preprint arXiv:1511.05440.
- [19] Chen, G., Clarke, D., Giuliani, M., Gaschler, A., & Knoll, A. (2015). Combining unsupervised learning and discrimination for 3D action recognition. *Signal Processing*, 110, 67-81.
- [20] Wulff, J., & Black, M. J. (2015). Efficient sparse-to-dense optical flow estimation using a learned basis and layers. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 120-130).
- [21] Ruiz-Sarmiento, J. R., Galindo, C., & Gonzalez-Jimenez, J. (2015). Scene object recognition for mobile robots through semantic knowledge and probabilistic graphical models. *Expert Systems with Applications*, 42(22), 8805-8816.
- [22] Zhang, Y., Robinson, D. K., Porter, A. L., Zhu, D., Zhang, G., & Lu, J. (2016). Technology roadmapping for competitive technical intelligence. *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 175-186.
- [23] Pritchard, N. (2018), *The Sun*
- [24] Grosz, B., Davis, R., (1994), *A Report to ARPA on Twenty First Century Intelligent Systems*. *AI Magazine*, Fall 1994, s. 10-20.
- [25] Cramer, N. L. (1985, June). A representation for the adaptive generation of simple sequential programs. In *Proceedings of the first international conference on genetic algorithms* (pp. 183-187).
- [26] Hampel, R., Wagenknecht, M., Chaker, N.; *Fuzzy Control-Theory and Practice*, Physica-Verlag Heidelberg, 2000.
- [27] Freksa, Christian; Kruse, Rudolf; de Mántaras, Ramon López; "Interview with Prof. Lotfi A. Zadeh, *Künstliche Intelligenz*, Band 15, Heft 3, 2001 40-43 Bibtex
- [28] Blair, Betty; Interview with Lotfi Zadeh Creator of Fuzzy Logic, (Lotfi Zadeh in his office at Berkeley), September, 1994.
- [29] Baron, Janet J., *Putting Fuzzy Logic Into Focus*, *Tratto Dalla Rivista "Byte"*, Ottobre, 1993, U.S.A.
- [30] Klir, George J., Yuan, Bo; *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*, Paperback, Prentice Hall, 1995.

MACHINE LEARNING AND ITS APPLICATION TO DISCRETE PRODUCTION ENGINEERING

Berat Ujkani
Faculty of Mechanical and Computer
Engineering, Department of
Engineering Informatics
University of Mitrovica
Mitrovica, Kosovo
e-mail: berat.ujkani@umib.net

Daniela Minkovska Faculty of
Computer Systems and Technologies,
Department of Programming and
Computer Technologies
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: daniela@tu-sofia.bg

Lyudmila Stoyanova
Faculty of Computer Systems and
Technologies, Department of
Programming and Computer
Technologies
Technical University of Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: lstoyanova@tu-sofia.bg

Abstract: Applying machine learning techniques to solve production problems is becoming a necessity of the time we are living. This is mainly because of the exponential growth of available data which can be successfully employed in manufacturing and production engineering area with accuracy, scalability, complexity, verifiability, and usability requirements and are met by machine learning algorithms and techniques. But there are also still some challenges in practice, which sometimes causes production machine learning approaches to fail. This paper presents machine learning methods and several promising applications of them in production engineering area.

Keywords: machine learning, supervised learning, discrete production engineering

I. INTRODUCTION

Artificial Intelligence (AI) is a multidisciplinary field that is growing rapidly all over the world. The pace and importance of AI captured significant attention among the scholars community whereby different scholars have prioritised researching the effects on the national economy, workplace learning, recruitment process etc. According to [1] Artificial Intelligence relates to intelligence manifested by a computer machine, that is close in operation to an actual human intelligence in terms of reasoning, learning and digital consciousness. This moreover demonstrates the cognitive function and similarity to human beings that requires processing information and simulation to increase accuracy of decision making. In this vein, machine learning alongside algorithms, computer vision and big data, is a subfield of Artificial Intelligence. The goal of machine learning (ML) generally is to understand the structure of data and fit that data into models that can be understood and utilized by decision makers. In other words, machine learning is turning into an inescapable resource for organisations that determines the path towards survival and success.

Over the past few years, ML has been in highly demand by both science and industry. Recent publications show that AI is becoming a global industry of more than 30 billion dollars, and the future prediction says that this value will significantly increase up to 50 billion dollars until 2030. This significant development in value and scale of AI is due to the exponential growth of the available data amounts, the continuous development of new sensors, processing software, and storages on low-price level. Likewise, we have seen a tremendous investment in the small degree of

necessary interventions into a running process, whereby the hurdles for smart manufacturing are set low, and both AI and ML applications of the developed methods have found their way into various production engineering fields [2].

Therefore, the aim of this paper is to provide an overview of machine learning by considering the common methods of supervised and unsupervised learning, and common algorithmic approaches in machine learning, including the k-nearest neighbor algorithm, decision tree learning, and deep learning that are being used in production engineering. The paper is organized as follows: firstly, the fundamental machine learning concepts are reviewed. Secondly, an overview on applications of machine learning in production engineering is given. Subsequently, advantages, disadvantages and challenges ahead of applications are discussed and finally, a conclusion is drawn.

II. MACHINE LEARNING METHODS

Machine Learning is recently becoming a wide field with countless usage and applications in multiple areas. As a fast-developing discipline, Machine Learning plays a significant role in manufacturing as well as in the discrete production engineering area. The current development of ML comprises the use of several methods to improve and, in general, to achieve its goal of finding hidden patterns in large, unorganized data. Therefore, the applicability of ML in different industries has provoked the use of two of these methods such as supervised and unsupervised learning [3]. These techniques are differentiated based on the type of how they are provided:

- Supervised learning relies on labeled data to train the algorithm.
- Unsupervised learning provides unorganized data to the algorithm, where the algorithm needs to find the commonalities and hidden patterns among the data by itself.

A. Supervised learning

The key concept of supervised machine learning is to provide the computer with specific data inputs or in other words, training the algorithm which in essence serves as a learning material for the machine. The data input provided by humans is used to train the algorithm to be able to later

perform similar and even more complicated processes on its own.

Discrete production engineering makes use of large amounts of previously gathered data, which need to be processed before serving as an input to the computer. This is a crucial part of the supervised machine learning process, as the output of later independently-processed information, will be a reflection of the effectiveness of the training data-set. All data is labeled, which gives this method a headstart compared to unsupervised machine learning, since its algorithms don't need to organize and categorize input data based on their commonalities as it's already done.

This phenomenon of training helps the machine to learn new patterns of framing scenarios about the human being whereby the aim is to operationalise the digital consciousness in structuring the information to the decision makers.

Therefore, data within the datasets are usually split up into three groups, which serve three different purposes in the algorithm training process. The largest amount, i.e. ~70%, is used for the actual algorithm training, ~20% is used to evaluate the data set, meanwhile ~10% is used for testing purposes [4].

B. Unsupervised learning

A significant process of training the algorithm is having organized and labeled data which is indispensable for the whole process of algorithm training. In reality, however, that is usually not the case. In essence, there is a more complicated process that occurs which requires input data to be analyzed from scratch with the sole purpose of finding any commonalities or relations among them. This leads to the discovery of hidden patterns in data, which would be impossible without the use of unsupervised learning algorithms [4].

Therefore, this method requires less human supervision compared to the former one, due to the fact that data doesn't need to be pre-labeled by humans prior to being analyzed. To simplify, algorithms take care of grouping the data based on some common characteristic they share. In production engineering, the algorithm training process depends on the assumed feedback from experts regarding the classification of states to identify the learning set [3].

The unsupervised learning method is found to be favorable in this area, since there might not always be an expert feedback available. This method, among other applications, is also being used to identify outliers in production data [5].

III. PROMISING MACHINE LEARNING APPROCHES IN PRODUCTION ENGINEERING

There are multiple supervised ML algorithms available for use in production engineering. However, not all of them can be used for the same purposes, as each of these algorithms has its own advantages and drawbacks. Selecting the right algorithm for a specific task while being in compliance with the requirements of the current production research problem is quite a challenge. First, the general applicability of a ML algorithm with the requirements may

be derived from more general comparisons [6]. The next step on choosing a suitable ML algorithm includes an analysis of previous applications of the algorithm in question. The application area doesn't necessarily have to be the same, but the research requirements need to be similar.

Approaches to machine learning are continuously being developed. For our purposes, we will go through a few of the popular approaches that are being used in machine learning at the time of writing.

Statistical Learning Theory

Statistical Learning Theory (SLT) is a very promising supervised algorithm for the production engineering research problem that focuses on the question of 'how well the chosen function generalizes, or how well it estimates the output for previously unseen inputs' [7].

A major advantage of SLT algorithms is the variety of possible application scenarios and possible application strategies. SLT allows to reduce the number of needed samples in certain cases. SLT is also able to overcome issues like observer variability better than other methods [8].

Bayesian Networks

Bayesian Networks (BNs) are defined as a graphical model describing the probability relationship between several variables. BNs are one of the well-known applications of SLT. Naive Bayesian Networks represent a rather simple form of BNs, being composed of directed acyclic graphs (one parent, multiple children). Among the advantages of BN are the limited storage requirements, the possibility to use it as an incremental learner, its robustness to missing values, and the easiness to grasp output. However, the tolerance toward redundant and interdependent attributes is understood to be very limited [6].

k-nearest neighbor

The k-nearest neighbor algorithm is a pattern recognition model that is used for classification as well as regression purposes. It is often written as k-NN, and k in k-nearest neighbor is considered as a positive integer, which is typically small. In either classification or regression, the input will consist of the k closest training examples within a space.

A technique that is based on k-nearest neighbor classifiers and applied in regression and classification is called Instance-Based Learning (IBL) or Memory-Based Reasoning (MBR). It has proven to achieve high accuracy of classification in some cases, a stable and good performance, was found to be applicable in many different domains. However, it does not seem to be the best match when looking at the identified requirements for production engineering. The difficulty to set the attribute weight vector in little known domains, the complicated calculations needed if large numbers of training instances/test patterns and attributes are involved, less adaptable learning procedures, task-dependency, and time-sensitive to complexity are some of the reasons why IBL/MBR are excluded from further investigation.

Neural Networks

Neural Networks (NN) are inspired by the functionality of the brain. The brain is capable of performing impressive tasks such as vision, speech recognition, etc. tasks that may prove beneficial in engineering application when transferred to a machine/artificial system. NN simulate the decentralized 'computation' of the central nervous system by parallel processing (in reality or simulated) and allow an artificial system to perform unsupervised, and supervised learning tasks (e.g. pattern recognition). Decentralization makes use of a high 'number of simple, highly interconnected processing elements or nodes and incorporates the ability to process information by a dynamic response of these nodes and their connections to external inputs'. These NN play an important role in today's ML research. Today's application of NN can be seen as being on the representation and algorithm level. They are applied in various fields of manufacturing (e.g. semiconductor manufacturing) and diverse problems (e.g. process control) which highlights their main advantage: their wide applicability. Besides that, NN are capable of handling high-dimensional and multi-variate data on a similar rate to Support Vector Machines that are introduced in the following section. NN can suffer from over-fitting the training data to when trying to offer high accuracy. However, in order to achieve the high accuracy, a large sample size is required by NN. Over-fitting, connected to the high-variance algorithms is commonly accepted as a drawback of NN. Other challenges of applying NN include the complexity of the models they produce, the intolerance concerning missing values and the (often) time-consuming training [6].

Support Vector Machines

Support Vector Machines (SVMs) are a very promising ML algorithm that has attracted increasing attention in recent years due to its generally high performance, ability to achieve high accuracy, and ability to handle high-dimensional, multi-variate data-sets. SVMs were introduced by Cortes and Vapnik as a new machine learning technique for two-group classification problems. SVM can be understood as a practical methodology of the theoretical framework of STL. SVMs have a proven track record for successfully dealing with non-linear problems [9].

The idea behind it is that input vectors are non-linearly mapped to a very high-dimensional feature space. SVM can be combined with different kernels and thus adapt to different circumstances/requirements. SVM has shown promising empirical results in a number of practical production and manufacturing applications and works very well with high-dimensional data. The previous studies suggest that the performance of SVM compared to other ML methods is still very competitive. Another aspect of this approach is that it represents the decision boundary using a subset of the training examples, known as the support vectors.

Ensemble Methods

Ensemble Methods are a class of machine learning algorithms that combine a weighted committee of learners to solve a classification or regression problem. The committee or ensemble contains a number of base learners like NNs, trees, or nearest neighbor [10]. In many cases, the base learners are from the same algorithm family, which is called a homogeneous ensemble. In contrast to that, a heterogeneous example is constructed by combining base learners of different types.

For many machine learning problems, it is demonstrated that the ensemble leads to a better model generalization compared to a single base classifier. To construct the base classifiers, two main paradigms have demonstrated their predictive power. On the one hand, sequential ensemble methods use the output from a base classifier as an input of the following base classifier and therefore boost the output in a sequential way. On the other hand, parallel adjustment of base classifiers leads to independent models, which is also named Bagging. One famous example of bagging methods is Random Forest algorithm which is a combination of randomly sampled tree predictors. In a first step, Random forest randomly selects a subset of the features space, and then performs a conventional split selection procedure within the selected feature subset.

Deep Learning

Deep Learning is an area of machine learning that allows the processing of data in multiple processing layers toward highly non-linear and complex feature representations. The field is mainly driven by the computer vision and language processing domain but offers great potential to also boost data-driven manufacturing applications.

Deep Convolutional Neural Networks (ConvNets) have demonstrated outstanding prediction performance in various fields of computer vision and won several contests. In contrast to standard NNs, where each neuron from layer n is connected to all neurons in layer $(n - 1)$, a ConvNet is constructed by multiple filter stages with a restricted view and therefore well suited for image, video, and volumetric data. From layer to layer, a ConvNet transforms the output of the previous layer in a higher abstraction by applying non-linear activation. Data streams or data with temporal behavior are of major importance in manufacturing and production scenarios. Especially deep recurrent neural nets have demonstrated the ability to model temporal patterns, e.g. in time series data [11].

IV. MACHINE LEARNING APPLICATIONS IN PRODUCTION

In this section we are going to review machine learning applications in manufacturing and discrete production. As it was described in the previous section, there is a wide variety of different ML algorithms available. Each of them has specific advantages and disadvantages. In order to give an overview of successful applications of ML in manufacturing systems, selected applications of SVM supervised machine learning algorithm are illustrated. There are several successful applications of ML in production available and many are already in daily use in industrial applications worldwide.

A major application area of SVM in manufacturing is monitoring, especially tool/machine condition monitoring, fault diagnosis, and tool wear are domains where SVM is continuously and successfully applied [12]. Also, quality monitoring in manufacturing is a field where SVMs were successfully applied [13].

An application area of SVM with an overlap to production engineering application is image recognition. It can be utilized to identify or classify damaged products [14][15].

Other application areas are, e.g. handwriting classification. Time series forecasting is also a domain where SVM optimization is often applied [11].

V. ADVANTAGES

One of the biggest advantages of Machine Learning is its ability to handle large amounts of data, allowing for previously-unknown information and relationships to be discovered. In other words, ML algorithms (some more than the others) are able to handle multi-dimensional data, which has an important impact on discrete production engineering.

ML borrows some concepts from human intelligence as well, such as the ability to quickly adapt to changes. ML algorithms can be trained to automatically adapt to changing environments, which is usually rather fast [16].

It should be noted these do not necessarily apply to every ML algorithm. However, it's widely accepted that Machine Learning generally allows the reduction of scrap and cycle time. The most noticeable advantage of utilizing Machine Learning in discrete product engineering is the reduction of development cost and time. Otherwise, the failure of incorporating ML techniques and methods would reflect on a larger staff needed to perform similar tasks, which would directly increase the project cost. More importantly, the speed at which ML algorithms are able to find correlations and hidden patterns among data, ensures a quicker development process of products in discrete product engineering. Taking all these factors into consideration, products could be launched much sooner in case of ML implementation in the industry.

An obvious advantage of ML application is automation. If there is one thing machines are good at, it is performing boring and repetitive tasks over and over again. "Teaching" machines how to perform such time-consuming tasks allows people to repurpose their time to more productive projects. Moreover, once the computers learn the process, the error rate in automated tasks tends to be lower compared to the same task performed by humans.

VI. CHALLENGES

As previously mentioned, getting a hold of labeled data is relatively difficult. This introduces us to the first challenge of machine learning which is data relevance. The more redundant and irrelevant the data within a dataset are, the longer it takes for the algorithm to 'learn' and find patterns. To simplify, the performance of ML algorithms is highly dependent on the data-set provided.

However, this is not the only challenge, as the algorithm compatibility and requirements need to be taken into consideration, too. In order to get the best performance, data needs to be tailored to fit the chosen algorithm, which means a valuable time is spent in pre-processing the input data before feeding it to the algorithm. In this context, preprocessing means filtering and normalizing the data, which can be performed using a standardized tool among those that are available.

Another challenge, the most straight-forward one perhaps, is the complete lack of data. Data might simply not exist, or it might be inaccessible due to security concerns. To make matters even more complex, data might be incomplete, i.e. certain values might be missing from the data set. These values can, however, be replaced, but this should be done in compliance with the requirements of the algorithm of choice.

Choosing the right algorithm determines the whole flow of the data analysis process. In fact, there are multiple variables to be taken into consideration before going with one algorithm or the other. The first step towards making the right decision is to acknowledge the type of data that is going to be analyzed. As an example, one might want to go with a supervised learning algorithm for labeled data, but this wouldn't be the case if the data were to be unorganized. Once the type of data in matter is determined, the complexity of that data becomes the next factor. One must check the effectiveness of the algorithm in handling complex, high-dimensional data-sets. The third step, after having selected one of the algorithms, is to check its previous results in comparable conditions, not necessarily in the same area of application [17][11].

VII. CONCLUSION

In this paper, we have emphasised the importance and the challenges of modern manufacturing systems, e.g. increasing complexity, dynamic, high dimensionality, and chaotic structures are highlighted. Likewise, a significant part of the theoretical discussion was dedicated to machine learning limitations and advantages from a production and manufacturing perspective. Likewise, we have mentioned the structuring of the diverse field of machine learning and an overview of the basic terminology of this inter-disciplinary field. The structure is distinguishing unsupervised machine learning, and supervised machine learning as a possible way to group the available algorithms and applications.

Throughout this theoretical paper we argued that supervised learning is a good fit for most manufacturing applications due to the fact that the majority of manufacturing applications can provide labeled data. Based on this theoretical distinction, the most commonly used supervised machine learning algorithms were presented including the effects of supporting decision makers with complex/unique data in different industries.

Thereafter, an exemplary illustration of successful application in manufacturing of the supervised machine learning algorithm SVMs is presented. In this debate, we highlight the adaptability and variety of usage opportunities in the field. Therefore, with the current trend of fast paced developments in the algorithm area and increasing availability of data (e.g. due to low cost sensors and the shift

toward smart manufacturing) and computing power, we suggest that the need for machine learning especially in manufacturing and production engineering will increase further at a rapid pace.

As of today, it is evident that supervised algorithms have the upper hand in most applications in the manufacturing domain. But, with the rapid increase in availability of data, and due to more and better sensor technologies and increased awareness, we suggest that unsupervised methods could increase in importance in the near future. Already today, hybrid approaches are being used that offer ‘the best of both worlds.’ This corresponds with the attention of the Big Data developments received in recent years.

Concluding, we can say with high confidence that ML is already a powerful tool for many applications within smart manufacturing systems and discrete production engineering and its importance is continuing to increase at a fast pace in the near future. Its interdisciplinary nature presents a big opportunity but also a significant risk at the same time as collaboration presupposes making sacrifices.

REFERENCES

- [1] Kaplan, A. and Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who’s the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), pp.15–25.
- [2] D. Weichert, P. Link, A. Stoll, S. Rüping, S. Ihlenfeldt, and S. Wrobel, “A review of machine learning for the optimization of production processes,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 104, no. 5-8, pp. 1889–1902, 2019.
- [3] Monostori, L. (2003). AI and machine learning techniques for managing complexity, changes and uncertainties in manufacturing. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16, 277–291.
- [4] Taiwo Oladipupo Ayodele (February 1st 2010). Types of Machine Learning Algorithms, *New Advances in Machine Learning*, Yagang Zhang, IntechOpen, DOI: 10.5772/9385. Available from: <https://www.intechopen.com/books/new-advances-in-machine-learning/types-of-machine-learning-algorithms>
- [5] Hansson, K., Yella, S., Dougherty, M., & Fleyeh, H. (2016). Machine learning algorithms in heavy process manufacturing. *American Journal of Intelligent Systems*, 6(1), 1–13.
- [6] Kotsiantis, S. B. (2007). Supervised machine learning: A review of classification techniques. *Informatika*, 31, 249–268.
- [7] Evgeniou, T., Pontil, M., & Poggio, T. (2000). Statistical learning theory: A primer. *International Journal of Computer Vision*, 38, 9–13.
- [8] Margolis, D., Land, W. H., Gottlieb, R., & Qiao, X. (2011). A complex adaptive system using statistical learning theory as an inline preprocess for clinical survival analysis. *Procedia Computer Science*, 6, 279–284.
- [9] Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, 20, 273–297.
- [10] Opitz, D., & Maclin, R. (1999). Popular ensemble methods: An empirical study. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 11, 169–198.
- [11] Thorsten Wuest, Daniel Weimer, Christopher Irgens & Klaus-Dieter Thoben (2016) Machine learning in manufacturing: advantages, challenges, and applications, *Production & Manufacturing Research*, 4:1, 23-45
- [12] Azadeh, A., Saberi, M., Kazem, A., Ebrahimipour, V., Nourmohammadzadeh, A., & Saberi, Z. (2013). A flexible algorithm for fault diagnosis in a centrifugal pump with corrupted data and noise based on ANN and support vector machine with hyper-parameters optimization. *Applied Soft Computing*, 13, 1478–1485.
- [13] Ribeiro, B. (2005). Support vector machines for quality monitoring in a plastic injection molding process. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 35, 401–410.
- [14] Salahshoor, K., Kordestani, M., & Khoshro, M. S. (2010). Fault detection and diagnosis of an industrial steam turbine using fusion of SVM (support vector machine) and ANFIS (adaptive neuro-fuzzy inference system) classifiers. *Energy*, 35, 5472–5482.
- [15] Wu, Q. (2010). Product demand forecasts using wavelet kernel support vector machine and particle swarm optimization in manufacture system. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 233, 2481–2491.
- [16] Simon, H. A. (1983). Why should machines learn? In R. Michalski, J. Carbonell, & T. Mitchell (Eds.), *Machine learning* (pp. 25–37). Charlotte, NC: Tioga Press
- [17] Yu, L., & Liu, H. (2003). Feature selection for high-dimensional data: A fast correlation-based filter solution. In *Proceedings of the Twentieth International Conference on Machine Learning (ICML2003)* (pp. 8). Washington, DC

НИСКОЕМИСИОННИ И ВИСОКОЕФЕКТИВНИ ЕНЕРГИЙНИ СГРАДИ

Росен Петров
ИИКТ - Българска Академия на
науките, бл. 2,
София, България
e-mail: rosen_p@yahoo.com

Резюме: В статията са представени начини и модели за намаляване на въглеродния отпечатък на еднофамилни сгради чрез различни методи и подходи. Представени са различни начини за съществуващи и нови сгради за постигане на въглеродна неутралност, както и положителен баланс на отделяните въглеродни емисии.

Ключови думи: въглеродна неутралност, въглероден баланс, въглеродни емисии

I. Увод

Дългосрочната успешна стратегия за борба с глобалното затопляне и климатичните промени изисква от нас да елиминираме или максимално да намалим въглеродните емисии, които се отделят в атмосферата благодарение на нашата дейност. Подобен резултат може да бъде постигнат чрез сгради с нулеви емисии или въглеродно положителни

II. ВЪГЛЕРОДНО НЕУТРАЛНИ СГРАДИ

Терминологията „нулеви емисии“, „въглеродно неутрални“ се отнася за сгради, които използват възобновяеми енергийни източници за самостоятелно производство на енергия, което е в състояние да задоволява тяхното потребление, така че на годишна база нетното количество произведена енергия да бъде равна на енергията, която е необходима на една сграда, за да бъде функционална/отопление, охлаждане, осветление и др./.

Изграждането на подобни сгради изисква внимателно планиране и проучване за възможностите за използване на пасивно отопление и охлаждане, слънчева енергия, системи за сградна автоматизация, уреди с ниска консумация и т.н.. фиг. 1.



Фиг. 1. Подход за постигане на въглеродна неутралност

Сгради с нулеви въглеродни емисии са тези сгради, които на годишна база не отделят въглероден диоксид в атмосферата в резултат на използване на системи с директно изгаряне/напр. природен газ/ и електричество за битови нужди, доставено от електро разпределителните дружества.

- Домашните нужди включват цялото енергопотребление за покриване на отоплителни и хладилни товари, също както и вода за битово горещо водоснабдяване, уреди за готвене, осветление, споделена инфраструктура и производство на енергия от ВЕИ.
- Сградите с нулев въглероден отпечатък трябва да удовлетворяват специфични стандарти за енергийна ефективност и собствено производство на енергия.
- Наблюденията са базирани на моделиране и анализ на емисиите отделени при изгаряне на природен газ $\text{kgCO}_2\text{E}/\text{m}^2/\text{yr}$.

III. ВЪГЛЕРОДНО ПОЛОЖИТЕЛНИ СГРАДИ

Въглеродно положителни са сгради от по-високо ниво, които имат допълнителен или „положителен“ енергиен въглероден баланс, те произвеждат повече енергия от собствените енергийни нужди като произведената допълнителна енергия се връща в мрежата.

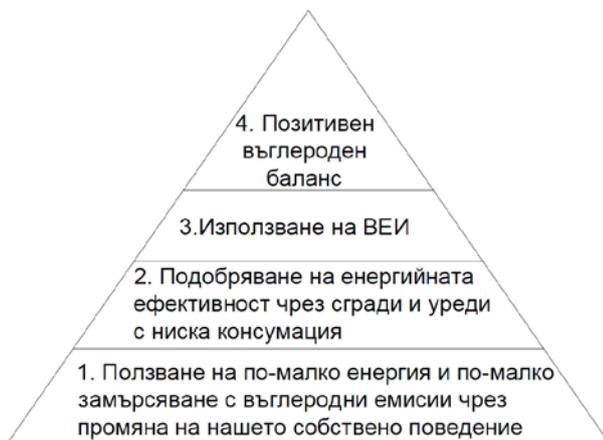
Подобна практика би намалила значително общия въглероден товар върху околната среда, създаден от стари порадки в областта на строителството, начина на живот и отхвърляне на теорията, че подобни въглеродно положителни сгради не са възможни в реалния живот.

Ако сега въглеродно неутралните сгради се считат за най-добрия пример, то положително въглеродните сгради ще играят по-значима роля в борбата с глобалното затопляне. Когато „въглеродно-позитивен“ стане ежедневие и се превърне в стандарт, цялата енергия произведена от сградните инсталации ще се пренасочва дори и към производството на храни и други дейности от бита. фиг. 2.

IV. ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА КЪЩИ С НУЛЕВИ ВЪГЛЕРОДНИ ЕМИСИИ:

- Фокус към използване на възобновяеми енергийни източници и енергийна ефективност.
- Избор на подходяща локация, която позволява да използваме енергия от слънце, вятър или фотоволтаици, производство на собствена продукция за храна.
- Залагане на мерки по време на проектирането с цел по-малка нужда от енергия за отопление и охлаждане.

- Ограничаване на потреблението на вода.
- Използване на материали с нисък коефициент на топлопроводност.



Фиг. 2. Способи за постигане на въглероден положителен баланс

Увеличавайки значително енергийната ефективност редуцираме нуждата от възобновяема енергия, която е необходима да задоволи нашите нужди без създаване на въглеродни емисии. Спазването на подобни мерки подобрява цялостната концепция на три нива:

- Физически – намалява необходимата площ от покрива за разполагане на фотоволтаични панели.
- Икономически – системи за поддържане на микроклимат от по-малък типоразмер.
- Околна среда – използване на няколко източника за производството на компонентите, заложи в системата.

Например средното енергийно потребление на едно домакинство в България е около 5000kWh. Ако приложим обаче няколко прости мерки за следващата година можем да редуцираме общото енергопотребление до около 3000kWh – в този случай инсталацията с фотоволтаици би струвала по-малко.

Можем да намалим енергопотреблението си до чувствително с внимателно планиране и промяна в начина ни на живот. Вида и големината на системите, използвани в дома зависят от местоположението и възможностите за оползотворяване на природните ресурси.

Намаляването на отделяните въглеродни емисии зависи от няколко основни фактора, сортирани на база ефективност, когато са взети под внимание при изграждане на нов дом:

- Начин на живот с по-ниски емисии.
- Намаляване на размера на къщата.
- Използване на възобновяеми енергийни източници, както и термопомпени системи с високо КПД.
- Високоэффективни изолационни материали.

- Производство на енергия чрез фотоволтаични системи
- Умни/smart/ приложения за менажиране на разхода на енергия, използване на хибридни автомобили, системи за сградна автоматизация и др.

Отделно от първите два фактора, цената на която идва ефективността зависи от типа на къщата, както и заобикалящия я климат. Пример може да се даде със съществуващо домакинство, което изпитва затруднения да направи сериозна крачка със закупуването и инсталиране на скъпа високоэффективна инсталация би могло да оптимизира най-основните разходи за енергия/отопление, охлаждане, БГВ/ и в следствие да се премине към инсталации с фотоволтаици и солари. По този начин може да се постигне максимална ефективност за сметка на разходите за енергия, особено за места с подходящ климат.

На местата с по екстремни климатични условия е възможно постигане на по-високи нива на ефективност. В Мелбърн, Австралия е установено, че с инсталация от фотоволтаични елементи с производителност от 3kW, комбинирана със соларна инсталация е в състояние да осигури нулеви въглеродни емисии на годишна база.

За съществуващи домове подобряването на ефективността се препоръчва добавяне на изолация, разделяне на зони за отопление и охлаждане, поставяне на щори и намаляване на загубите от инфилтрация.

V. МЕТОДИ ЗА РЕДУЦИРАНЕ НА ЕМИСИИ

- Динамично обитаване на дома с редуциране на въглеродния отпечатък.
 - Отваряне на прозорците през нощта през лятото, вместо използване на климатик.
 - При наличие на капандури и прозорци на по-голяма височина да се използват за естествена вентилация през лятото, но да са затворени през зимата
 - Използване на външни и вътрешни щори, които да са спуснати през лятото и да са вдигнати през зимата
 - Ограничаване на вентилацията през зимата
 - Да се отопляват само използваните помещения
- Няколко градуса от термостата по-малко през зимата и няколко повече през лятото могат да ни спестят до 20% от разхода за отопление охлаждане.
- Закупуването на електроуреди с ниска консумация, гасенето на лампи и на уреди, които не използват/втори хладилник например/.
- Преминаване на зелен транспорт като ходене, колело или градски транспорт.
- При необходимост от автомобил, би било добре да бъде хибриден или електрически.

- Намаляване на времето и средствата за транспорт до работното място, училище или фитнес посредством работа от вкъщи, през интернет, телефон, използване на градски транспорт.
- Да не се изхвърлят хранителни продукти, а да се използват за компостиране.
- При възможност да отглеждаме сами частично или напълно храната си.
- Да купуваме хранителни продукти, които не са транспортирани твърде дълго, препакетираны или престояли за дълго време по складовете.
- Намаляване на отпадни продукти и трудно разградими материали като пластмаси, найлонови торбички и др..
- По-малко вода за миене и къпане
- Да не пазаруваме излишни стоки и суровини, от които нямаме истинска нужда.
- Да купуваме сертифицирани продукти с високо качество, с голяма издръжливост, изработени от екологични материали.
- Намаляване размера на къщите.
- Уреди с ниска консумация/висок енергиен клас./
- Инсталиране на соларна инсталация за БГВ с високоефективна термпомпа .
- Високо ефективни климатични системи с КПД(SEER за охлаждане и SCOP за отопление) по-високо от 4,0, което означава че за всеки киловат вложена електроенергия получаваме минимум четири киловата топлинна или хладилна енергия.
- Материали с отлични изолационни характеристики.

VI. УМНА МРЕЖА С ГЪВКАВО УПРАВЛЕНИЕ

Където е налична или възможна за изпълнение ни дава редица предимства като:

- Възможност за свързване на новите или съществуващи системи за производство на енергия
- Инсталиране на системи за енергиен мениджмънт, както и домакински уреди с възможност за интегриране на BMS

Количеството енергия, произведено в периода, в който не е необходима би могла да се използва за зареждане на акумулаторна инсталация за домашно ползване или за зареждане на електрически или хибридни автомобили.

VII. МОНИТОРИНГ

Чрез наблюдение на сметките за изразходвана енергия и използване на опциите на модерните електроуреди, снабдени с дистанционен контрол можем да направим още по-прецизен анализ на възможностите за допълнително повишение на енергийната ефективност.

Когато всичко, заложено като мярка за постигане на въглероден неутралитет е инсталирано и е вече в процес на експлоатация чрез мониторинга можем да определим

дали сме достигнали необходимото ниво – неутрално или позитивно на база актуално или предполагаемо състояние.

Това ни дава възможност да вземем решение, как да процедираме в бъдеще – да оставим съществуващите мерки или да предвидим увеличаване на капацитета им.

VIII. БЪДЕЩИ ПОДОБРЕНИЯ

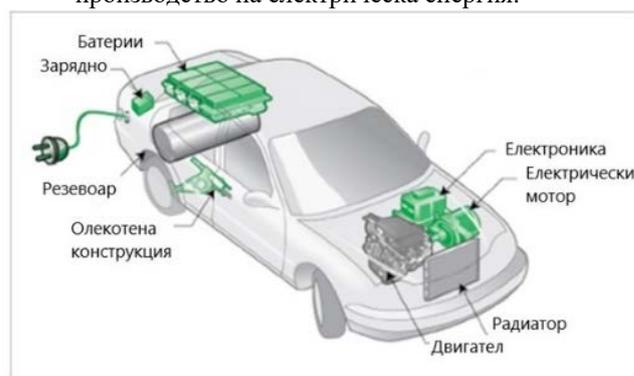
Добавяне или разширение на инсталациите, използващи ВЕИ, като соларни фотоволтаични системи е относително просто, но доста скъпо, затова обикновено е последната стъпка до достигане на нивата на нулев или положителен въглероден отпечатък, тъй като качествената топлоизолация в комбинация с умните решения за менажиране на енергийната консумация и уредите от висок енергиен клас създават основната икономия в енергийния баланс на едно домакинство.

Нерегулираният ръст и повишения капацитет на произвежданата енергия от фотоволтаични инсталации води до обръквания, свързани с енерго-разпределителните дружества.

Производството на електроенергия от фотоволтаични системи води до претоварване на енергийната система в слънчеви дни в някои райони. Тези системи са в състояние да доведат до флукутации, когато се редуват слънчево с облачно време.

Автоматизирани системи за управление на тези локални системи е от ключово значение за избягване на подобни проблеми. Такива системи са:

- Акумулаторни системи или зареждане на хибридни автомобили фиг.3.
- Автоматизирано пускане на системи за отопление или охлаждане за елиминирание на пиковете при производство на електрическа енергия.



Фиг. 3. Плъг-ин хибрид автомобил

Когато имаме система за енергиен мениджмънт сме в състояние да комбинираме акумулаторната инсталация /ако имаме налична/, така че да черпим съхранената енергия, тогава когато имаме необходимост от нея или да връщаме енергия към електропреносната мрежа.

Бързото развитие на технологиите в областта на батериите, умни електроуреди, интерактивни системи за енергиен мениджмънт спомагат за интеграция им, както

за еднофамилни къщи, така и за по-големи офисни и промишлени сгради.

Следващото поколение автомобили, снабдени с батерии с по-висок капацитет ще са в състояние да се присъединят директно към електрическата система на нашия дом, като ще е възможно двупосочно използване на електрическа енергия. Батерията в автомобила, посредством системата за енергиен мениджмънт може да бъде ползвана за източник на енергия в пиковите моменти и съответно да се зарежда, когато домашната инсталация е разтоварена с помощта на фотоволтаична система или от зарядни станции в близост.

IX. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Да сме въглеродно неутрални е трудна и скъпа мисия, но това не означава, че трябва да се предаваме. С покупката на подходящо оборудване за дома, със смяната на автомобила, дневните навици все повече се доближаваме до нулевия отпечатък. Скъпите компоненти като фотоволтаична инсталация, система за съхранение на генерираната от ВЕИ енергия могат да бъдат закупени в последствие.

Въглеродната неутралност трябва да бъде нашата първа задача, след което на нетна база в бъдеще да постигнем позитивен въглероден баланс. Постигането на положителен баланс ще се изплаща във времето, така че първоначалните по-високи разходи ще се превърнат в дългосрочна инвестиция. Излишната енергия, която не сме в състояние да употребим би могла да се използва за повишаване на чистотата на въздуха чрез нейното пренасочване към електротранспорт и екологично земеделие.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Jodie Pipkorn, Chris Reardon, <https://www.yourhome.gov.au/housing/carbon-zero-carbon-positive>
- [2] Ausgrid. Smart Grid Smart City project. [additional reading now found on www.utilitymagazine.com.au]
- [3] Australian Greenhouse Office (AGO). 2003. Global warming cool it. Department of the Environment and Heritage, Canberra. [additional reading now found on www.abs.gov.au]
- [4] BioRegional, Beddington Zero Energy Development (BedZED). www.bioregional.com
- [5] Carbon Neutral carbon calculator. www.carbonneutral.com.au
- [6] CSIRO. 2012. State of the climate. [additional reading now found on www.csiro.au]
- [7] Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts (DEWHA). 2008. Energy use in the Australian residential sector 1986–2020. Canberra. [additional reading now found on www.energyrating.gov.au]
- [8] Vale, B and Vale, R. 2000. The new autonomous house. Thames and Hudson, London.

СРАВНИТЕЛЕН НАДЕЖНОСТЕН АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ МОДЕРНИЗАЦИЯТА НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА И ХИДРОПНЕВМАТИЧНА ЧАСТИ НА СЛОЖЕН ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТ

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

Резюме: При модернизацията на технологичното оборудване могат да бъдат приложени различни стратегии. В настоящия доклад е направено сравнение на два варианта на модернизация на сложен технически обект – на електрическата и на хидропневматичната му части от гледна точка на подобряването на надеждностните показатели на обекта. Въз основа на това сравнение са формулирани съответните изводи.

Ключови думи: *надеждност, сравнение, електрическа част, хидропневматична част, сложен технически обект*

I. Увод

В условията на експлоатация на технологичен парк с не малка степен на морална и физическа амортизация проблематиката на модернизация на сложни технически обекти има своята актуалност. Модернизацията може да бъде извършена според различни стратегии, всяка от които се характеризира със съответните критерии. Например за модернизацията на сложен технически обект могат да бъдат избрани различни варианти по отношение на всеобхватността на елементи от йерархичната структура на обекта, по отношение на степента на извършваната модернизация и др. Тази многовариантност на възможностите на бъдеща модернизация води до необходимостта от предварителна оценка и избор на конкретен вариант, избран като най-оптимален за съответните конкретни условия.

В настоящия доклад са разгледани резултатите от модернизацията на електрическата и хидропневматичната части на стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление. Двата варианта на модернизация са сравнени и оценени на базата на критерия „състояние на експлоатационната надеждност”, а от там – и на критерия „работна ефективност” на целия сложен технически обект.

Можем да формулираме целта на изследването като: на база на сравнителен анализ на състоянието на експлоатационната надеждност и работната ефективност на сложния технически обект преди и след извършване на модернизацията на електрическата и хидропневматичната му части да бъде извършена оценка на целесъобразността на двата варианта за модернизация, като бъде препоръчан (ако е възможно) един от тях за приоритетен при извършване на бъдещи модернизации.

II. МЕТОДИКА – ОСНОВНИ МОМЕНТИ

Освен сравнителни изследвания надеждността се изучава основно за конкретни обекти, например за конкретен фактор (умора на материала) и конкретен обект - (турбинни дискове) - [1]. Друг пример е [2] – факторът е „натоварване”, а обектът - електропреносна мрежа. Или конкретен фактор (човешката надеждност) в конкретна индустрия (автомобилната) – [3]. Част от надеждностните изследвания са посветени на усъвършенстването на методите за изследване на надеждността, напр. [4].

Сравнителните надеждностни изследвания обхващат широк кръг от обекти. Например сравняват се методи за изследване на надеждността (статични и динамични) на конкретна техническа система (в случая – система за изключване на реактор) – [5]. Или сравнение на надеждността на конкретен обект (оптична мрежа) и усъвършенстван неин вариант [6].

Настоящото изследване е посветено на конкретен проблем - сравняването на експлоатационната надеждност на различни съставни части на сложен технически обект.

Обект на изследването са две стругови металорежещи машини с цифрово-програмно управление от един модел, родно производство, малък типоразмер. Едната машина е с извършена модернизация на електрическата част, а другата – на хидропневматичната част. В условията на прилагане на метода на наблюдавана експлоатация за събиране на данни за възникващите откази е натрупана информация за експлоатационната надеждност на обектите. При този метод в реални експлоатационни условия се регистрира информация за възникващите откази с предварително определен обхват от упълномощен и инструктиран персонал. За предварително определен набор от показатели за експлоатационна надеждност и работна ефективност е събрана информация преди и след извършване на модернизацията. Извършването на сравнителен анализ на стойностите на тези показатели ни дава възможност да направим съответните изводи и препоръки относно двата варианта по отношение на тяхната целесъобразност. За всяка от двете машини са обхванати експлоатационни периоди преди и след модернизацията, като продължителността на всеки от тях е около 1200 – 1500 работни часа.



За оценка на състоянието на експлоатационната надеждност и работната ефективност са определени стойностите на следния набор от показатели:

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

$$K_{и.пр} = \frac{СВР}{ФРВ}$$

където:

- СВР е сумарното време за работа, часа;
- ФРВ – плановият фонд работно време, часа;
- коефициент на организационно-техническа готовност

$$K_{отг} = \frac{\bar{T}}{\bar{T} + \bar{T}_{пр.о}}$$

където

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

За отчитане на ефекта от модернизацията се определя и подобрението на всеки от показателите по формулата

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

където

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

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

В горната формула ако даден показател след модернизацията е с влошена стойност, резултатът се взема със знак „-“.

Числените стойности на този набор от показатели са определени за всяка машина преди и след модернизацията въз основа на събраната информация за отказите.

Условно машината с модернизирана електрическа част означаваме като машина „А“, а машината с модернизирана хидропневматична част – машина „Б“.

III. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Числените стойности на надеждностните показатели преди и след модернизацията на машина А са показани в таблица 1.

ТАБЛИЦА 1. ЧИСЛЕНИ СТОЙНОСТИ НА НАБОРА НАДЕЖДНОСТНИ ПОКАЗАТЕЛИ ЗА МАШИНА А ПРЕДИ И СЛЕД МОДЕРНИЗАЦИЯТА

| | \bar{T} , часа | \bar{T}_B , часа | $\bar{T}_{пр.о}$, часа | $K_{и.пр}$ | $K_{отг}$ |
|----------------------|------------------|--------------------|-------------------------|------------|-----------|
| Преди модернизацията | 61,3 | 5,1 | 21,6 | 0,81 | 0,74 |
| След модернизацията | 102,8 | 3,2 | 11,7 | 0,85 | 0,90 |

| Подобрение, % | 68 | 37 | 46 | 5 | 22 |
|---------------|----|----|----|---|----|
|---------------|----|----|----|---|----|

Числените стойности на надеждностните показатели преди и след модернизацията на машина Б са показани в таблица 2.

ТАБЛИЦА 2. ЧИСЛЕНИ СТОЙНОСТИ НА НАБОРА НАДЕЖДНОСТНИ ПОКАЗАТЕЛИ ЗА МАШИНА Б ПРЕДИ И СЛЕД МОДЕРНИЗАЦИЯТА

| | \bar{T} , часа | \bar{T}_B , часа | $\bar{T}_{пр.о}$, часа | $K_{и.пр}$ | $K_{отг}$ |
|----------------------|------------------|--------------------|-------------------------|------------|-----------|
| Преди модернизацията | 87,3 | 4,7 | 18,7 | 0,79 | 0,82 |
| След модернизацията | 110,3 | 4,2 | 15,7 | 0,81 | 0,88 |
| Подобрение, % | 26 | 11 | 16 | 3 | 7 |

За целите на сравнителния анализ е необходимо двата варианта на модернизация да бъдат съпоставими. Тъй като вложените ресурси в двете модернизации са с различна големина, е необходимо да бъде използван преводен коефициент. Чрез него ще бъде реализирана тази съпоставимост. В качеството на такъв коефициент за нуждите на конкретното изследване е предложено съотношението [лева] между вложения паричен ресурс за модернизацията на машина А и този при машина Б. При конкретното сравнение за разглежданите две модернизации конкретната числена стойност на преводния коефициент е 1,47. За да могат да се сравняват показателите след модернизацията на двете машини, с този коефициент се умножава числената стойност на подобрението на съответния показател за машина Б. Получената коригирана стойност се сравнява със стойността за машина А. Тези стойности на подобрението са показани в таблица 3.

ТАБЛИЦА 3. ЧИСЛЕНИ СТОЙНОСТИ НА ПОДОБРИЕТО НА ДВЕТЕ МАШИНИ

| | \bar{T} , часа | \bar{T}_B , часа | $\bar{T}_{пр.о}$, часа | $K_{и.пр}$ | $K_{отг}$ |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|-------------------------|------------|-----------|
| Подобрение на машина А, % | 42 | 11 | 30 | 4 | 11 |
| Подобрение на машина Б, % | 26 | 11 | 16 | 3 | 7 |
| Коригирано подобрение на машина Б, % | 38 | 16 | 24 | 4,4 | 10 |

Въз основа на така получените числени стойности на показателите за експлоатационна надеждност и работна ефективност могат да бъдат отчетени следните резултати:

- Числените стойности на подобрението на показателя „средна отработка между отказите“ при двете машини са сравнително близки. Това означава, че този показател не дава основание за категоричен избор на единия вариант на модернизация спрямо другия. Т.е. за избора на

един от двата варианта следва да се обърне внимание на други критерии;

- По отношение на двата показателя, отнасящи се до процесите на възстановяване на работоспособността – „средно време за възстановяване” и „средно време за престой поради откази” числените стойности на подобрението са с различен превес при двете машини. Тези стойности могат да послужат не толкова за избор на един от двата варианта на модернизация (каквато е целта на изследването), а за анализ на организацията на възстановителните дейности;
- Подобрението при комплексните показатели „коефициент на използване по предназначение” и „коефициент на организационно-техническа готовност” е с близки числени стойности. Т.е. и тези резултати не дават еднозначна оценка за превес на единия вариант за модернизация спрямо другия;
- Като краен резултат можем да направим заключението, че по отношение на експлоатационната надеждност и работната ефективност двата варианта за модернизация – на електрическата част (машина А) и на хидропневматичната част (машина Б) са равностойни. Но това е резултат, разглеждан в по-общ план. По-детайлният анализ на тези числени резултати може да даде допълнителни аргументи в полза на единия или другия вариант в зависимост от формулирането на по-специфични критерии за избор на вариант, например – стойност на модернизацията, влияние на модернизацията върху организацията на възстановителните дейности, конкретен обем на мащаба на модернизацията и др.

IV. Изводи

- Определени са числените стойности на предварително уточнен набор от показатели за експлоатационна надеждност и работна ефективност за всяка от двете модернизирани машини – с модернизирана електрическа част и с модернизирана хидропневматична част;
- Приложена е методика за сравнителна оценка на модернизациите на електрическата и хидропневматичната части на сложен технически обект въз основа на състоянието на експлоатационната му надеждност;
- Получените резултати са база за по-детайлна икономическа оценка на двата варианта на модернизация.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Haifeng Gao, Anjenq Wang, Enrico Zio, Guangchen Bai; An integrated reliability approach with improved importance sampling for low-cycle fatigue damage prediction of turbine disks; *Reliability Engineering & System Safety*, Available online 22 January 2020, 106819; Copyright © 2020 Elsevier Ltd.; ISSN 0951-8320.
- [2] Yi Ren, Dongming Fan, Qiang Feng, Zili Wang, Bo Sun, Dezheng Yang; Agent-based restoration approach for reliability with load balancing on smart grids; *Applied Energy*, Volume 249, 1 September 2019, Pages 46-57; Copyright © 2020 Elsevier Ltd.; ISSN 0306-2619.
- [3] Alberto Petruni, Evanthia Giagloglou, Ewan Douglas, Jie Geng, Maria Chiara Leva, Micaela Demichela; Applying Analytic Hierarchy Process (AHP) to choose a human factors technique: Choosing the suitable Human Reliability Analysis technique for the automotive industry; *Safety Science*, Volume 119, November 2019, Pages 229-239; Copyright © 2020 Elsevier Ltd.; ISSN 0925-7535.
- [4] Morgane Menz, Christian Gogu, Sylvain Dubreuil, Nathalie Bartoli, Jérôme Morio; Adaptive coupling of reduced basis modeling and Kriging based active learning methods for reliability analyses; *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 196, April 2020, 106771; Copyright © 2020 Elsevier Ltd.; ISSN 0951-8320.
- [5] Darpan Krishnakumar Shukla, A. John Arul; Static and dynamic reliability studies of a fast reactor shutdown system using smart component method; *Annals of Nuclear Energy*, Volume 136, February 2020, 107011; Copyright © 2020 Elsevier Ltd., ISSN 0306-4549.
- [6] Yu Zheng, Zhiqun Ge, Xiaolu Zhang, Jian Xu, Xiaohan Sun; High-reliability optical process level network in smart substation; *Optical Switching and Networking*, Volume 36, February 2020, 100552; Copyright © 2020 Elsevier B.V.; ISSN 1573-4277.

ИНФРАЧЕРВЕНО ОТОПЛЕНИЕ ЗА ИНДУСТРИАЛНО ПРИЛОЖЕНИЕ СПОРЕД МОДЕЛИ НА РАБОТНИ ПОМЕЩЕНИЯ

Венета Йосифова

ИИКТ-БАН

София, България

e-mail: veneta.christova@gmail.com

Росен Петров

ИИКТ-БАН

София, България

e-mail: rosen_p@yahoo.bg

Милена Харалампиева

ИИКТ-БАН

София, България

e-mail: milena_biserova@abv.bg

Резюме: Доклада разглежда модели на ситуиране на производствени процеси в индустриални сгради, с оглед на ефективно отопление на големи пространства. Направени са изводи относно разпределението на работна сила при посещения на различни по вид и големина производствени предприятия. Разгледани са различни видове инфрачервено отопление, подходящо за приложение в индустриални сгради.

Ключови думи: енергийна ефективност, индустриално отопление, инфрачервено отопление.

I. Увод

Когато става въпрос за отопление на индустриални помещения и складове, инженерите срещат истинско предизвикателство. Сред причините за това са техните огромни отворени пространства, високи тавани, често отворени врати и прозорци и естеството на производствени процеси или складово предназначение, които затрудняват правилното отопление без загуба на енергия. По-трудните аспекти на индустриалното отопление са свързани с необходимостта на поддържане на постоянна температура и регулирането на топлина през зимата, независимо дали е свързано със създаването на комфорт, определен процес или оборудване. Също така отоплителните системи трябва да произвеждат достатъчно топлинна енергия, която да се разпределя през голямо пространство без да прегряват. Всички високи пространства имат това голямо предизвикателство за отопление, свързано с факта, че топлината се покачва и събира на тавана. Управлението на равномерното разпределение на топлината и изтласкването на топлината по-ниско там, където се извършва голяма част от работата, може да представлява сериозен проблем. Също така, наличието на високи стелажи и рафтове, стигащи до тавана може да създаде свои собствени модели на движение на топлината. Цел при тези видове складови помещения е правилното движение на топлината около стелажите. При индустриалните сгради топлината често изтича през отворени врати по време на товарене, разтоварване или преминаване на моторни превозни средства. Това води до големи топлинни загуби, които отоплението следва да навакса. [1] Проблем, срещан при по-старите индустриални сгради е че, въздухът изтича около прозорците и се образуват термомостове. С течение на времето уплътнението около повечето прозорци започва да се износва. Това е особен проблем, тъй като този тип сгради имат високи прозорци, които са трудно достъпни

и изтичането на топлина може да остане незабелязана. [2]

За да се разбере по-подробно архитектурата на индустриални сгради, са разгледани правилата за техния дизайн. Извършени са посещения и обследване на различен тип индустриални сгради и са направени изводи за разпределението на производствени процеси, складово зонироване и ситуиране на работници, според вида работа. Според най-често срещаните проблеми, са предложени отоплителни техники, свързани с инфрачервени отоплителни уреди.

II. ЗОНИРАНЕ В ИНДУСТРИАЛНИ ПОМЕЩЕНИЯ

Индустриалните сгради се различават с техните широки светли пространства (над 6 m), високи тавани и ниско строителство (обикновено 1-2 етажа). Тяхната носеща конструкция е предимно стоманобетонна или метална. Предимствата които осигуряват тези сгради за производствените нужди са: бързо строителство, гъвкавост в моделирането на големи пространства, възможност за разширяване, осигуряване на естествено осветление и вентилация през покрива, плитки фундаменти, лесен контрол на процесите, разполагане на тежки машини, лесно изолиране на опасни процеси и отпадъци, лесна поддръжка и др. [3]

Промишлените сгради обикновено могат да бъдат разделени на три класа по отношение на тяхното отопление:

1. Сгради, които са топлоизолирани и херметични. Тези сгради могат да се отопляват с отоплителна система.
2. Сгради без топлоизолация и / или мерки срещу вятър, преминаващ през външните стени, на пример складове.
3. Сгради, където отпадъчната топлина от процесите е толкова висока, че не е необходимо допълнително отопление. Такъв е случаят например в леярни. [4]

Съществуват няколко критерии, които се вземат предвид при проектирането на индустриални сгради в зависимост от тяхното предназначение сред които са:

4. Шум – постигане на подходяща акустика, според производствените процеси;
5. Дим – ограничаване на разпространението на пушек при специфични процеси;

6. Миризма – ограничаване на разпространението на неприятни миризми при специфични процеси;
7. Отпадъци – осигуряване на правилно отвеждане, разделяне или складиране на отпадъчен материал, както и обезопасяване при наличие на отровни/вредни газове;
8. Топлина – високотемпературните процеси, отделят голямо количество топлина, което трябва да бъде овладяно;
9. Пожарна безопасност – съобразяват се фактори като тип конструкция, видове работни процеси, времева заетост и потребление;
10. Трафик и транспорт – съобразяване с процесите свързани с транспорт на продукти и стоки, мотокари, автомобили, ЖП композиции;
11. Външен вид и функционалност – оптимизиране на пространството според нуждите на индустрията. [5]

Безопасните работни условия са важни на всяко работно място, особено в индустриални сгради, където има специфични работни процеси. Така например ниските температури в помещението създават недоволство, оплаквания и невъзможност за фокусиране у работниците, а дебелите работни дрехи ограничават движението. Минималните безопасни работни температури, препоръчани от Администрацията по здравеопазване и безопасност (HSE) в Обединеното кралство, са между 13°C и 16°C за работни места свързани с движение във фабрики и складове. От друга страна високите температури също могат да са вредни. Те причиняват сънливост, топлинен стрес и други здравословни проблеми. За работниците в индустриалния сектор ефектите от работа в горещи условия са особено опасни, причиняващи припадъци, замаяност и спазми. За някои работници горещината поставя и опасен товар върху белите дробове и сърцето. Конгресът на Trades Union (TUC – Великобритания) препоръчва максимално безопасни работни температури - максимални 27°C за работници в движение и 30°C за работещи на неподвижни станции. [6]

За да добием по-добра представа за необходимостта от правилно отопление в индустриални сгради, направихме редица посещения в промишлени сгради от различен тип в отделни производствени отрасли (Фигура 1). Част от тях са Официален сервиз за автомобили (Фигура 1а), завод за ЖП стрелки (Фигура 1б), предприятието за реинженеринг на индустриални роботи (Фигура 1в), Производствен цех за автоматични и секционни врати (Фигура 1г)



Фиг. 1а. Автомобилен сервиз



Фиг. 1б. Завод за ЖП стрелки



Фиг. 1в. Предприятие за реинженеринг на индустриални роботи



Фиг. 1г. Цех за автоматични и секционни врати

Фиг. 1 Изследване на индустриални сгради

Тези сгради се характеризират с големи светли пространства, ситуиране на работници според естеството им на работа, наличие на вътрешно-транспортни средства, големи отвори и гаражни врати, разделяне на помещения (складови и работни) и съвременна външна изолация (EPS или сандвич панели).

След обстойно обследване са разгледани няколко модела на работни ситуации, отнасящи се към разработването на ефективно отопление на база архитектурни условия и особености в работните процеси.

А. Модел 1 – Отделяне на различни работни зони

Индустриалните процеси изискват различни по вид дейности ситуирани на едно място напр. рязане, заваряване, сглобяване, калибриране и др. В зависимост от естеството на работа, тези процеси са обособени в отделни зони (Фигура 2). Някои от тях, като заваряването и други високотемпературни процеси имат необходимост от по-ниска температура на работа. Други процеси като шиене, програмиране или работа на поточна линия са свързани с продължително стоене на едно място и там е необходимо поддържане на по-висока постоянна температура. В тези случаи трябва правилно да се разпредели топлинната енергия за постигане на максимален комфорт.



Фиг. 2. Отделяне на работни станции с различни температурни нужди

В. Модел 2 – Наличие на кран

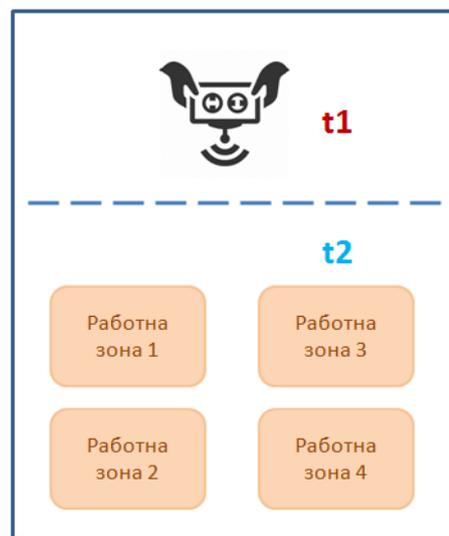
Много предприятия разполагат с надземен кран, който изисква специфично ситуиране на елементите под него (Фигура 3). Неговата носеща конструкция обикновено се разполага в двата срещуположни края на помещението по дължина, а височината му зависи от приложението спрямо пренасяните материали, височината на тавана и съществуващи препятствия на терена. Също така разположението на работниците трябва да бъде съобразено, за да се избегнат трудови злополуки с падащи тежки предмети.



Фиг. 3. Наличие на надземен кран

С. Модел 3 – Роботизирани процеси

Появата на технологиите свързани с роботиката има значителен принос в съвременната производствена индустрия. Поради настоящата тенденция към високопрецизна и високоскоростна обработка, има все по-голямо търсене на разработване на производствена роботизирана система с подобрени характеристики, включително по-голяма производителност, по-голяма сръчност, по-голяма адаптивност и по-голяма конфигурируемост [7]. Този вид производства, обикновено се свързват с дистанционно управление и поддържането на определена температура зависи от произвеждания продукт (Фигура 4).



Фиг. 4. Дистанционно управление на работни процеси при различни температури

За да се избере най-ефективната технология за отопление е важно да определим към кой от изброените модели се доближава индустриалната сграда и какви специфики имат включените работни и производствени процеси.

III. ИНФРАЧЕРВЕНО ОТОПЛЕНИЕ ЗА МОДЕЛИ НА ИНДУСТРИАЛНИ ПОМЕЩЕНИЯ

Инфрачервеното отопление е една от последните технологии в отоплителните уреди. То използва инфрачервена радиация, излъчваща топлина, която се концентрира в зоните, където е необходима и не се разпространява из цялото помещение като също така не изтича през ограждащите конструкции. Невидимите инфрачервени лъчи директно затоплят твърдите обектите (под, стени, уреди, предмети, и т.н.) и телата в стаята. Въздухът остава с почти еднаква температура по цялата височина на помещението, като разликата между температурите при пода и при тавана е в рамките на 2°C-3°C. Това решение е изключително икономично, сравнено с масовите конвенционални уреди за отопление и се смята за енергийно ефективно, благодарение на преобразуваната до 98% енергия в инфрачервено излъчване. Поради факта, че въздухът не се ползва за транспортър на топлинната мощност, се намаляват значително топлинните загуби, тъй като въздуха не е акумулатор на топлината.[8]

В индустрията тази технология е изключително ефективна, тъй като не се влияе от големия обем на пространството, течения, отворени врати и топлинни загуби. Също така не се наблюдава движение на въздух и съответно прахови частици заради ниските температури на повърхността на предметите, т.е. малко замърсяване на въздуха, особено при дейности свързани с отделяне на финни прахови/вредни частици.

Съществуват няколко вида инфрачервено отопление, подходящо за големи индустриални помещения:

A. Инфрачервени панели

Инфрачервените панелни конфигурации (Фигура 5) са ефективни при големи помещения като складове, халета и други високи помещения с височина над 4m (Модел 1 и 3). Подходящи са както за зонаво отопление, така и за нагриване на цялото посещение. Могат да работят с електричество и с газ, като преобразуват почти цялата енергия в топлина. Инсталират се по дължина на тавана според височината на помещението. Броят на уредите се определя лесно по формула 1, а разстоянието между тях не трябва да е по-голямо от инсталационната височина.

$$\text{бр. уреди} = \frac{\text{площ на помещението [кв.м]}}{\text{инсталационна височина}^2 \text{ [кв.м]}} \quad (1)$$

Заради закрепващите си елементи, не са подходящи за инсталация при наличие на надземен кран. Могат да се комбинират с терморегулатор, сензор за движение и дистанционно управление [9].

B. Тръбно инфрачервено отопление

Основният съставен елемент на тези панели е тръби, през които минава топлопреносител (вода или пара). Работят с температура на топлопреносителя между 40 и 60°C. Водният поток е функция на топлинната мощност и температурната разлика в топлоносителя.



Фиг. 5. Инфрачервени панели (снимка: Frico Ltd.)

Потоците трябва да бъде мощен, за да се осигурят турбулентни потоци в тръбите. Обикновено няколко уреди се свързват един с друг, така че да оформят нужната дължина според пространството, за което са предназначени (Фигура 6). Този вид отопление е подходящо за модели 1 и 3 с голяма височина. Заради вида на топлопреносителя, тези уреди се присъединяват към енергийно ефективните отоплителни решения за индустриални нужди. Също така модулния им принцип на свързване очертава много възможности за покриване на различни по вид и геометрия помещения. Подходящи са за използване и при вентилирани помещения [9, 10].



Фиг. 6. Инфрачервено тръбно отопление (снимка: Frico Ltd.)

C. Инфрачервени единични отоплителни уреди

Отопителните системи с единични инфрачервени уреди са подходящи за отопляване на помещения, в които не се отделя прах или пожароопасни газове, заради откритите излъчватели. Предимно се използват в

сгради с лоши изолационни условия и за зонирано отопление на малка част от обема. Възможността за монтиране навсякъде в помещението ги прави подходящи за отопление по Модел 2, но също и по модели 1 и 3. Те могат да се инсталират както на тавана, така и на стена или стойка. За да се оразмери правилно система от няколко уреда се вземат предвид мощността на уредите, пространството, за което са предназначени и максималната ефективна височина на работа. За отопление на работна станция е подходящо да се използват два уреда и да се остави топлинният поток да се пресича. Положителна черта е, че могат да се използват на открити площадки или да се поставят над врати и прозорци, които често се отварят. Управлението им може да бъде дистанционно, чрез термостат и сензори за движение. [9], [10]



Фиг. 6. Инфрачервени единични уреди (снимка: Frico Ltd.)

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Индустриалният сектор е един от най-енергоемкия сектор в Европейския съюз. Не всеки производител предприема необходимите мерки за увеличение на енергийната ефективност. Едно от предизвикателствата, които среща е отоплението на големите отворени пространства, 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. Разделянето на производствените сектори в обобщаващи модели е полезно, когато се цели подмяна на отоплителната технология с по-енергийно ефективна

такава. Тези модели се базират на вида извършвана работа, ситуиране на работни станции, съществуващо тежко/високо оборудване и механизация и типа управление – механично или дистанционно. Инфрачервеното отопление, доказва своите качества за избор във фабрики, складове халета и др. чрез редица предимства. Част от тях, като възможността да отоплява големи помещения чрез зонирано отопление, лесното дистанционно или чрез термостат управление, незамърсяване, лесна инсталация и енергийна ефективност, го превръщат в интелигентен избор именно в индустрията. Благодарения на голямото разнообразие от уреди с различно предназначение, работещи на принципа на излъчване на инфрачервена радиация, всяка по-обемна сграда може да бъде снабдена с модерна отоплителна технология, с ниска консумация на енергия и понижени разходи за работа и поддръжка.

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-M37/2 from 06.12.2019

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Advantage Airtech Ltd., THE CHALLENGE OF HEATING A WAREHOUSE (AND OTHER LARGE SPACES), NOVEMBER 11TH, 2019.
- [2] MacroAir, 4 Common Warehouse Heating Challenges (and how to solve them).
- [3] Sinduja S., Factory Building: Types and Construction.
- [4] Per Olaf Tjelflaat, Lars Olander, Esa Sandberg, Hannu Koskela, Kim Hagström, Alexander Zhivov, Timo Hautalampi, Håkon Skistad, Ralf Wiksten, Mamduh El Haj Assad, Industrial Ventilation Design Guidebook, Ch. 8 - ROOM AIR CONDITIONING, 2001, Pages 601-676, ISBN 97pbb.
- [5] American Planning Association, Planning advisory service, Information report #32, Performance standards in industrial zoning, November 11, 1951.
- [6] Kevin Watson MSc, Safe Working Temperatures, <http://www.safeworkers.co.uk/>.
- [7] Sahin YILDIRIM, New Development Of Manufacturing Robotic Systems And Automation, New Development Of Manufacturing Robotic Systems And Automation, Edition: 1, Chapter: 2, Publisher: Bentham Science Publisher, Editors: Zhang D., Gao Z, January 2011.
- [8] V. Yosifova, M. Haralampieva, 2019“Radiant heating. Types, application area and advantages”, XXVIII MNTK „ADP-2019”, ISSN: 2682-9584, pg. 327-332.
- [9] Frico AB, Sweden, Radiant Heaters Catalogue, Edition 35 E4384,
- [10] Отопление На Индустриални Помещения, Сп. Инженеринг ревю - брой 6, 2007.

ИНОВАТИВНИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИ ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОКРИВНИ СИСТЕМИ

Венета Йосифова
ИИКТ-БАН

София, България
e-mail: veneta.christova@gmail.com

Димитър Карастоянов
ИИКТ-БАН

София, България
e-mail: dkarast@iinf.bas.bg

Милена Харалампиева
ИИКТ-БАН

София, България
e-mail: milena_biserova@abv.bg

Резюме: Доклада разглежда иновативни енергоефективни покривни системи. Описани са тяхната концепция, структура и принцип на работа. Изследвани са възможностите за тяхното приложение и ефективността им спрямо консумацията на енергия. Обобщени са техните предимства и недостатъци.

Ключови думи: енергийна ефективност, покривни системи, соларни керемиди, фотоволтаици,

I. Увод

По последни данни на Националния социологически институт, към края на 2018 г., жилищата в България са 3 959 285, като приблизително 66% от тях се намират в градовете. В зависимост от типа на конструкцията, с най-голям дял са тухлените сгради (около 80% с гредоред или стоманобетонна плоча), следвани от кирпич, каменна и стоманобетонна конструкция. В градовете дялът на панелните и стоманобетонните сгради е най-голям (приблизително 12%), останалата част обхваща предимно нискоетажни сгради.

Преобладаващи за страната и нискоетажните жилища са скатните покриви, използващи за покритие керамични, бетонни, битумни или метални керемиди. Веднъж поставени, керемидите нямат друга функция, освен предпазваща от атмосферните условия. С навлизане на соларните панели, като алтернативна възможност за доставяне на енергия, възниква и въпросът за включването на керемидите и цялостната покривна конструкция в самостоятелна храняваща жилището с електричество система, която намалява разходите за отопление, климатизация и други ежедневни енергийни нужди чрез доставяне на “зелена” енергия.

По данни на Министерството на икономиката, енергетиката и туризма (МИЕТ), потенциалът на слънчевата радиация на територията на България е значителен. Средната годишна продължителност на слънцегреенето е около 2150 часа с годишна сумарна радиация варираща от 1400 до 1600 kWh/m² и представлява около 49% от максималното възможно слънцегреене. Наблюдават се относителни разлики в интензивността на слънчевото греене по региони, като в териториално отношение България може да се раздели на три слънчеви зони: Централен – източен регион, Североизточен регион, Югоизточен и югозападен регион

По данни на МИЕТ, 77% от територията на страната се заема от горския фонд и обработваемата земя, както и

от територии, защитени от закона като природни резервати, военни бази и др., от което се прави предположението, че около 3% от територията на страната теоретично може да бъде използвана за фотоволтаична енергия. Това прави възможността за инсталация на соларни системи на покрива за домашни нужди още по-привлекателна.

В последните години все повече частни имоти и жилищни сгради се сдобиват със соларни панели, целящи по-екологичен начин на живот и минимизиране на разходите за електроенергия (средната възвръщаемост на инвестицията е 7—8 години). Пред крайния потребител се изправят три възможности за боравене с енергията: Енергията от фотоволтаичната инсталация да се използва изцяло за собствена употреба; Продажба на част или на цялата произведена енергия, която от своя страна изисква значителни разходи по присъединяване към електропреносната мрежа и смесен вариант, при който част от енергията се използва, а останалата се продава.

С навлизане на смарт хоум технологиите и концепцията “internet of things” (IoT), става възможно управлението и разпределението на добитата енергия от възобновяеми източници в дома, както и нейното съхранение чрез специални батерии.

II. СОЛАРНИ КЕРЕМИДИ

Електроенергийните системи на слънчевия панел улавят енергията на слънцето с помощта на фотоволтаични клетки; те са известни също като фотоволтаични панели. Електричеството, генерирано от слънчеви панели, доставя нуждите на място, а електрическата мрежата осигурява допълнително електричество, ако е необходимо. Обикновено натоварването на покривната конструкция, което се предизвиква от фотоволтаичната централа е около 20 kg/m² а мощността достига до 5kW. Съществуват причини някои сгради да нямат възможност за такъв тип инсталации и изпълнението им е технически невъзможно напр. невъзможност покривната конструкция да издържи допълнителен товар, подходяща ориентация на сградата, рестрикции във височината на допълнителната соларна конструкция и др. [1]

Като част от самия покрив, соларните керемиди дават подходящо решение на тези и други проблеми. Чрез своята конфигурация, предлаганите системи изградени със соларни керемиди усъвършенстват

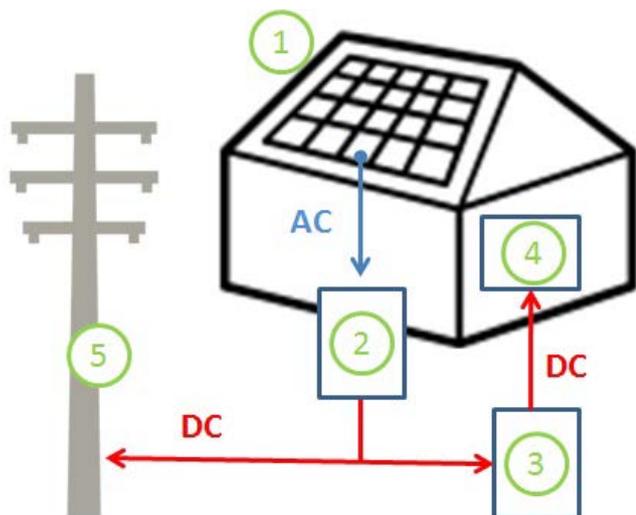
улавянето на слънчева енергия и разпределението ѝ в електрическата мрежа. (Фигура 1)



Фиг. 1. Соларна Керемида на компанията Raхos

Основният параметър на една соларна керемида е мощността ѝ, която се измерва в W_p . Мощността не е константна величина. Тя се изменя в зависимост от климатичните условия и текущото състояние на времето и обстановката.

Основната система (Фигура 2) от соларни керемиди (1) се свързва в акумулаторен блок - един или повече акумулатори, в които се съхранява произведената от соларния покрив енергия. Акумулаторите, които се използват в соларните автономни системи са тягови, а не стартерни (за автомобили). Разликата между двата типа батерии е в това, че стартерния акумулатор е предназначен да даде голям стартов ток за кратко време, докато тяговия акумулатор може да се разрежда със сравнително голям ток за доста дълго време. Системата за ефективно производство на енергия чрез соларни керемиди включва също: Контролер осигуряващ правилното зареждане на акумулатора и предпазването му от презареждане; Инвертори (2), които да преобразуват произведеното електричество от фотоволтаичния панел в променливо за да се подаде към мрежата; Мълниезащита; Предпазители; Електрическо табло (3), свързано с електрическата мрежа (5) и консуматори (4);



Фиг.2 Система от соларни керемиди

Приблизително 15% от енергията, абсорбирана от монокристална PV клетка, се преобразува в

електрическа енергия, като по-голямата част от погълнатата слънчева светлина се разсейва като топлина, което е проблем за ефективността на покривната система. Също така покривната изолация и тази на елементите е предимно от битумни материали, които омекват при температури над $80^{\circ}C$, температура която лесно се достига при стандартен покрив, покрит с обикновени PV модули. Функциалността на PV клетките зависи от температурата и покачването на температурата води до съответно намаляване на тяхната ефективност. Това означава, че контролът на температурата на фотоволтаичен покрив и неговата вентилация са необходими, за да се поддържа цялостната ефективна производителност на системата без наличие на механични проблеми [2].

За да функционира една такава система максимално ефективно, е препоръчително включването ѝ към система за умно управление на сградата. По този начин може да се наблюдава и разпределя добитата енергия, спрямо потреблението и нуждите и според атмосферните условия. Чрез система от сензори и комуникационен модул, информацията от панелите и акумулаторния блок може да се прехвърля в облачното пространство и да бъде достъпна за потребителите и свързана към IoT с цел бъдеща оптимизация на проекти от подобен тип.

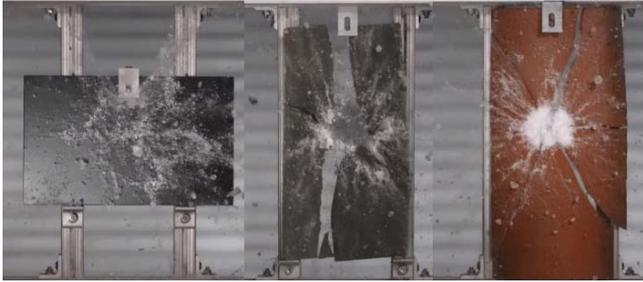
III. ПРИЛОЖЕНИЯ И ПРЕДИМА

Потенциалният пазар на соларни керемиди е обещаващ поради ниската цена на монтажа. Покривните керемиди осигуряват генерирането на чиста енергия и могат да бъдат монтирани във всякакви зони със или без мрежова връзка. Градската среда осигурява голямо количество празни пространства на покрива и по своята същност може да избегне застрояването на земни повърхности и опазването на околната среда. Керемидите могат да бъдат монтирани на покрива на почти всички сгради или конструкции. Освен това отдалечените райони, които нямат достъп до енергията, биха могли да се възползват от подобен продукт, генерирайки енергия през деня и използвайки през нощта.

Процесът на инсталиране не се нуждае от специални опори, като по този начин се намаляват разходите; материалите са по-леки от традиционните PV панели с тегло 23 кг. Това намалява разходите за поддръжка на покрива и рамкирането. Разпределение на теглото е равномерно, както при стандартните керемиди. Освен това, заради модулният принцип на монтаж на всеки елемент е възможно да се провери функционирането на всяка плочка, като се замени само една счупена част, вместо цялата система, ако е необходимо. [3]

Компанията Tesla е един от основните пазарни лидери в производството и предлагането на соларни керемиди (Фигура 3), като открива тази своя дейност през 2016 г. и миналата година заяви, че е в третия си етап на производство, което предвижда инсталация на соларни керемиди в нови осем щата в Америка. Но компанията не е единствена на пазара, други производители на соларни керемиди и подобни

покривни елементи са GAF, Standard Industries, Sunron, Vivant Solar, CertainTeedall и др. [4]



Фиг. 3 Тест на удароустойчивост срещу градушка (160 km/ч) на керемидата Tesla (в ляво) спрямо обикновени керемиди , заснет при 2500 кадъра в секунда.

А. Технически предимства

Соларните керемиди се предлагат по размер и форма като стандартните керемиди, но една соларна керемиди произвежда енергия от 13 до 63W. Също така се поставят по подобен начин на битумните керемиди и се монтират сравнително бързо. Най-удобно е да се монтират заедно с изграждането на покрива, възможно е обаче и да бъдат заместител на съществуващи керемиди при ремонт., като по този начин придават на сградата завършен и изящен вид. Голямо предимство е, че са устойчиви на промените на времето, издържат на високо натоварване и притежават висока якост. Това им гарантира дълъг експлоатационен живот и продуктивност, съизмерими със стандартните показатели за конвенционално покрити покриви.

Подобен продукт би се конкурирал със системи изградени със стандартни соларни панели за производство на електрическа енергия. По тази причина това покритие изцяло се съгласува с действащото в момента законодателство в Република България и на територията на Европейския съюз. Цените на соларните панели и керемиди падат постоянно - 80% за 7 г. Същевременно технологията напредва и клетките подобряват единичната си мощност, като доближават тази на соларните панели. Също така, соларните панели имат редица недостатъци като – труден монтаж, необходимост от специална основа изградена на покрива, необходимост от периодична поддръжка. При соларните керемиди, тези недостатъци са избегнати. Външният им варира в различни модели, доближаващи се до стандартните покривни покрития и могат да придадат на покрива индивидуален дизайн.

В. Енергийна ефективност

За намаляване на енергийната консумация в световен мащаб, архитектите и инженерите се фокусират върху проектирането на сгради с нулева консумация на енергия (NZEB — net-zero energy building). Целта е да се намали потреблението на енергия чрез подходящи архитектурни решения, нови материали за външни конструкции и облицовки. Мерките за постигане на това зависят от климата и типа сграда и включват изолация, подобро остъкляване и дневно осветление, въздухонепроницаеми сградни обвивки и естествена вентилация, както и активно или пасивно засенчване за контрол на слънчевите печалби.

От гледна точка на консумацията на енергия се предвижда одобряването на ефективността на енергийните системи чрез по-добри системи за отопление, охлаждане и вентилация, управление и осветление. Именно за това, се изисква интензивно използване на проекти включващи възобновяема енергия, включително фотоволтаични системи, биогорива или други източници на чиста енергия, за да се постигне „нулева“ употреба на изкопаеми горива или нулеви въглеродни емисии. [5]

Един от основните инструменти за реализиране на енергийно независими сгради е производството на електроенергия на място с фотоволтаици. За да се избегне използването на големи повърхности, технологиите в областта на фотоволтаиците непрекъснато се развиват откъм подобряване на оборудването с оглед на електрическите нужди, нарастващо количество мрежово свързани възобновяеми енергийни източници и подобряване на PV технологията, налична на пазара, както и включването на други системи (например термпомпи, ТЕЦ с биомаса и др.). Тенденцията е към намаляване на фотоволтаичните площи на m² при малки жилищни сгради, кооперации, офисни сгради [6]. В тези случаи соларните керемиди могат да бъдат полезно приложение в опитите за намаляване на необходимата площ за фотоволтаици и вграждането им директно в покрива.

По този начин домакинствата ще получат по-добра възможност за самостоятелно производство на електрическа енергия, която да е на достъпна цена и да може да се ползва за захранване на електроуредите. С използването на иновативни алгоритми и софтуерно решение, разходите за електрическа енергия и намаляване на разходите за ползването ѝ. По този начин също се увеличава конкурентоспособността на системите изградени със соларни керемиди и налагането им като предпочитан избор при монтажа на фотоволтаични системи в домашни и индустриални условия. Така се постига и намалена зависимост от външни доставчици на енергия.

Изчисленията до момента показват, че инвестицията за крайния потребител, може да бъде възвръната.

Потенциалните клиенти пред подобен продукт, биха били:

- Всяко домакинство на територията на Република България и Европа
- Строителни компании и предприемачи
- Инвеститори и предприемачи
- Етажни собственици
- Малки производствени предприятия
- Фирми със собствени сгради частен бизнес (търговски обекти, ресторанти и др.)

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Европейския съюз и международните мерки за енергийна ефективност в сградния сектор, налагат строги мерки за редуциране консумацията на енергия, тъй като сектора използва около 40% от добитата енергия. Чрез фотоволтаичните системи, се позволява използването на възобновяема енергия за нуждите на сградите. Соларните керемиди, в частност, представляват ефективно решение когато се цели намаляване на използваната площ. Те не отстъпват по здравина, дълготрайност и покривна функция на стандартните керемиди, а предимството им е, че добиват енергия, която може да се влага в сградните нужди. Могат да бъдат поставени като в стари така и новостроящи се сгради, като покривната конструкция не подлежи на допълнително преизчисление. С включването им към вградени системи за управление като smart home и BMS (Building management systems), функционалността и ефективността им могат да бъдат още по-засилени, чрез контрол на консумацията на енергия, в зависимост от климатични условия и потребителски навици. Това решение помага за постигане на “зелени” сгради с ниска консумация на енергия и намалени разходи за електричество, а възвръщаемостта на вложените средства е гарантирана.

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] Flex Solutions, Solar roof tile
- [2] A. S. Bahaj & P.A.B.James, Photovoltaic roof tiles : design and integration in buildings, Sustainable Building, ABEPAC + EPSRC CONFERENCE, ABINGDON, ENGLAND 5/6 FEBRUARY 1997
- [3] ECOsolarroof Ltd., Product: solar roof tile Business plan, 20/11/2017, PDF
- [4] Tesla to launch third version of solar roof tile, Builder Online, October 28, 2019
- [5] SHC Task 40 (EBC Annex 52) – Towards Net Zero Energy Solar Buildings June 2015 SHC Position Paper, June 2015, PDF.
- [6] Eike Musall, Tobias Weiss, Karsten Voss, Aurélie Lenoir, Michael Donn, Shaan Cory, François Garde, Net Zero Energy Solar Buildings: An Overview and Analysis on Worldwide Building Projects, January 2010, DOI: 10.18086/eurosun.2010.06.16

ИНОВАЦИОНЕН ПОДХОД ЗА ВИРТУАЛНО И ПО-ЕФЕКТИВНО ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЕКСПЛОАТАЦИОННИЯ СРОК НА АВТОМАТИЗИРАЩА ТЕХНИКА

Калина Кавалджиева
УНСС

Факултет Финанси и счетоводство
София, България
e-mail: kalinakavalzhieva@gmail.com

Резюме: В настоящия доклад се разглеждат особеностите на съвременната концепция за виртуално разширение на експлоатационните възможности на автоматизираща техника и начините за нейното по ефективно използване в производството. В тази насока е анализирано разширението на понятието срок за експлоатация и са анализирани условията за формирането на новите изисквания за употреба на тази техника. Изследвани и анализирани са взаимовръзките в производствената система. Определено е мястото на понятията „оптималност“ и „ефективност“ в системата и възможностите за разширение на тази дейност. Дадени са примери с относително удължаване на експлоатационния срок на тази автоматизираща техника при оптимални резултати от нейната експлоатация.

Ключови думи: Експлоатационен срок, нормативен срок на употреба, ефективно използване на автоматизираща техника и др.

I. СЪЩНОСТ НА ПОНЯТИЕТО „НОРМАТИВ ЗА УПОТРЕБА НА АКТИВ“, ИЛИ НОРМАТИВ НА ЕКСПЛОАТАЦИОНЕН СРОК.

Използването на понятията „употреба на актив, или норматив на експлоатационен срок“ най-често се прилага за целите на оценяването. Обикновено принципът „най – ефективно“ се прилага при оценка на нефинансови активи. Философията му е, че се отчита способността на един пазарен участник да генерира икономически ползи чрез използване на актива/ група активи, с цел да максимизира стойността на актива или групата активи. Разглежда се и възможността да се продаде същия актив на друг пазарен участник, които ще го използва по оптимален начин. Използва се и концепцията „Highest and Best use“, предопределя избора на подход / метод за оценяване на актива, който (методът) може да се прилага съобразно концептуалната рамка за извеждане на стойност. На основание на този принцип се допуска, че даден актив се използва оптимално като действащ, работещ или сценарият е на ликвидация на актива.

Има няколко определения за „най – ефективна и най – оптимална употреба“ (Highest and Best use) в различни стандарти и нормативни актове. Определението в МСФО 13 „Измерване на справедлива стойност“, приет с Директива 1255/2012 на ЕС, определя концепцията „най – ефективна и най – оптимална употреба“ (Highest and Best use) като „използване на нефинансов актив от участници на пазара, което (начинът на ползване) би увеличило максимално стойността на актива или групата

активи, в рамките на който активът ще бъде използван "(МСФО 13, Допълнение А)".

Най-пълноценното ползване на обекта/актива представлява физически възможно, законово допустимо, финансово осъществимо и максимално продуктивно, и води до най-високата стойност.

Например ако произвеждаме двигатели за автоматични комплекси и двигател за индустриална техника – са идентични.

Ако произвеждаме агрегат – агрегата за комплекси и агрегатите за транспортни средства, или за някакво производство са идентични.

II. УСЛОВИЯ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА КОНЦЕПЦИЯТА „HIGHEST AND BEST USE“

Определящо кое е по доходно ще бъде пределния доход, т.е. за да определим къде да пласираме продукцията ще бъде определящ пределния доход който се генерира от този продукт в нормативния експлоатационен срок на тази техника. Както и критичния обем продажби на продукти произведени е този период от време с тези машини.

Съгласно параграф 28 от МСФО 13 се регламентира, че приложението на принципът „Най-ефективно и най – оптимално“ означава използване на актива в няколко направления:

- физически възможно използване - използване, при което се отчитат физическите характеристики на актива, които пазарните участници биха взели предвид при определянето на стойността на актива (например местоположението, съпътстващата инфраструктура или размер и обхват на дадена собственост);
- законово допустимо използване - използване, при което се вземат предвид всички законови ограничения за използването на актива, които участниците на пазара биха взели предвид при определяне на стойността на актива (например незаконни условия за функциониране на материалните активи, специфичните лицензи и разрешителни, които са законово необходими за функционирането на активите);
- финансово осъществимо използване - това използване, при което се отчита дали

използването на актива, което е физически възможно и законово допустимо, генерира достатъчен доход или парични потоци (като се вземат предвид разходите за преобразуване на актива за това използване), за да се получи възвръщаемост, изисквана от пазарните участници от инвестиция в такъв актив, използван по такъв начин.

Анализът на финансовата осъществимост е аналитичен инструмент, използван за оценка на икономическата жизнеспособност на актива / инвестиция. Състои се от оценка на финансовото състояние и оперативната производителност на актива / инвестицията, и прогнозиране на бъдещото ѝ състояние и производителност. Всяко финансово решение зависи от два специфични фактора – очаквана възвръщаемост и очакван риск, а анализът на финансовата осъществимост е средство за разглеждане на тези два фактора (Фабочи и Петерсон, 2003 г.).

Трябва да се отбележи, че неспособността в исторически план на даден собственик да генерира положителен нетен паричен поток от активите на оценявания бизнес не означава непременно, че типичният инвеститор в подобен бизнес би бил също така неспособен да оползотвори тези активи за получаване на положителен поток от икономическа изгода. Инвеститорите могат да придобият бизнеса при условия и обстоятелства, които са различни от тези около стопанските активи, използвани до момента от продавача, или от затрудненията на настоящия собственик при генерирането на положителна нетна икономическа изгода от бизнеса в неговата цялост.

Дори и даден бизнес сценарий да бъде финансово осъществим, това ще е без значение, ако е законово недопустим. Поради това проверката за физическа възможност и законова допустимост трябва да се прави преди тази за финансовата осъществимост

Резултатите от анализа „най – ефективна и най – оптимална употреба“ биха могли да служат като критерий, ако активът бъде оценен по сценарий „работещ актив“ (използван, вкаран в употреба) или сценарий „ликвидация“. Прилагането му в самия процес на оценка не е задължително, но е желателно. Ключовите елементи при прилагането на принципа за най-пълноценно ползване, които следва да се преценяват към датата на оценката са:

Сценарий употребяван актив – при оценка на потребяван, влязъл в употреба актив се предполага, че активът ще продължи да работи нормално в бъдеще, използвайки всичките си елементи и съставни части за генериране на доход. Това обикновено се отнася до продажбата на установен актив, който ще продължи да функционира при новата собственост.

Активите се използват при оптимална употреба, необходима за реализиране на максимални доходи. Анализът на най-пълноценното ползване може да разглежда различни фактори според вида на оценявания обект: например природни ресурси, инфраструктура, местоположение, набиране на персонал, имущество,

оборудване, технологии, наличност на финансиране на бизнес дейността. Съгласно параграф 29 от МСФО 13 - Използването с цел максимизиране на стойността се определя от гледна точка на пазарните участници, дори ако предприятието възнамерява различна употреба. Текущото използване на даден актив от предприятието обаче се приема за използване с цел максимизиране на стойността, освен ако пазарните или други фактори не показват, че друго използване от страна на пазарните участници би максимизирало стойността на актива. За да защити конкурентното си положение или по други причини, предприятието може да реши да не използва активно или според критериите за максимизирана стойност придобит нефинансов актив. Такъв може да бъде случаят например с придобит нематериален актив, който предприятието планира да използва "защитно", т. е. като не позволява използването му от други. Независимо от това, предприятието оценява справедливата стойност на нефинансов актив, като приема, че пазарните участници го използват с цел максимизиране на стойността. В случай, че някой от критериите за най-пълноценно ползване не е изпълнен, трябва да се помисли за оценяване на актива по сценария при ликвидация. Това се отнася най-вече до оценки на контролни участия, когато изборът на подходящата база за оценяване е функция на най-пълноценното ползване на съвкупността от активите на оценявания бизнес. Обикновено решението за подходяща база за оценяване се взема от оценителя, въз основа на професионалния му опит, преценката за конкретния случай и извършения анализ.

Сценарий при ликвидация (продажба). При този сценарий за бизнес оценка стопанските активи няма да се използват занапред за генериране на приходи. Ситуацията по-скоро изисква активите бъдат продадени поотделно. Активите могат да се продават при допускане за обичайна продажба – при достатъчно време за привличане на възможно най-добрите оферти, или за ускорена продажба – без да се разполага с достатъчно време за привличане на възможно най-добрите оферти (Директива 2018/345 от 14 ноември 2017 на ЕС).

III. ПРИЛОЖЕНИЕ НА „HIGHEST AND BEST USE“,

При прилагане на принципа „най – ефективна и най – оптимална употреба“ (Highest and Best use) се предопределя от Съответстващи разходи/приходи и краткосрочни решения

Процесът на вземане на краткосрочни управленски решения е разглеждане на различни алтернативи и оценяване на изгодата от тях. Оценката на изгодата се основава на информация за бъдещите приходи и разходи.

В краткосрочен план се избира алтернативата, при която се максимизират “паричните печалби” (парични постъпления от продажби минус парични плащания).

Различните решения изискват различни видове информация. Възможни са два подхода:

- използване на съответстващи и несъответстващи разходи/приходи (подход на всеобхватната сравнителна информация);
- използване само на съответстващи разходи/приходи (подход на съответстващите данни).

Взетото решение ще е еднакво, независимо от прилагания подход. Но вторият подход е за предпочитане, основно поради това, че се намалява обемът на изходната информация. Процесът на вземане на решение съгласно теорията на управлението представлява извършване на избор между бъдещи несигурни алтернативи.

Ролята на управленското счетоводство се свързва с третия етап, когато е необходимо да се осигури информация за очакваните парични разходи, парични постъпления (приходи на парична база), а отгук и за паричния финансов резултат като конкретен израз на очакваната изгода от всяка алтернатива. Съответстващи разходи/приходи

Съответстващите разходи/приходи са подходящи за вземане на дадено управленско решение; те са разходи/приходи, които се влияят (променят се) от дадено решение и които биха могли да бъдат избегнати, ако това решение не се вземе.

Изисквания за съответстващи разходи:

- да са бъдещи разходи/приходи; и
- различни са за отделните алтернативи във връзка с решението; и
- парични разходи (изгодящи парични потоци).

Видове съответстващи разходи:

- пределни разходи (разликата в разходите между две алтернативи);
- разходи, които могат да бъдат избегнати;
- алтернативни разходи;
- променливи разходи;
- индивидуални (преки) постоянни разходи.

Несъответстващи разходи

Категориите „съответстващи” и „несъответстващи” разходи са относителни: едни и същи разходи в дадена ситуация могат да са съответстващи разходи, а в друга – несъответстващи. В горния пример покупната стойност на машините е съответстващ разход, но ако е еднаква за двете алтернативи, ще е несъответстващ разход и няма да има значение от гледна точка на този разход коя алтернатива да бъде избрана.

Несъответстващите разходи са такива, неотговарящи поне на едно от условията за съответстващи разходи.

Видове несъответстващи разходи са :

- окончателни разходи (разходи, извършени вече в миналото = счетоводно отчетени разходи)

- разходи с непаричен характер (разход за амортизация);
- общи постоянни разходи, разпределени към отделните продукти;
- разходи, еднакви за отделните алтернативи.

Относителност на съответстващите/несъответстващи разходи

Разходи, които са съответстващи при дадена ситуация за вземане на решение, може да не са съответстващи при друга ситуация, и обратното.

IV. ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИЗВЪРШВАНЕ НА ОПТИМИЗАЦИОННИ РЕШЕНИЯ

Дейностите които могат да бъдат оптимизирани и да доведат до относително удължаване на експлоатационния нормативен срок ,или нормативен срок на употреба на автимиализиращата техника са:

- Продължаване или закриване на дейност или продукт
- Производство или закупуване на компонент
- Приемане на специални поръчки на по-ниски цени
- Замяна на старо оборудване с ново
- Оптимална производствена структура при ограничени ресурси

A. Продължаване или закриване на дейност или продукт

Едни от най-важните решения, които ръководството може да вземе, е дали да се закрие дадена дейност или производството на даден продукт (сегмент). В крайна сметка решението зависи от ефекта върху оперативната печалба или загуба. Предприятието произвежда три продукта – А, Б и В. Последните отчетни данни са следните (в хил. лв.):

ТАБЛИЦА 1

| Показатели | Прод. А | Прод. Б | Прод. В | Общо |
|---|------------|------------|------------|------------|
| 1. Приходи от продажби | 500 | 300 | 200 | 1000 |
| 2. Променливи разходи | 200 | 135 | 120 | 455 |
| 3. Пределен доход (1 -2) | 300 | 165 | 80 | 545 |
| 4. Постоянни разходи: | | | | |
| - индивидуални (преки); | 50 | 40 | 35 | 125 |
| - общи (непреки) | 120 | 72 | 48 | 240 |
| 4. Оперативна печалба (загуба) (3 – 4) | 130 | 53 | (3) | 180 |

Основна цел 1. Да се определи изгодно ли ще бъде, ако се спре производството на продукт В, който е на загуба. Тъй като постоянните разходи са от два вида – преки (индивидуални) и непреки (общи), пределният доход трябва да се изчисли като две разновидности – пределен доход I и пределен доход II. Затова изходният

отчет трябва да се трансформира в друг, съдържащ тези показатели.

От последния отчет се вижда, че продукт В има положителен пределен доход П (45 000 лв.), но той не достига, за да се покрят общите постоянни разходи (48 000 лв.) с 3000 лв. Но общите постоянни разходи са непреки разходи, отнасящи се за продукт В след разпределение, което винаги е малко или много субективно (поради избора на база за разпределение). След като продукт В има положителен пределен доход П, неговото производство не бива да се спира, тъй като общата оперативна печалба без него ще намалее с 45 000 лв. (180 000 – 135 000):

ТАБЛИЦА 2

| Показатели | Прод. А | Прод. Б | Общо |
|----------------------------------|------------|------------|------------|
| 1. Приходи | 500 | 300 | 800 |
| 2. Променливи разходи | 200 | 135 | 335 |
| 3. Пределен доход (1 – 2) | 300 | 165 | 465 |
| 4. Постоянни разходи | | | |
| - индивидуални | 50 | 40 | 90 |
| - общи | - | - | 240 |
| 5. Оперативна печалба (загуба) | | | 135 |

Основна цел 2. Да се определи изгодно ли е да се спре производството на продукт В, но се увеличи производството на продукт А с 20%.

ТАБЛИЦА 3

| Показатели | Прод. А | Прод. Б | Общо |
|----------------------------------|------------------|------------|------------|
| 1. Приходи | 600 (500 × 120%) | 300 | 900 |
| 2. Променливи разходи | 240 | 135 | 375 |
| 3. Пределен доход (1 – 2) | 360 | 165 | 525 |
| 4. Постоянни разходи | | | |
| - индивидуални (преки) | 50 | 40 | 90 |
| - общи (непреки) | - | - | 240 |
| 5. Оперативна печалба (загуба) | - | - | 195 |

При тази алтернатива предприятието ще реализира по-голяма оперативна печалба в размер на 60 000 лв. (195 000 – 135 000) в сравнение с алтернативата по т. 1. Тя е за предпочитане. Но за окончателното решение трябва да се имат предвид и други фактори от качествено естество.

Производство или закупуване на компонент

Когато предприятието използва комплектуващи изделия/детайли, които влага в производството на даден продукт, или извършва някакви операции във връзка с производството на даден продукт. В определени случаи може да е по-изгодно тези комплекти/детайли или операции да се доставят/извършват от външна фирма. Оценяването на алтернативите - производство или доставка е най-добре да се извършва въз основа на подхода на съответстващите разходи.

Съответстващи разходи - възникват и при двете алтернативи, са несъответстващи и се изключват от

анализа. Обикновено това са постоянни непреки производствени разходи, свързани със създадения капацитет, които не могат да бъдат избегнати в краткосрочен период.

Алтернативни разходи - се използват като специфичен вид съответстващ разход. Те са печалба/пределен доход или приход при другата алтернатива. Предприятието е получило предложение от външен доставчик за доставката на компонента на цена 10 лв./ед.

ТАБЛИЦА 4

| При производството на компонента | лв./ед. | лв. за 10 000 ед. |
|--|---------|-------------------|
| <i>Разходи, пряко свързани с компонента:</i> | | |
| Преки материали | 5,50 | 55 000 |
| Преки трудови разходи | 2,00 | 20 000 |
| Променливи непреки производствени разходи | 1,00 | 10 000 |
| Постоянни индивидуални производствени разходи (наем на производствено оборудване, договорът може да бъде прекратен без предизвестие) | | 10 000 |
| Общи постоянни разходи, разпределяни за компонента | | 20 000 |
| Всичко разходи за компонент Б-1 „Сигнален звънец“ | | 115 000 |

Например: При положение че освободеният производствен капацитет няма алтернативна употреба, нека да обосновем решение за производството или доставката за обем от 10 000 единици. Цена доставка от 10 лв./ед. е по-ниска от производствената себестойност от 11,5 лв./ед. (115 000 лв./10 000 ед.). Решение следва да се взема след като анализираме разходите: 1. Съответстващите разходи - включват преките материали, преките трудови разходи, променливите и постоянните индивидуални производствени разходи. Индивидуалните постоянни производствени разходи представляват разходи за наем, които могат да бъдат избегнати при прекратяване производството на детайла. Ето защо, те също се определят като съответстващи разходи. 2. Общите постоянни разходи, които понастоящем се разпределят към компонента, ще продължат да съществуват и при алтернативата, че той се доставя отвън – тогава те ще се разпределят към останалите произведени в предприятието компоненти. С други думи, общите постоянни разходи на предприятието са налични и при двете алтернативи, т.е. те са несъответстващи на решението разходи.

ТАБЛИЦА 5

| Разходи (лв.) | Производство на 10 000 ед. | Доставка на 10 000 ед. | Производство на 5 000 ед. | Доставка на 5 000 ед. |
|---|----------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Преки материали | 55 000 | 100 000 | 27 500 | 50 000 |
| Преки трудови разходи | 20 000 | 0 | 10 000 | 0 |
| Променливи непреки производствени разходи | 10 000 | 0 | 5000 | 0 |
| Индивидуални постоянни разходи | 10 000 | 0 | 10 000 | 0 |
| Общо разходи | 95 000 | 100 000 | 52 500 | 50 000 |
| Разходи за единица | 9,50 | 10,00 | 10,50 | 10,00 |

При обем от 10 000 ед. – да се продължи да се произвежда в самото предприятие. При обем от 5 000 ед. – да се достави от външен доставчик. 4.4. Замяна на старо оборудване с ново

Този тип решения поначало са дългосрочни капиталови решения, но могат да се разглеждат и в краткосрочен план.

При оценката на двете алтернативи (да се запази старият актив или да се закупи нов актив) трябва да се има предвид, че разходите за амортизация са несъответстващи разходи, тъй като са с паричен характер. Паричният разход е цената на придобиване (покупна цена плюс преки разходи по придобиването).

По-изгодна алтернатива е тази, при която се получава максимална парична печалба.

Предприятието възнамерява да замени стара машина с нова. Старата машина е била придобита преди 4 години за 100 000 лв. и до края на полезния ѝ живот остава 1 година. Начислената до момента амортизация възлиза на 80 000 лв. (4 г. x 20 000 лв. годишно). Полезният живот на машината може да бъде удължен с 3 години, ако се направи основен ремонт, но за целта ще са необходими 20 000 лв.

Ако се закупи нова машина, тя ще струва 200 000 лв., а срокът ѝ на ползване - 5 години. Старата машина може да бъде продадена за 8000 лв.

Очакваните бъдещи разходи и приходи за 1 година, свързани с използване на машините, са следните:

ТАБЛИЦА 6

| Показатели | Стара машина | Нова машина |
|-----------------------------------|--------------|-------------|
| 1. Постъпления от продажби | 800 000 | 800 000 |
| 2. Преки материали | 120 000 | 120 000 |
| 3. Преки трудови разходи | 85 000 | 60 000 |
| 4. Непреки производствени разходи | 52 000 | 41 000 |
| • променливи | 90 000 | 90 000 |
| • постоянни (без амортизация) | | |

Да се определи изгодно ли ще бъде да се замени старата машина с нова. Ако се използва подходът на съответстващите данни, но на база пределни величини, се определя нетната сума на инвестицията в нова машина и тя се сравнява с очакваната икономия на парични средства от бъдещото използване на новата машина. Ако се получава икономия (нетен излишък), е изгодно закупуването на нова машина, и обратното.

Балансовата стойност на старата машина е 20 000 лв. и съгласно счетоводните изисквания се отписва на разход при отписване на старата машина. Но тя не е паричен разход, затова е несъответстващ разход. Същото се отнася и за бъдещата амортизация от 20 000 лв. за оставащата 1 г., ако старата машина бъде запазена

ТАБЛИЦА 7

| Показатели | Сума (лв.) |
|--|------------|
| 1. Покупна стойност на новата машина | 200 000 |
| 2. Продажна цена (остатъчна стойност) на старата машина | 8 000 |
| 3. Нетна сума на инвестицията (1 -2) | 192 000 |
| 4. Очаквана икономия на парични средства от новата машина: | 125 000 |
| • преки трудови разходи (85 000 - 60 000) × 5 г. | |
| • променливи непреки разходи [(52 000 - 41 000) × 5 г.] | 55 000 |
| • разходи за основен ремонт | 20 000 |
| Общо 4: | 200 000 |
| 5. Превъзходство на очакваната икономия над нетната инвестиция | 8000 |

Предприятието ще реализира нетна икономия, ако закупи нова машина, в размер на 8000 лв. Следователно тази алтернатива е по-изгодната. Използват се данните само за съответстващите приходи и разходи, каквито са покупната стойност на новата машина, продажната цена на старата машина, разходите за основен ремонт на старата машина, променливите непреки производствени разходи и преките трудови разходи.

Постоянните непреки производствени разходи са несъответстващи разходи. Разходът за амортизация на старата машина за оставащата 1 година в размер на 20 000 лв., както и балансовата ѝ стойност в размер на 20 000 лв. – също.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

От направеното изследване може да се направи извода че концепцията „ Highest and Best use е приложима и ефективна при оценка на активи в експлоатация. Експерименталните резултати показват че в случая нормативния експлоатационен срок на автоматизиращата техника относително се удължава. Това означава че виртуалното решение с помощта на оптимизационни методи довежда до повишаване на ефективния фонд от време на автоматизиращата техника и повишава нейната експлоатационна ефективност.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Брезоева Б., Лекционен материал „Управленско счетоводство“, 2020, УНСС София
- [2] Епстейн, Б и др. МСС / МСФО 2004-2005. Коментари и приложения, К& Б консулт, С, 2006
- [3] Copeland T., Koller T. Valuation workbook, John Wiley & Sons, Inc, New York, 2000
- [4] Pratt, Sh. Valuing a Business, 9th edition, McGraw-Hill, New York, 2008
- [5] Европейски стандарти за бизнес оценяване, 2020, Тегова
- [6] Български стандарти за оценяване, 2018, КНОБ
- [7] Международни стандарти за оценяване, 2020, IVS

МОДЕРНИЗАЦИЯТА АЛТЕРНАТИВА НА БЪРЗОТО ИНОВАЦИОННО ОСТАРЯВАНЕ И УСЛОВИЕ ЗА УСТОЙЧИВОСТ НА ИНТЕГРИРАНОТО ИНЖЕНЕРИНГОВО ПРОСТРАНСТВО

Димитър Дамянов
Технически Университет – София,
бул. “Кл. Охридски” № 8
София, България
e-mail: damianov@tu-sofia.bg

Христо Метев
Технически университет – Габрово,
ул. „Хаджи Димитър” № 4
Габрово, Р. България
e-mail: hmetev@abv.bg

Калина Кавалджиева
УНСС бул. 8 декември
София, Р. България
e-mail: kalinakavaldzhieva@gmail.com

Беата Влахова
Технически университет – Габрово,
ул. „Хаджи Димитър” № 4
Габрово, България
e-mail: beata_mineva@abv.bg

Резюме: Бързият прогрес в областта на индустриалните и информационни технологии и неговото въздействие върху производствените системи оказват все по-голям натиск върху инженеринговата структура и иновационното и остаряване. Ето защо съвременното технологично развитие създаде условия при които иновационното остаряване вече има преимуществено значение пред физическото. Особено важен момент в тази насока е правилното определяне степента на влияние на иновационното остаряване върху продуктите и процесите с цел установяване влиянието му върху техикоикономическите и социалните резултати от индустриалната дейност. Освен това, въздействието на този процес се глобализира, в резултат на което настъпва иновационно остаряване на техниката и изоставане на равнището на влезлите в експлоатация технологии от съвременните в световен мащаб. По-нататъшното използване на иновационно остаряла техника и технологични процеси води до определени загуби, чийто размер ще зависи от степента на това изоставане. В настоящият доклад се предлага един алтернативен подход за намаляване на иновационното остаряване на индустриалните продукти чрез модернизация и създаване на устойчивост в инженеринговото пространство. При това иновационния прогрес за в бъдеще ще оказва все по-голям натиск както върху технологичната структура, така и върху отличителните белези на този процес.

Ключови думи: иновационно остаряване, инженерингово пространство, модернизация

I. СЪЩНОСТ НА ПРОБЛЕМА - ИНОВАЦИОННО ОСТАРЯВАНЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ.

Модернизацията е една от най-ефективните форми на бързо реализиране на новите технически и технологични постижения в практиката и процеса на обновяване на производството. Следователно под модернизация ще разбираме усъвършенстване на тези компоненти определящи нивото на продукта или процеса, които ще му дадат преимущества присъщи на аналогични продукти и процеси, но с по съвременни параметри и по висока производителност [1, 4]. Под иновационно

остаряване пък ще разбираме изоставане на нивото на влезлите в експлоатация техника и технологии от ново произвежданите иновационни машини и технологии. Като последица от това изоставане те стават по неконкурентноспособни, което води до определени загуби.

Иновационното остаряване налага условия, с които фирмите трябва да се съобразяват. Това произтича както от технологичната нагласа, така и от силното въздействие на потребителския интерес към нови продукти. Ето защо все повече фирми започват да прилагат гъвкави технологични и организационни форми на поведение към заобикалящия ги индустриален и пазарен свят [9]. По същество това означава, че започва да се оформя една глобална иновационна политика, чието проявление започва да приема гъвкави технологични и организационни форми в конкретните фирми. Тази политика все повече се адаптира към глобалното индустриално поведение на иновациите като ресурс за бъдещото им развитие както в България, така и в света [7].

II. МОДЕРНИЗАЦИОННИ АЛТЕРНАТИВИ НА БЪРЗОТО ИНОВАЦИОННО ОСТАРЯВАНЕ

Основните направления, осигуряващи ефективен изход от ограниченията налагани от бързото иновативно остаряване при създаването на конкурентноспособни иновационни продукти, се прилагат активно от много фирми в автомобилостроенето и електрониката. Този нов подход, възприет бързо от индустриалните фирми, вече проявява своите предимства в конкурентноспособните качества както на индустриалните продукти, така и в повишаване ефективността от неговото приложение.

Бързото иновационно остаряване на продуктите и услугите поставя пред човечеството решаването на проблема с отстраняването на вредните последици от неговото въздействие. Това особено е наложително при издаването на защитни документи, каквито са патентите, където срока за тяхното издаване е по-дълъг отколкото

появяването на ново иновационно решение. Или иновационния продукт е иновационно остарял преди още да е влязъл в експлоатация. При сегашното развитие на комуникационните и информационни технологии този проблем може да се реши със създаването на Европейски или Световен информационен център, с открит достъп до базата от данни. Патенти да се издават само за такива продукти и технологии, които са с доказан дълъг иновационен живот. За всички останали изобретения, чрез платена такса да се направи и използва отворен достъп до тях.

III. УСТОЙЧИВОСТ НА ИНТЕГРИРАНОТО ИНЖЕНЕРИНГОВО ПРОСТРАНСТВО

Бързият технически прогрес в областта на индустриалните и информационни технологии и неговото въздействие върху производствените системи ще оказват все по-голям натиск както върху тяхната структура, така и върху отличителните белези на този процес. Границите все повече ще се размиват, а структурата на производството съществено ще се промени. Стремежът към комплексно усъвършенстване на технологичните, спомагателните и информационни дейности все повече ще се налага като основен фактор за развитието на съвременното производство[5]. А това означава, че на базата на новите комуникационни и компютърни постижения, нанотехнологиите и други технически решения структурата на производство глобално ще се изменя, като пример можем да посочим автоматизираната система за проектиране на микромеханични компоненти „МИКРОСИС” и нейната база от данни [10]. За в бъдеще производството ще се разглежда като едно цяло включващо както техниката, технологическите, и информационни процеси, така и функционално интегрираните производствени компоненти, по целия инженерингов цикъл. Целта на настоящата тема е да се анализира въздействието на технологиите върху устойчивостта на интегрираното инженерингово пространство по цялата производствена верига и индустриалната полза да се фокусира върху синергичния ефект от цялостното му приложение.

IV. МОДЕРНИЗАЦИЯТА УСЛОВИЕ ЗА ИНТЕГРАЦИЯ НА ИНЖЕНЕРИНГОВИ КОМПОНЕНТИ В ПРОИЗВОДСТВЕНАТА ВЕРИГА

Развитието на инженеринга е немислимо без компютъризирането на управлението на инженеринговите процеси. Ролята и целите на инженеринговите процеси в съвременните условия, чрез сферата на производството се обръща и към изискванията на крайния потребител заливайки го с мощни потоци от индивидуализирани продукти. Нарастват и изискванията към качеството на процесите, а те трябва да бъдат по-бързи, по-точни, по-икономични. Характерното е, че информационната подкрепа на инженеринговия и реинженеринговия (модернизиран) процес е коренно изменена. В момента, интегрирането на реинженеринговите дейности се осъществява преди всичко с въвеждането на информационни системи.

Едно от основните изисквания в тази насока е правилно формулиране на концепцията за

информационен поток и информационна система. Информационният поток е набор от информационни модули, които се разпространяват в инженеринговата система и между нея и външната среда, необходими за управлението и контрола на инженеринговите операции. Съвременният инженерингов информационен поток може да съществува само под формата на електронни носители. Следователно и автоматизацията на инженеринговите компоненти, или модернизацията на тези дейности като елемент от фирменото развитие също се разглеждат като комплексно решение с автоматизация и на фирмените дейности. Характерното тук е че инженеринговата верига включва както вътрешните фирмени връзки, така и тези които дефинират външните въздействия за необходимостта от модернизиране на автоматизиращата техника. По такъв начин информационната инженерингова дейност формира едно напълно интегрирано информационно пространство.

- Функционалната зависимост между инженеринговите информационни системи и вътрешните и външни връзки може да се изрази със зависимостта:

$$E\text{-ИИС} = F(S_v, S_w) \quad (1)$$

Където:

S_v – вътрешни взаимовръзки;

S_w – външни взаимовръзки.

Вътрешно-структурните взаимовръзки се изследват и подреждат по значимост и принадлежност по определени признаци към инженеринговата информационна система. Това са и взаимовръзките от инженеринг на техниката и на материалния поток, реализиран чрез Интернет на нещата. Или това е възможността за използване на дигитална инженерингова и реинженерингова информационна система, свързана с машините и автоматизиращата техника във фирмата. Тук влиза и изграждане на реинженерингов виртуален модел във виртуалната реалност с огледален образ – софтуерно изпълнение.[3][6]

Външните връзки са свързани с видовете инженерингови подсистеми включително и връзките си с външните доставчици, клиенти и т.н. по цялата верига на инженеринга.

Вторият не по-малко важен въпрос за изграждането на инженерингови информационни системи от гледна точка на тяхната функционалност (функционална структура).

Преди да се говори за функционалността на инженеринговата информационна система, трябва да определят типовете информационни потоци, които проникват в системата. Специфичността на инженеринговата информационна система се определя от факта, че управлението на потоците се извършва както в рамките на индустриалната фирма, така и между различните участници в инженеринговата и реинженеринговата верига на интелигентната иновативна и гъвкава индустрия [8].

В тази връзка информационните потоци са разделени на два вида:

- Стратегически (координиращи);
- Функциониращи.

Отделни функции (функционални подсистеми) могат да са включени и в двата вида потоци от данни (при управление на запасите).

Стратегическият (координиран) поток включва и ключови функции на логистичната информационна система, която е част от дигиталната инженерингова система.

V. ДИГИТАЛЕН ИНТЕЛЕКТ В ИНЖИНИРИНГОВАТА И МОДЕРНИЗИРАНАТА ИНФОРМАЦИОННА СИСТЕМА

Методологията на дигиталния интелект формира комплекс от изисквания, необходими за бъдещото функциониране на инженеринговата и реинженеринговата информационна система в дигитална среда. Това изискване се налага и от гледна точка на предварително конструиране на техническите нива на системата. В този аспект, инженеринговата информационна система адаптира следните нива:

- Техническо ниво на системата (Електронни нива на инженеринговата и реинженеринговата информационна система на индустриалната фирма.)
- Техническо ниво на обекта (виртуален или реален инженерингов, или реинженерингов информационен обект)
- Изкуствен интелект (управляващ интелект), който включва:
 - Обхват на функциите, които може да изпълнява изкуствения интелект (1...n)
 - Функции, които имат пълно заместване на човека (F от целия брой n-функции) чрез въвеждането на инженерингови и реинженерингови информационни системи.[1]

VI. ФОРМИРАНЕ НА ИНЖИНИРИНГОВИ И МОДЕРНИЗИРАНИ ИНФОРМАЦИОННИ ДЕПА ЗА СЪХРАНЕНИЕ НА ИНФОРМАЦИОННИ МОДУЛИ ВЪВ ВИРТУАЛНАТА РЕАЛНОСТ

Тук влизат възможностите за самостоятелно обособяване на функции в реинженеринговите информационни системи и пригаждането им като модули за вграждане в други процеси характеризирани се със следните инженерингови дейности:

- Подход за изграждане на информационни депа за складиране на информационни системи предназначени за вграждане (вградени системи) в реинженерингов процес.
- Доставка на информационни услуги по интернет (вградени информационни системи – софтуер). Това са кодирани самостоятелно обособени (по функции и предназначение) системи (софтуерен продукт), предлагани като търговски продукт за нуждите на инженеринга и реинженеринга.

- Подход за изграждане на инженерингови и реинженерингови информационни системи в облак (същност и предназначение).
- Виртуална реалност. Предлагане на виртуална инженерингова и реинженерингова реалност в облак.

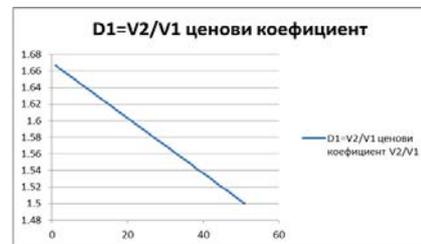
VII. ПРАКТИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ НА КОЕФИЦИЕНТИТЕ ЗА ИНОВАЦИОННО ОСТАРЯВАНЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ

Изследванията се извършиха в направления:

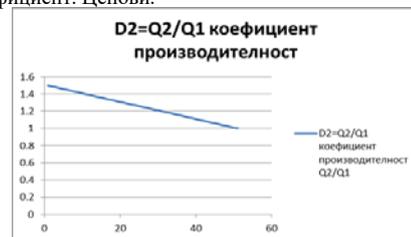
- Динамично изменение (на определени интервали) на стойността на новия индустриален продукт към стойността на стария продукт. [2]
- Динамично изменение на производителността на новия индустриален продукт (на определени показатели), към производителността на стария индустриален продукт. Получиха се следните резултати показани на фиг.1,2,3 и 4.

| | 500 ÷ 450 | 150 ÷ 100 | 300 const | 100 const | $D1=V2/V1$ | $D2=Q2/Q1$ | Kn |
|-----------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|
| цена нова | | | цена стара const | произв. стара const | ценови коефициент | коефициент производителност | коефициент модернизация |
| | V2 | Q2 | V1 | Q1 | V2/V1 | Q2/Q1 | |

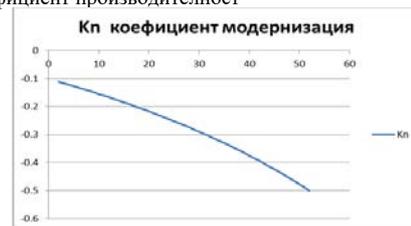
Фиг. 1. Базови данни.



Фиг. 2. Коефициент. Ценови.



Фиг. 3. Коефициент производителност



Фиг.4. Коефициент модернизация

Резултатите от горните графики показват следното:

- Начални $V_2/V_1 = 1,66$ и крайни данни $V_2/V_1 = 1,5$ са показани на фиг.2
- Начални $Q_2/Q_1 = 1,5$ и крайни данни $Q_2/Q_1 = 1$ са показани на фиг.3
- Начални $K_p = -0,11$ и крайни данни $K_p = -0,05$ са показани на фиг.4

Стратегическата политика на индустриалните фирми е немислима без добре изградена, преценена и осмислена политика за техническо развитие, която да отчита и иновационното остаряване, като основен фактор на това развитие. Теоретически е обосновано и практически е доказано, че с модернизационните подходи и методи в голяма степен могат да се отстранят вредните въздействия от иновационното остаряване. Следователно индустриалната политика всъщност формира и концепцията за техническите и икономическите показатели на фирмата и е основен фактор за нейния просперитет. При това не трябва да се пренебрегва факта че бързият технически прогрес в областта на индустриалните и информационни технологии и неговото въздействие върху производствените системи ще оказват все по-голям натиск както върху тяхната структура, така и върху отличителните белези на този процес. Границите все повече ще се размиват, а структурата на производството съществено ще се промени. Стремещт към комплексно усъвършенстване на технологичните, спомагателните и информационни дейности все повече ще се налага като основен фактор за развитието на съвременното производство. А това означава, че на базата на новите комуникационни и компютърни постижения, нанотехнологиите и други технически решения структурата на производство глобално ще се изменя. За в бъдеще производството ще се разглежда като едно цяло включващо както техниката, технологическите, и информационни процеси, така и функционално интегрираните производствени компоненти, по целия инженерингов цикъл. С направеното изследване изложено в настоящата тема се анализира въздействието на технологиите върху устойчивостта на интегрираното инженерингово пространство по цялата производствена верига и ролята на модернизацията в този процес

VIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базата на гореизложеното може да се направи извода, че са изведени определящите характеристики на инженеринговите информационни системи, които дефинират едно по високо ниво във функционалния спектър на инженеринговите системи. С тях се създава възможност да се разшири обхвата на интегрираното инженерингово информационно пространство. В това направление са определени и насоките за формиране на реинженерингови информационни депа за съхранение на информационни модули във виртуалната реалност.

В заключение може да се каже че иновационното развитие, иновационното остаряване и модернизацията са взаимно свързани проявления на един и същ процес.

При това иновационното остаряване може да бъде изследвано овладяно и контролирано чрез модернизационни методи и форми на приложение. За целта е предложен подход и начин за определяне величината и изчисляване размера на иновационното остаряване на продукти и процеси и определяне коефициента на модернизация. Предложен е и инструментариум за практическо използване и приложение на коефициентите.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дамянов Д. (монография), Технологии на иновациите, изд. ПРИМАКС –Русе, 2019 г. ISBN 978-619-7242-58-4
- [2] Дамянов Д., Демирова С. Определяне на иновационната активност на предприятията с дискретен характер на производството. НТС- Сборник доклади АДП, 2011, Созопол, стр.532-537, ISSN 1310-3946
- [3] Damyanov D., Geshev T., Chukalov K. The Fourth Industrial Revolution - Nature and Problems. KING IC ISBN; 978-954-9518-97-9, Sofia, 2019
- [4] Томов П. Системи за наблюдение и управление в мехатрониката, изд. ТУ _София ISBN 978-954-397-396-4, 2019
- [5] MANUFUTURE A Vision to 2020, EUROPE 2020 A strategy for smart, sustainable and inclusive growth
- [6] Tidd J, Bessant J, Rawid K, Managing Innovation, Integrating technological, market and organizational change, 2005
- [7] Petrova, D., Analysis of SMEs in Bulgaria – Assessment of Their Innovation Activities, Rezekne 2013, Latvia, Rezekne Higher Education Institution, Faculty of Engineering, Scientific Institute for Regional Studies, Environment. Technology. Resources, Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference June 20-22, 2013, Volume 3, ISSN 1691-5402, pp 46-49. scopus
- [8] Petrova, D., Innovation, Business, Education – Regional, National and European Policies 2020, Rezekne 2013, Latvia, Rezekne Higher Education Institution, Faculty of Engineering, Scientific Institute for Regional Studies, Environment. Technology. Resources, Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference June 20-22, 2013, Volume 3, ISSN 1691-5402, pp 50-56. scopus. Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference "Environment. Technology. Resources". Vol.1, Latvia, Rēzekne, 20-22 June, 2013. Rēzekne: Rēzeknes Augstskola, RA izdevniecība, 2013, pp.95-100. ISSN 1691-5402, ID in database – 16424, scopus.
- [9] Petrova, D., Intelligent, Innovative and Sustainable Industry in Bulgaria – Prospekts and Challenges, Environment. Technology. Resources – Proceeding of the 12-th International Scientific and Practical Conference, Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia, 2019, ISSN 1691-5402, p. 210-215, scopus
- [10] Kartunov S., D. Petrova, Database management system for automated design of micromechanical components for products in microsystem engineering, Proceedings of the 3rd International Conference „Research and Development in Mechanical Industry“ (RaDMI – 2003), Volume 3, Herceg Novi, Serbia and Montenegro, 19-23 September 2003, Edited by Predrag Dašić, Trstenik: High Technical Mechanical School, Kruševac: Institute IMK “14 Ovtomber” and Podgorica: Institute of Mechanical Engineering, 2004, p. 1154-1586, ISBN 86-83803-08-2, p.1546-1552
- [11] <http://www.mee.government.bg>
- [12] <http://www.eib.org>
- [13] <http://www.mag.innov.ru>

ПРОГРАМНА СИСТЕМА ЗА АВТОМАТИЗИРАН ИЗБОР НА РЕЖЕЩ ИНСТРУМЕНТ ЗА ОПЕРАЦИЯ СТРУГОВАНЕ НА МАШИНИ С ЦПУ

Иво Атанасов
Русенски университет „А. Кънчев“
Катедра ТММРМ
Русе, България
e-mail: iatanasov@uni-ruse.bg

Десислава Атанасова
Русенски университет „А. Кънчев“
Катедра ИИТ
Русе, България
e-mail: datanasova@uni-ruse.bg

Резюме: В статията се разглежда един подход, основан на приложение на генетичните алгоритми и създаване на програмна система за автоматизиран избор на подходящ режещ инструмент за операция струговане, изпълнявана на CNC металорежеща машина. Разработена е вградена интелигентна технологична база знания, прилагаща генетично алгоритмично базиран модел. Разработката (CogoChoose) е с отворена структура и може да се вгради като подмодул в структурата на технологичния процесор на CAM система, като FeatureCAM (API), SolidCAM, и др., както и в интегрираните CAD/CAM разработки.

Ключови думи: Генетични алгоритми (ГА), интелигентни САМ системи, струговане, CNC програмиране

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Методът на ръчно създаване на управляващи програми за металорежещи машини с ЦПУ, както и приложението на универсални САМ системи, отличаващи се с ограничени възможности изисква висококвалифицирани кадри. Технологиът – програмист трябва добре да познава технологичните възможности на наличното оборудване с ЦПУ, характеристиките на използваните режещи инструменти, обработваеми материали, оптималните условия на рязане, съпътстваща и съществуваща технологична екипировка и др. [1], [2].

Разработването на надстройки към САМ системи, още повече с вградена интелигентност, адаптируемост и възможност за самообновяване, е сложна, многовариантна и многокритериална оптимизационна задача, което се обуславя от високото ниво на комплексност, прецизност и често пъти неопределеност на компонентите на технологичния процес [3], [4], [5].

Едно от решенията е разработване на интегрирани бази данни и знания в САМ средата, чието място е в обема на т.н. технологичен процесор, който е в ядрото на разработка, технологично ориентирана към конкретна механична операция. Като инструментариум за това в последно време се прилагат разработки, прилагащи програмни езици от високо ниво, а също и създаване на вградени програмни приложения за разработени САМ среди. Едно от решенията е използване на генетичните алгоритми в структурата им, работещи като метод на оптимизация и с информационно търсещи възможности и модели за рационален избор на правилни решения. Това се отнася до технологичните задачи за избор на:

подходящ режещ инструмент (пластина – държач), оптимални режими на рязане, технологична екипировка и др.

II. ПРИЛОЖЕНИЕ НА ГЕНЕТИЧНО АЛГОРИТМИЧНО БАЗИРАН МОДЕЛ ЗА ЕФЕКТИВНО ФУНКЦИОНИРАНЕ НА ИНТЕЛИГЕНТНА ТЕХНОЛОГИЧНА БАЗА ЗНАНИЯ (ИТБЗ)

Генетичните алгоритми се наложиха като алгоритмичен подход за сложни оптимизационни задачи, многокритериални и многопараметрични, квалифицирани като един от основните инструментариуми на изкуствения интелект, приложен в софтуерни разработки [6], [7]. Силата им е в произволното търсене, скрито в имитацията на принципите на естествената еволюция.

Разглежданата и създадена интелигентна технологична база знания е ориентирана към избор на оптимални режими на рязане за използваните стругови металорежещи инструменти, дефинирани като вид обработка, вид пластина, вид инструментален държач и спомагателни приспособления.

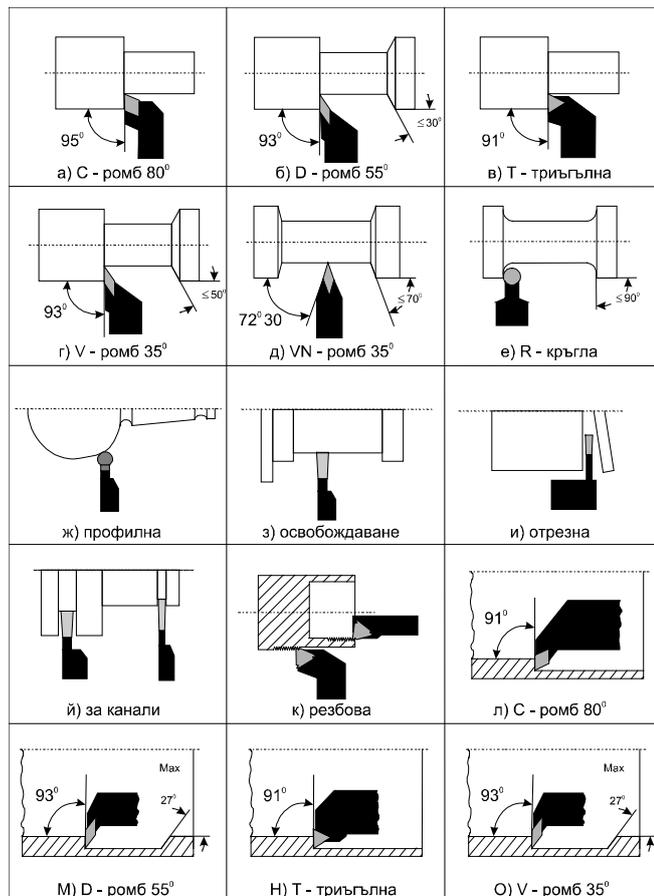
Принципите на действие се подчиняват на общата структура на ГА метод, а именно [7], [8], [9]:

- Разпознаване – включва избора на вид на механичната обработка (струговане в случая, може същият подход да се приложи и върху 2.5 и 3D фрезование, свредловане, обработване чрез нишкова електроерозия и др.), разпознаване на технологичния преход – обстъргване, разстъргване, резбообработване, обработване на канали и др., а също и областта на приложение, зададена чрез границите на допустимото подаване f [mm/rev] и дълбочина на рязане a_p [mm]. Тези параметри могат да се получат и чрез комуникация с първоначално създадена т.н. входна база от данни;
- Търсене – същинска част, която изчислява, сравнява и съпоставя междинните резултати с натрупаните предварително знания, като се вземат решения за поднастройка;
- Комуникация със създадената ИТБЗ – тук връзката с предният блок е двустранна, като в цикъл се прилага оптимизационен алгоритъм, работещ по зададени критерии.

III. МЕТОД ЗА АВТОМАТИЗИРАН ИЗБОР НА СТРУГОВИ ИНСТРУМЕНТИ ТИП "COROMANT"
A. Синтез на типови случаи на струговане

При създаването на типовите случаи (схеми) на струговане са отчетени съдържащите се в справочника "COROKEY" данни за предлаганите пластини и приложимостта им за изпълнението на следните стругови преходи:

- обстъргване;
- струговане профилно;
- струговане освобождаване;
- отрязване;
- струговане радиален канал;
- струговане пружинен пръстен;
- нарязване на външна метрична резба;
- нарязване на външна цолова резба;
- разстъргване;
- нарязване на вътрешна метрична резба;
- нарязване на вътрешна цолова резба.



Фиг. 1. Някои типови схеми на струговане

От разработените типови схеми на струговане се вижда, че многозначен избор по отношение формата на пластината е възможен само в случаите на обстъргване и разстъргване. Тези типови схеми на струговане се предлагат на технолога при подготовката на входните данни и влияят върху многозначността на последващия избор. Ако, съгласно въведените данни за режима на рязане нито един типоразмер пластина, за посочена типова схема на струговане не може да бъде избран се предлага на технолога, или да промени данните за режима на рязане (възможно е да е въвел некоректни данни при подготовката на входната информация), или да промени схемата на струговане. Следователно още на етапа подготовка на входни данни, чрез разработения метод за логически контрол, се отстранява възможността за недостатъчен избор, т.е. за неизбиране на пластина и държач.

B. Ограничения при избора на режещия инструмент

Ограниченията се отнасят към класа променлива информация и влияят пряко върху резултата от избора. На фиг. 2 са посочени ограниченията при избора на инструмента, които са изградени като йерархична система с 7 нива. Представянето им във вид на дървовиден граф най-ясно и еднозначно определя влиянието на всеки предходен критерий (ниво на избор) върху множеството от критерии за избор на следващите нива. Всяка от веригите на графа еднозначно определя необходимите и достатъчни условия за последващия избор на инструменти.

В разработената схема за автоматизиран избор като критерии са определени следните условия на избора:

1. Ниво 1 - Вид и твърдост по Бринел на обработвания материал. Съгласно стандарта на ISO, обработваемите материали са разделени на три големи групи:

а) ISO P - материали, отделящи дълги стружки: въглеродни, лети и ниско легирани и мартензитно - феритни неръждаеми стомани.

б) ISO M - аустенитни неръждаеми стомани, високо легирани и титанови сплави и ковък чугун.

в) ISO K - материали, отделящи къси стружки: закалени стомани и сив чугун.

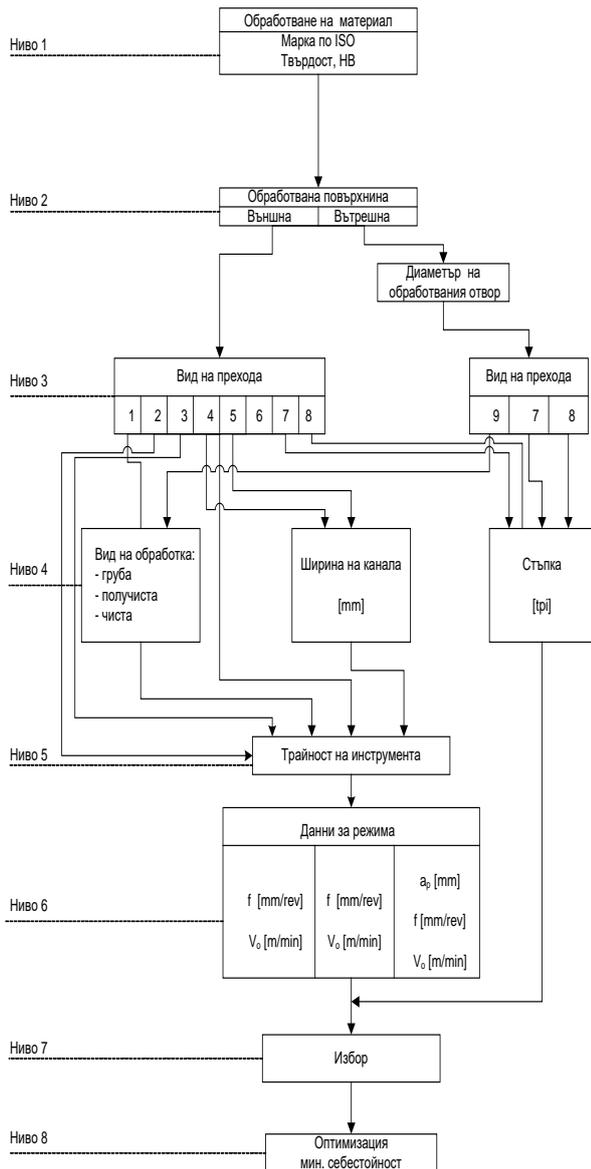
2. Ниво 2 - трайност на инструмента.

3. Ниво 3 - Вид на обработваната повърхнина - външна или вътрешна. Ако повърхнината е вътрешна, е необходимо да се въведе диаметъра на обработвания отвор, поради ограниченията при избор на борщанга.

4. Ниво 4 - Вид на прехода.

5. Ниво 5 - Вид на обработката - груба, получиста или чиста.

6. Ниво 6 - Схема на обработка - в зависимост от вида на прехода и вида на обработката се формира обхватът на предлаганите типови схеми на струговане.



Фиг. 2. Ограничения при автоматизиран избор на режещи инструменти (нива)

Ниво 7 - Данини за режима на рязане. В зависимост от вида на прехода като ограничителни условия се въвеждат:

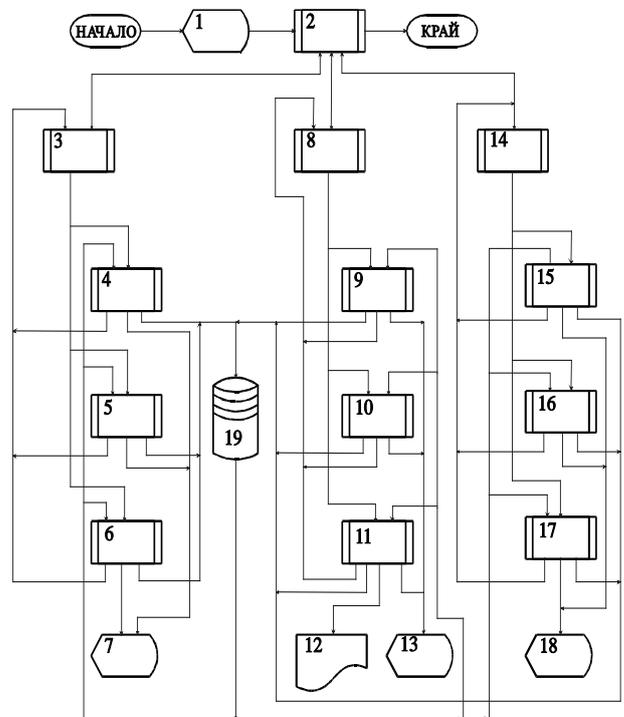
- а) При обстъргване и разстъргване.
 - дълбочина на рязане a_p в [mm];
 - подаване f в [mm/rev];
 - скорост на рязане v_c в [m/min].
- б) При струговане на радиален канал, канал за зегерка и отрязване:
 - подаване f в [mm/rev];
 - скорост на рязане v_c в [m/min].
- в) При струговане на радиален канал, канал за зегерка и отрязване:

- напречно подаване f в [mm/rev];
- скорост на рязане v_c в [m/min].
- г) При нарязване на резба - не се въвеждат данни.

Определеността на техническите системи (в частност и на автоматизираните) се обуславя от тяхната структура, т.е. съвкупността устойчиви отношения между частите на цялостния обект или процес. Относителната отделеност на частите на системата и техните взаимни връзки могат да се определят като единство на две противоположни страни: разчлененост и цялостност, т.е. разбиване на общата задача на подзадачи и взаимните връзки между тях. От тези позиции общата задача за автоматизиран избор на стругови инструменти е разбита на две основни подзадачи: подготовка на входна информация и избор на инструменти и една допълнителна - изпълнение на сервисни функции на системата, която няма пряко отношение към избора на инструменти, но е необходима от гледна точка правилното функциониране на системата.

IV. ФУНКЦИОНАЛЕН МОДЕЛ НА СИСТЕМАТА COROCHOOSE

Функционалният модел на системата е изграден в съответствие със структурния и е посочен схематично на фиг.3. Програмната система е изградена с модулна структура, при което след въвеждане на код и парола за регламентиран достъп (1), главната програма (2) управлява работата на модулите от първо ниво (подсистемите): подсистема "Входни данни" (3), подсистема "Избор на инструменти" (8) и подсистема "Сервиз" (14).



Фиг. 3. Функционален модел на програмна система за автоматизиран избор на режещи инструменти

Подсистемата "Входни данни" управлява работата на програма за въвеждане на входни данни (4), програма за копиране на архивни данни (5) и програма за актуализиране на входни данни (6). Всяка от програмите работи в диалогов режим (7) като количествената информация се въвежда чрез клавиатурата, а качествената се избира от менюта.

Подсистема "Избор на инструменти" управлява работата на програма за избор на входни данни (9), програма за избор на пластина - държач (10) и програма за извеждане на подготовения технологичен документ с резултатите от избора (11) върху екран (13) или на печат (12).

V. ИЗВОДИ

Изборът се извършва от файловете на базата данни "Стругови инструменти" с отчитане конкретните критерии за избор. Съгласно разработеният метод на решение, изборът е винаги успешен, тъй като още на етапа подготовка на входни данни, чрез програмата за логически контрол се отстранява възможността за недостатъчен избор, т.е. за не избиране на пластина.

Принципът на избор е основан на търсене на пластина с параметри, чиито номинални стойности за режима на рязане най – малко се отклоняват от реално въведените. Ако от дадена форма, повече от един типоразмер отговаря на изискванията, се избира най-малкия типоразмер.

След избора на пластина, в зависимост от размера на режещия и ръб или номера на гнездото, се подбират всички подходящи държачи, и ако са повече от един, се предоставя възможност на технолога да маркира един или повече, в зависимост от разполагаемите в инструменталното стопанство.

Подготовката на изходния документ се извършва успоредно с избора на пластина – държач и съдържа следните групи информация:

- вид на прехода и вид на обработката;
- режим на рязане;
- геометрия и марка на материала на пластината;
- код на пластината и държача за поръчване.

Решаването на така описаните основни подзадачи се изпълнява до изчерпването на всички технологични преходи от подготовените входни данни за обработвания детайл. Изходният документ е окончателно подготвен и може да се изведе и разгледа на екран или да се отпечата с възможност за тиражиране.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Арайс Е. А., А. К. Мартинов, Л. А. Шапиро (1987). О задаче оптимального выбора инструмента, в сборник „Вопросы программирования в автоматизация проектирования”, вып. 3, Томск.
- [2] Кюнтер Р. А., Э. В. Юрвес (1988). Оптимальный выбор режущих и вспомогательных инструментов в системах машинного проектирования технологических процессов, в сборник „Труды Таллинского политехнического института”, № 454, Таллин.

- [3] Донков Д.Й. (2009а). Информационно-търсеща система “Режими на рязане при струговане. Методика и структура на базата данни”, Научна конференция с международно участие, “Техника, технологии и системи Техсис ‘2009”, Пловдив.
- [4] Донков Д.Й. (2009б). Информационно-търсеща система “Режими на рязане при струговане. Алгоритъм и методология на работа”, Научна конференция с международно участие, “Техника, технологии и системи Техсис ‘2009”, Пловдив.
- [5] Toufik, Ameer. (2020). Multi-objective particle swarm algorithm for the posterior selection of machining parameters in multi-pass turning. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*.
- [6] Coley D. A. (1999). *An Introduction to Genetic Algorithms for Scientists and Engineers*, World Scientific Publishing, 227 p.
- [7] Розенталь П. Л. (1981). Задачи формализации оснащения технологических процессов режущим инструментом общего назначения, в сб. „Алгоритмы проектирования технологической оснастки”, Минск.
- [8] An, L. (2011). Optimal selection of machining parameters for multi-pass turning operations. *Advanced Materials Research*, 156–157, 956–960.
- [9] Xie, Shutong & Guo, Yinbiao. (2011). Intelligent Selection of Machining Parameters in Multi-pass Turnings Using a GA-based Approach. *Journal of Computational Information Systems*. 7.

OPTIMIZATION OF THE EFFICIENCY OF A KINETIC UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY WITH A FLYWHEEL MASS ACCUMULATOR

Blagovest Zlatev
Laboratory "CAD/CAM/CAE in
Industry", FIT, TU of Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: bzlatev@3clab.com

Georgi Todorov
Laboratory "CAD/CAM/CAE in
Industry", FIT, TU of Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: gdt@tu-sofia.bg

Krasimira Dimova
Laboratory "CAD/CAM/CAE in
Industry", FIT, TU of Sofia
Sofia, Bulgaria
e-mail: krdimova@tu-sofia.bg

Abstract: The aim of the study is to minimize the power loss of a flywheel. The flywheel in question is a part of a system for autonomous emergency power and acts as a kinetic battery. Any power loss in this component has direct impact on the product's cost of ownership. Thus this problem requires looking for an optimal combination of the mass and angular velocity of the flywheel for certain power output of the unit. The focus of the study is to achieve minimal power losses and maximum durability of the bearing units. Also in the study contains a comparison analysis between a flywheel with vertical axis of rotation and a flywheel with horizontal axis of rotation in regards of its orientation about earth's gravity.

Keywords: flywheel, bearing arrangement, bearing power loss, frictional power losses, bearing life, virtual prototyping, FEA

I. BACKGROUND

Because of its moment of inertia, a flywheel stores kinetic energy and can release it quickly when needed. In such applications, the angular momentum of a flywheel is purposely transferred as torque to the attached shaft when energy is transferred from the flywheel thereby causing the attached system to rotate. The attached system can be an asynchronous electric motor/generator.

Nowadays flywheels can be used in Critical equipment systems as a battery pack unit for Uninterruptible Power Supply (UPS) and energy recuperation systems (KERS) or for storing accumulated vibrational energy [1]. The most common UPS systems use an electrochemical accumulator as a battery pack unit, which uses different principle for storing energy, based on chemistry. This however has its drawbacks mainly that after a power outage the recharging of these electrochemical batteries is slow and if a repeated power outage occurs before they are sufficiently charged the critical equipment system will not perform as needed [2].

The alternative of this electrochemical accumulator is a kinetic battery or in this case a flywheel. The stored kinetic energy is released back by applying torque to a mechanical load in the case of the UPS system – an Asynchronous Electric Machine that will be working in a generator mode. The main application of these systems is providing power for 5-15 minutes until the recovery of the main power (from the grid) or the startup of an alternative power supply (a diesel generator).

The main technical parameters which affect the system efficiency especially that of the flywheel system include the mechanical (friction), air resistance that generates drag and

the stored power. As it comes to losses from the electrical system of the whole UPS system – they are optimized. Additional efficiency can be gained if the system functions in vacuum and the air resistance loss will be reduced thus the main power losses are from the friction of the bearings [3] supporting the flywheel and so the stored energy is slowly drained. Thus the focus of the study is put on the comparison of different bearing types and arrangements and choosing the optimal flywheel design and bearing arrangement that will ensure minimal power losses.

II. FLYWHEEL PARAMETERS ANALYSIS

The energy stored in a flywheel depends on both the weight distribution and the rotational velocity [2]. If the velocity is doubled the stored kinetic energy is quadrupled as it is shown in eq. 1. The methodology for choosing the right flywheel in order to ensure the needed power to the system is explained below.

A. Required mass moment of inertia of the flywheel

$$J_M = \frac{E}{\delta \omega_{ave}^2}, kg.m^2 \quad (1)$$

- E – required energy to be released from the flywheel to the UPS, J;
- $\delta = (\omega_{max} - \omega_{min}) / \omega_{ave}$ – deviation coefficient, dimensionless;
- ω_{ave} – averaged angular velocity, rad/s;

B. Geometric characteristics of the flywheel:

- Flywheel type- tor, disk;
- External flywheel diameter- D, mm;
- Flywheel cross-section parameters – thickness (b) and height(h), mm;
- Flywheel material's density- ρ , kg/m³;

$$h = \frac{2 * J_M}{\pi * \rho * \left[\left(\frac{D}{2} \right)^4 - \left(\frac{D}{2} - b \right)^4 \right]}, mm \quad (2)$$

C. Flywheel Mass Calculation:

$$m = \frac{2 * J_M}{\left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{D}{2} - b \right)^2 \right]}, kg \quad (3)$$

The most common flywheel shapes are tor or disk. The most important flywheel design parameters include its moment of inertia and rotational velocity. The subsystem of the UPS with the highest impact of the power losses are the bearings (if the system is functioning in vacuum) so the bearing analysis includes power losses calculation, their rated life and the relubrication interval. [6]

For the goals of the study a flywheel with vertical axis of rotation and a flywheel with horizontal axis of rotation were studied with both using standard ball bearings in both cases. As result the flywheel with horizontal axis has less power losses and it is preferred because it has no axial force, only radial forces. The comparison between both cases are shown in the tables below using flywheels with different mass-flywheel with mass $m_1=96\text{kg}$ and a flywheel with mass $m_2=160\text{kg}$.

The bearing loads free body diagrams are shown on fig. 1 for horizontal axis and fig. 2 for vertical axis.

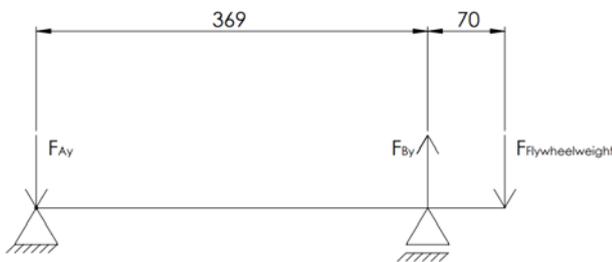


Fig. 1. Bearing load arrangement for horizontal axis

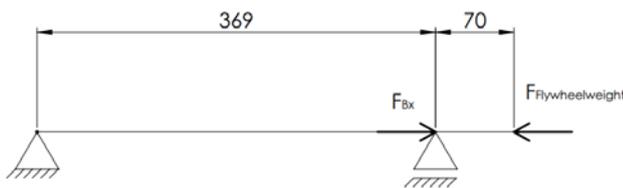


Fig. 2. Bearing load arrangement for vertical axis

The forces from the loads are calculated based on the two axis arrangements of the flywheel and are applied on the bearings. The SKF bearing calculator was used for calculation of the power losses with the following input data.

III. INPUT DATA FOR BEARING CALCULATION

The flywheel should supply the UPS with 22 kW power for 25 s. Part of input data includes n_{max} which is the angular velocity of the flywheel when it starts generating power and n_{min} is angular velocity at the end of time (after 25 s at this case).

- Common input data
 - supplied power – $P = 22 \text{ kW}$;
 - active time for energy supply (maximal time to start up backup generator) – $t = 25 \text{ s}$;
 - supplied energy – $E = P \cdot t = 550 \text{ kJ}$;

- flywheel support – on the front end bearing of driving electrical motor.
- Flywheel with mass $m_1=96 \text{ kg}$
 - External diameter of the flywheel – $D_{\text{min}} = 650 \text{ mm}$;
 - minimal rotational velocity (at the end of time period of supplying power) – $n_{\text{min}} = 2700 \text{ rpm}$;
 - maximal rotational velocity – $n_{\text{max}} = 4500 \text{ rpm}$;
- Flywheel with mass $m_2=160 \text{ kg}$
 - External diameter of the flywheel – $D_{\text{min}} = 950 \text{ mm}$;
 - minimal rotational velocity (at the end of time period of supplying power) – $n_{\text{min}} = 2700 \text{ rpm}$;
 - maximal rotational velocity – $n_{\text{max}} = 3300 \text{ rpm}$;

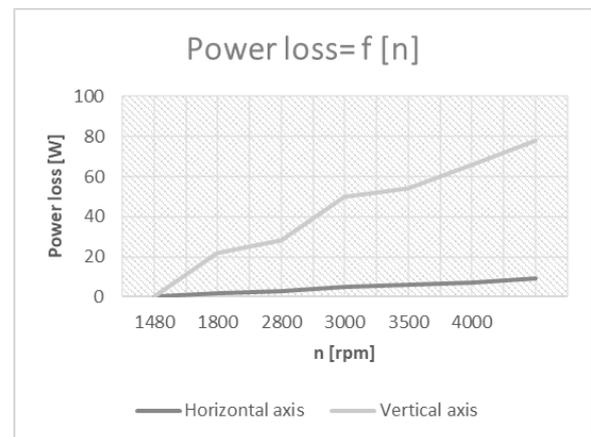


Fig. 3. Comparison between flywheel with $m_1=96\text{kg}$ - vertical axis and horizontal axis

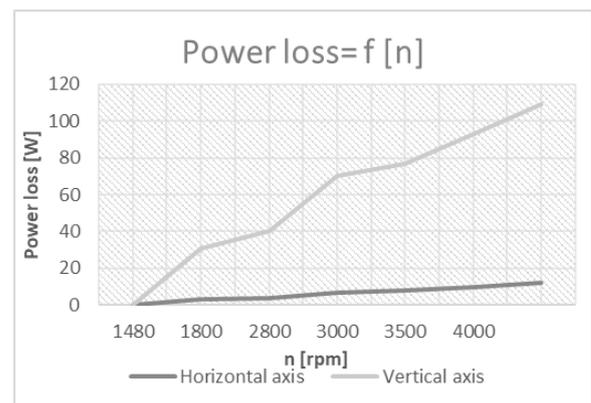


Fig. 4. Comparison between flywheel with $m_2=160\text{kg}$ - vertical axis and horizontal axis

IV. BEARING PARAMETERS ANALYSIS

A. Power losses of the bearings

The main factors for the power losses are from friction be it rolling and sliding friction or the one that is created from the used bearing seals and lubricant. Fig. 5 shows the frictional moment as a function of the velocity and lubricant viscosity. [3]

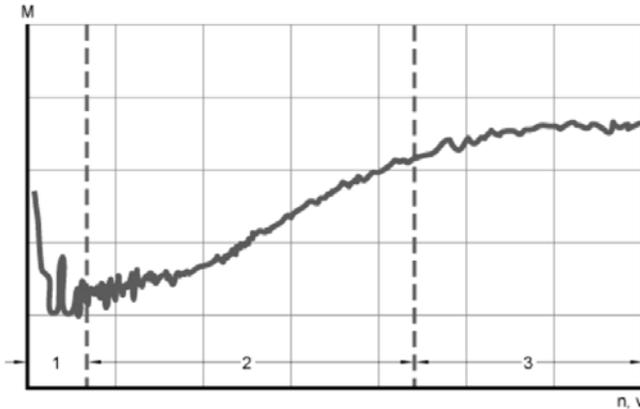


Fig. 5. Bearing frictional moment as function of velocity or viscosity [5]

B. Reliability of the bearings

A methodology is defined in the standard ISO 281:20075 for calculating the main parameter for the bearing life – the modified rating life. This parameter can be calculated from the bearing parameters provided by the manufacturer with the following formula:

$$L_{nm} = a_1 \cdot a_2 \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p, \text{ where} \quad (4)$$

- a_1 – life adjustment factor for reliability, having values in accordance with ISO 281:2007;
- a_2 – life modification factor, defined by the manufacturer;
- C – basic dynamic load rating;
- P – equivalent dynamic bearing load;
- p – exponent of the life equation (3 – for ball bearings and 10/3 – for roller bearings).

The calculation software, supplied by SKF, is again used for this study. A type of bearing is selected that guarantees minimal losses and required dynamic load rating.

For the purposes of the study three types of bearings are compared based on the power losses between them as follows:

- Deep groove ball bearings;
- Angular ball bearings;
- Rolling bearings;

The calculations were held for the flywheel with mass $m_1=96$ kg and with mass $m_2=160$ kg. Considering the facts that angular contact bearings have axial and radial loads and the rolling bearings have larger area of friction their power losses are expected to be greater than the one for the deep groove ball bearings. Both graphics shows less power losses with deep groove ball bearings.

Given the results shown on the graphs below the deep groove ball bearing design for the flywheel is selected based on the lower price of the bearings and most importantly – their lower power loss.

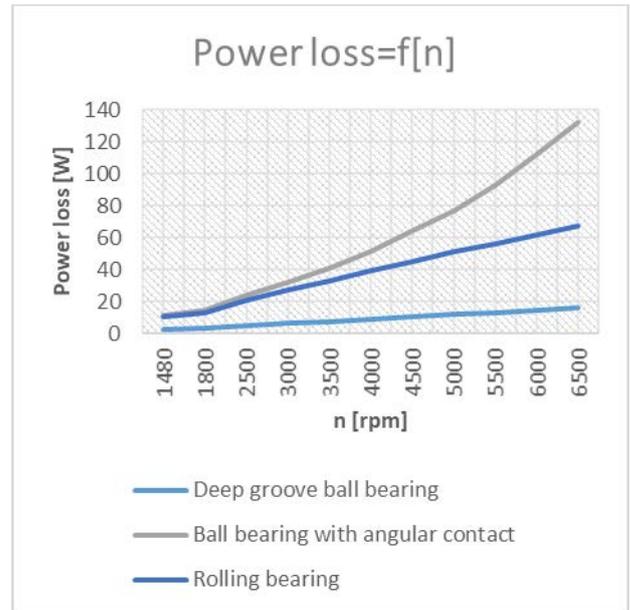


Fig. 6. Comparison of power losses between different bearing types (flywheel with mass $m_1=96$ kg)

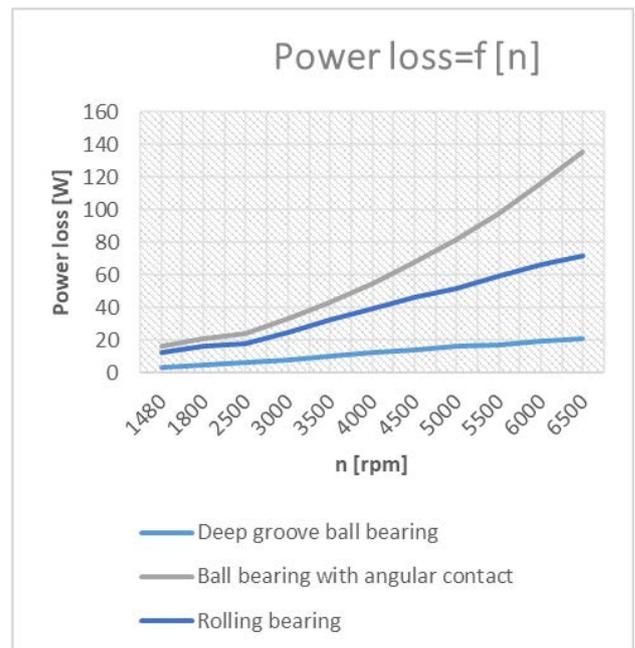


Fig. 7. Comparison of power losses between different bearing types (flywheel with mass $m_2=160$ kg)

V. FEA AXIS DEFORMATION ANALYSIS BASED ON A SIMPLIFIED FLYWHEEL FINITE ELEMENT MODEL

It should be noted that the bearing life can be reduced significantly if an angular misalignment of the axis is present. Given that the rotating object is not only a shaft but a flywheel a decision was made to simulate one of the flywheel designs (in particular the heavier one with $m = 160$ kg and $D_{max} = 950$ mm) a simplified flywheel design in both stationary and rotating states in order to analyze how the shape of the shaft changes when the flywheel is stationary and when the flywheel is spinning with a rotational velocity of 3000 rpm. Through the use of virtual prototypes, the

laborious and costly work of creating the flywheel in the flesh can be postponed. [6]

- The FEA model and its boundary conditions are shown on fig. 8. The boundary conditions are as follows: A – rotational velocity of 3000 rpm;
- B – Standard earth gravity of 9.8066 m/s²;
- C – Remote displacement simulating the bearing in the rear of the shaft and allowing the surface to rotate around a point lying on the axis of the construction.
- D – Remote displacement simulating the bearing in the front part of the shaft and allowing the surface to rotate around a point lying on the axis of the construction.

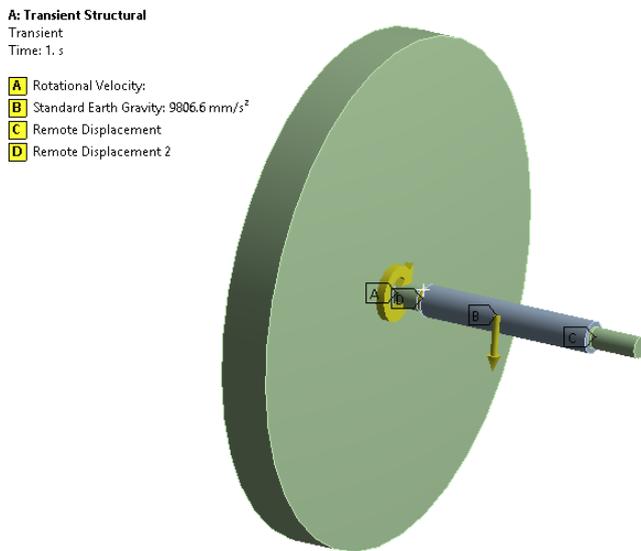


Fig. 8. FEA Model of Flywheel with its boundaris conditions

The material of the construction is set as Structural Steel with the following mechanical properties of note for the analysis:

- Young’s Modulus – $2 \cdot 10^{11}$ Pa;
- Poisson’s Ratio – 0,33;
- Density – 7850 kg/m³;

It should be noted that the rotational velocity boundary condition is absent in the FEA analysis of the flywheel when its stationary.

The results from the analysis are shown on fig. 9 and fig. 10 for the Maximum Equivalent (von Misses) Stresses and the on fig 11 and fig. 12 for the Total Deformation of the flywheel design.

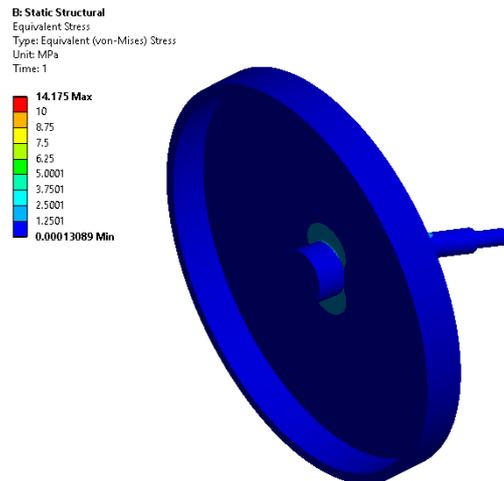


Fig. 9. Maximum Equivalent (von Misses) Stresses for stationary flywheel, MPa

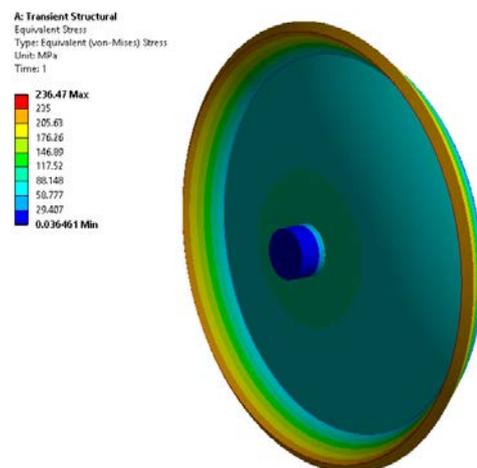


Fig. 10. Maximum Equivalent (von Misses) Stresses for rotating flywheel, MPa

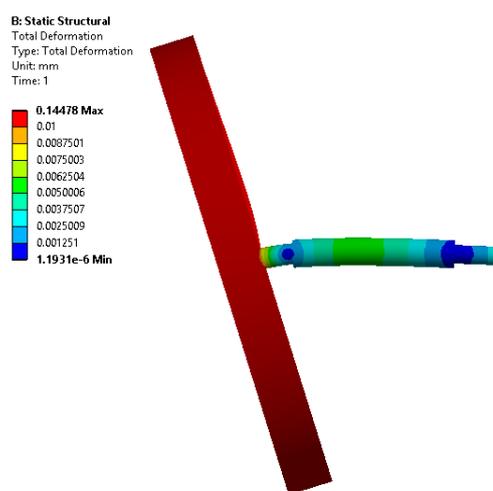


Fig. 11. Total Deformation for stationary flywheel, mm

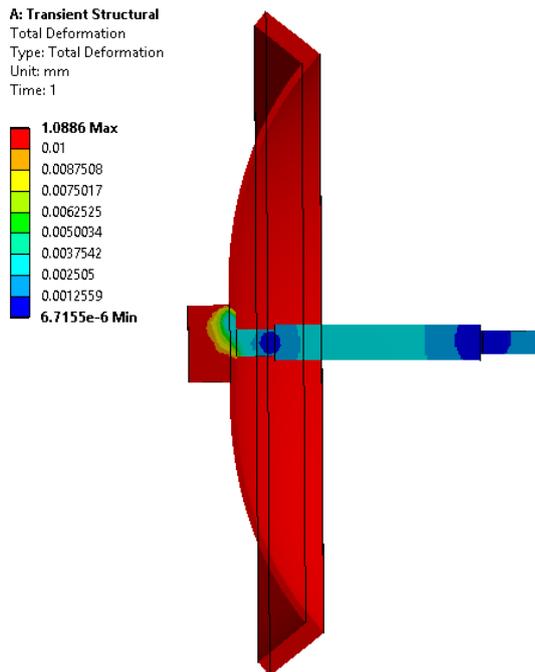


Fig. 12. Total Deformation for rotating flywheel, mm

The finite element analysis (FEA) of the flywheel design when stationary and when its rotating shows that the shaft is self-aligning and thus reduces the unwanted bearing misalignment which can significantly reduce the bearing life.

VI. BEARING SELECTION

For the goals of the study SKF ball bearings were chosen – 6308-2Z and 6309-2Z. The bearings are deep-groove, single row with cages and improved sealing. Additionally, the bearings have higher precision and better surface finish which reduces noise and vibrations of the flywheel. Because of the uneven load distribution two different bearings were chosen with different dimensions and different dynamic and static load ratings.

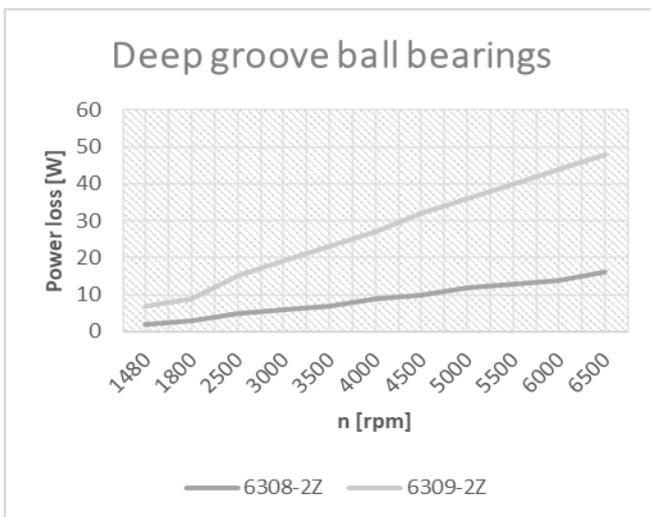


Fig. 13. Bearing arrangement of a flywheel with mass $m_1=96$ kg

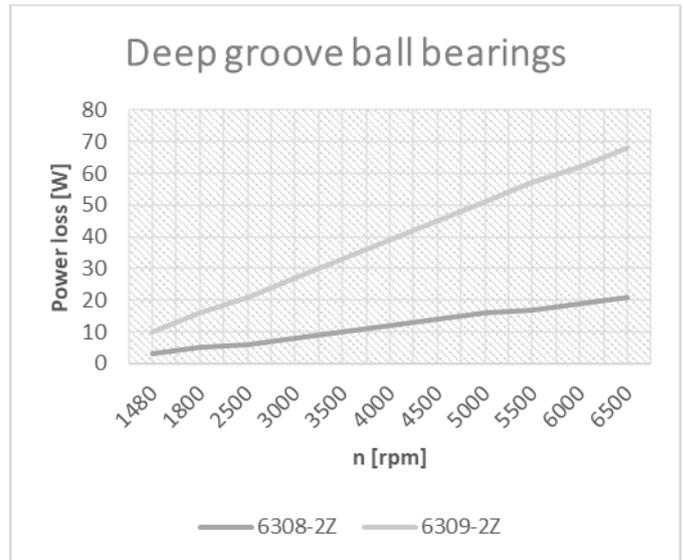


Fig. 14. Bearing arrangement of a flywheel with mass $m_2=160$ kg

The graphics above show the power losses from the friction of the bearings as function of revolutions per minute for both flywheels.

VII. RESULTS' ANALYSIS

Considering the main influence of some factors like the bearings' rated life, power losses from friction and the optimal correlation between mass and angular velocity the following flywheel designs were selected.

- A flywheel with mass $m_1=96$ kg, horizontal axis and diameter of $D=650$ mm and maximal rotational velocity – $n_{max} = 4500$ rpm will result in bearing power loss $P_{loss}=29$ W.
- A flywheel with mass $m_2=160$ kg, horizontal axis and diameter $D=950$ mm and maximal rotational velocity $n_{max} =3300$ rpm will result in bearing power loss $P_{loss}=59$ W.

The final options where the flywheel with decreased mass ($m_1=96$ kg) and rotational velocity= 4500 rpm is chosen because of its lower power loss.

VIII. FLYWHEEL DESIGN DEVELOPMENT

A general exploded view of the developed UPS assembly is shown on Figure 15. It consists of an electric motor having a modified rotor – 9, main stator – 10 and auxiliary stator – 11 placed within a housing – 12 closed by cover –13. The rotor – 9 is mounted through identical front and rear bearings 3 (subject to change in the final design as the study shows). The front bearing is located in the flange of the engine – 8. Flywheel – 4 is attached to the front end of the rotor – 9 through a clutch – 5 / 6. Flywheel – 4 is located in a separate housing, consisting of a body – 2 and a cover – 7, that is sealed and in vacuum.

The flywheel itself is sheet metal welded assembly and consists of a ring and connection disk (linking the ring towards the axis of rotation) and a hub. [2]

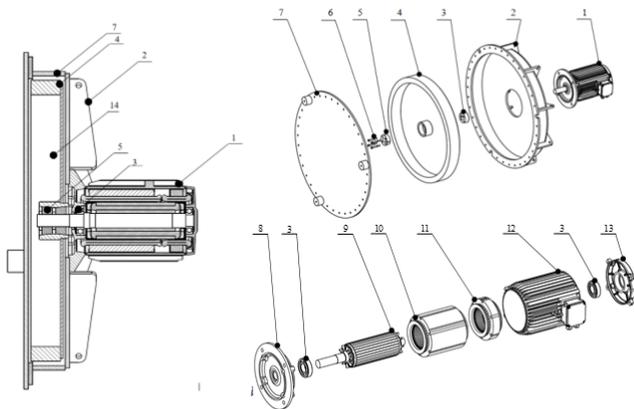


Fig. 15. Developed design

IX. CONCLUSIONS

As a result of the calculations for the UPS system the following can be concluded:

- The UPS system has achieved higher efficiency;
- The study shows that having a horizontal axis will reduce the power loss and increase the life of the bearings;
- The gyroscopic effect of the flywheel will align the shaft thus additionally reducing the possibility of bearing damage from misalignment;
- The power losses from air resistance are reduced to almost none because the UPS system is functioning in vacuum;
- The power losses from the bearings are reduced given that deep groove ball bearings have less friction inherent from their design;
- The relation between the rotational velocity and the flywheel mass show that a flywheel with $m = 96$ kg and rotational velocity of 4500 rpm will lead to the least power losses of 29 W.

ACKNOWLEDGMENT

The following work is financed through a scientific project for helping of Ph.D. Students №202ПД0020-05 from NIS at TU-Sofia.

REFERENCES

- [1] Todorov, Todor & Nikolov, Nikolay & Nikolov, R & Sofronov, Yavor & Kochev, L. (2019). OPTIMIZATION OF MICRO-ELECTRO-MECHANICAL PIEZOELECTRIC ENERGY HARVESTERS WITH INTERDIGITATED ELECTRODES. Journal of the Balkan Tribological Association. 25. 535-545.
- [2] G. TODOROV, K. KAMBEROV, G. KYURKCHIEV - Parametric optimisation of flywheel design, 2016
- [3] J. Platts, J. St. Aubyn: Uninterruptible Power Supplies, Peter Peregrinus Ltd., London, 1992.
- [4] P. Eschmann, L. Hasbargen, K. Weigand: Ball and roller bearings, Theory, design and application, Wiley and Sons, Muenchen, 1985.
- [5] R. F. TUNAY, C. KURBANOGU: Effects of Lubricating Conditions on the Friction Coefficient of Sintered Journal Bearings

under Alternated Loading, Journal of the Balkan Tribological Association, vol.1, pp.103-115, 2009.

- [6] Todorov, Georgi & Kamberov, Konstantin & Semkov, Mario. (2018). Design and Investigation of Cooling and Oxidation Module for Wine Industry. 1-7. 10.1109/HiTech.2018.8566266.
- [7] E. DESNICA, A. ASONJA, D. MIKIC, B. STOJANOVIC: Reliability Model of Bearing Assembly on an Agricultural Cardan Shaft, Journal of the Balkan Tribological Association, vol.1, pp.38-49, 2015.

ИЗБОР НА ПОДХОДЯЩА ТЕХНОЛОГИЧНА СТРАТЕГИЯ ЗА ИЗРАБОТВАНЕ НА ФОРМООБРАЗУВАЩИ ИНСТРУМЕНТИ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА САМ СИСТЕМИ

Стилиян Николов
 кат. АДП, ТУ - София
 бул. "Кл. Охридски" № 8
 София, България
 e-mail: st_nikolov2@tu-sofia.bg

Димитър Панайотов
 кат. АДП, ТУ - София
 бул. "Кл. Охридски" № 8
 София, България
 e-mail: dimitar_tp@abv.bg

Резюме: В статията са разгледани различните технологични стратегии за обработка на сложни 3D повърхнини предоставяни на потребителите от съвременните САМ системи. Предложен е подход за избор на подходяща технологична стратегия за изработване на формообразуващи инструменти с използване на САМ системи.

Ключови думи: САМ системи, технологични стратегии, 3D повърхнини, формообразуващи инструменти, CNC машини

I. УВОД

Формообразуващите инструменти, обикновено се изработват като единични бройки или в малки серии, в зависимост от производствената програма на изработваните с тях детайли. Основният елемент в конструкцията на тези инструменти са сложни 3D повърхнини, които формират формата и размерите на произвежданите с тях детайли. Обработването на тези повърхнини е свързано с използването на различни CNC машини [1].

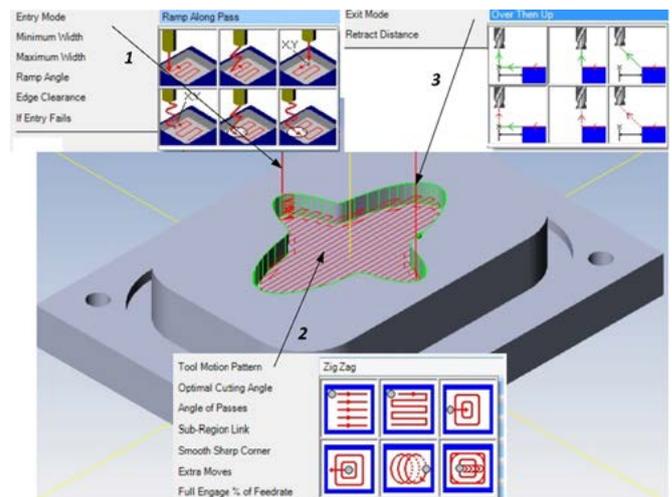
Създаването на управляващи програми за такъв тип обработки на CNC машини е немислимо без използване на САМ системи. При това съвременните CAD/CAM системи позволяват съществено да се съкрати цикъла на проектиране и производство в машиностроителните предприятия. Те предлагат на потребителите, широк набор от функционалности при генерирането на управляващи програми за CNC машини, като независимо от различията, основните модули на лидиращите на пазара САМ системи разгледани в [2], до голяма степен се припокриват.

Целта на настоящата работа е да се анализират възможностите, които, съвременните САМ системи, предоставят на потребителите за генериране траекторията на режещите инструменти при обработването на формообразуващи инструменти с използване на CNC машини.

II. ТЕХНОЛОГИЧНИ СТРАТЕГИИ ИЗПОЛЗВАНИ В САМ СИСТЕМИТЕ ПРИ РАЗРАБОТВАНЕ НА УПРАВЛЯВАЩИ ПРОГРАМИ

Съвременните САМ системи предлагат на потребителите си възможност за реализиране на различни технологични стратегии при разработването на управляващите програми. Понятието технологична стратегия, за обработване на даден компонент от конструкцията на обработвания детайл (фичер), включва следните компоненти:

- Движения за подвеждане на инструмента към фичера (Фиг.1 поз.1) - задават траекторията на режещия инструмент от стартовата точка до връзването му в обработвания детайл;
- Движения за снемане на материала (Фиг.1 поз.2) - задават траекторията на режещия инструмент при обработването на фичера;
- Движения за отвеждане на инструмента след обработване (Фиг.1 поз.3) - задават траекторията на режещия инструмент при връщането му в стартовата точка.



Фиг.1 Компоненти на технологична стратегия за обработване на фичер

От направените в [3] изследвания, за обработване на характерни 2½D фичери от конструкцията на машиностроителните детайли следва:

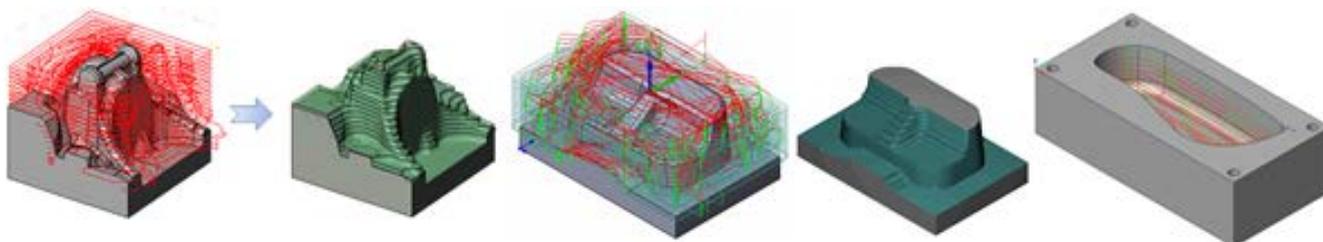
- Два от компонентите на технологичните стратегии (Фиг.1 поз.1 и поз.3) са лимитирани до голяма степен от конструкцията на обработващата машина и използваната за установяване на обработвания детайл инструментална екипировка;
- При използване на различни модели на движение за снемане на материал от детайла, разликата във времето необходимо за обработване може да варира с до 50%.

Отчитайки факта, че основната част от времето, необходимо за изработване на един формообразуващ инструмент, се изразходва за обработването на сложните 3D повърхнини, които формират формата и размерите на произвежданите с тях детайли, въпросът за

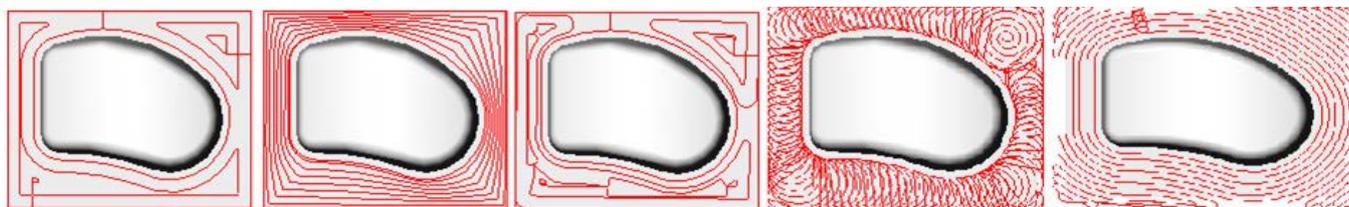
извършваните от РИ движения при снемане на материала от заготовката е особено важен.

III. ГЕНЕРИРАНЕ ТРАЕКТОРИЯТА НА РЕЖЕЩИТЕ ИНСТРУМЕНТИ ПРИ ОБРАБОТВАНЕТО НА СЛОЖНИТЕ 3D ПОВЪРХНИНИ

Анализирайки възможностите, които съвременните САМ системи предоставят на потребителите [4, 5, 6], при обработване на сложни 3D повърхнини са възможни следните случаи:



Фиг.2 Движение на РИ по офсетови криви



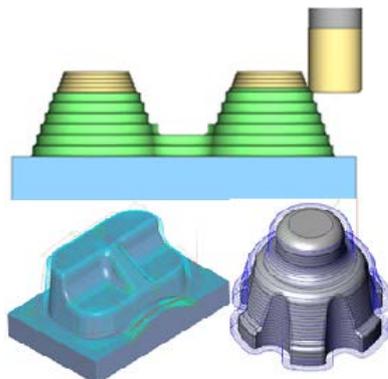
Фиг.3 Движение на РИ по избрана от потребителя крива

- движение на РИ, по офсетови криви описващи сечението на обработваната 3D повърхнина с равнини успоредни на равнината XY Фиг.2.
- движение на РИ по криви с избрана от потребителя форма Фиг.3

Б. Чиста обработка при 3 основно обработване

Чистата обработка има за цел да отстрани останената след грубата обработка прибавка и да осигури желаната форма и размери на обработваната повърхнина. Възможни са следните случаи:

- движение на РИ, по офсетови криви описващи сечението на обработваната 3D повърхнина с равнини успоредни на равнината XY, аналогично на грубата обработка Фиг.4;



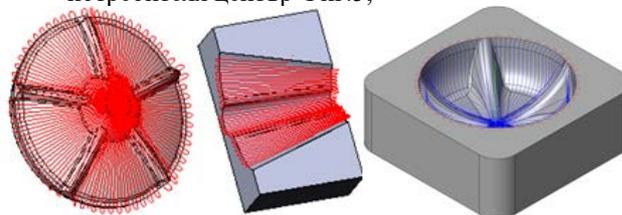
Фиг.4 Движение на РИ по офсетови криви

А. Груба обработка при 3 основно обработване

Грубата обработка, има за цел да отстрани основната част от материала на заготовката и да осигури относително равномерна прибавка за чистовата обработка на повърхнината. Тя обикновено се извършва чрез движение на РИ, в равнини успоредни на равнината XY и периодичното му подаване по ос Z.

При това са възможни следните случаи:

- радиални движения на РИ, относно дефиниран от потребителя център Фиг.5;



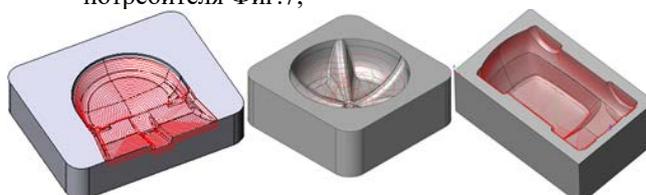
Фиг.5 Радиални движения на РИ

- движения на РИ по спирала около обработваната повърхнина Фиг.6;



Фиг.6 Спирални движения на РИ

- движения на РИ по концентрични офсетови криви, формата на които може да се дефинира от потребителя Фиг.7;



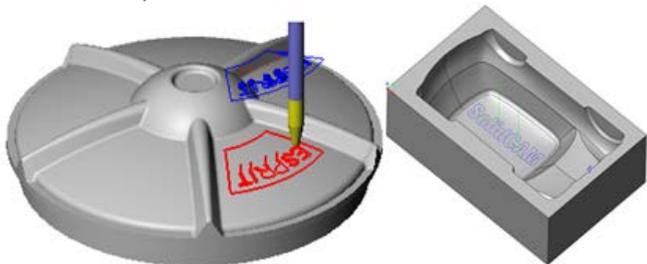
Фиг.7 Движения на РИ по концентрични офсетови криви

- движенията на РИ са върху обработваната повърхнина са ограничени от дефинирани от потребителя граници Фиг.8;



Фиг.8 Ограничаване на движенията на РИ по обработваната повърхнина

- движенията на РИ се контролират от криви проектирани върху обработваната повърхнина Фиг.9;

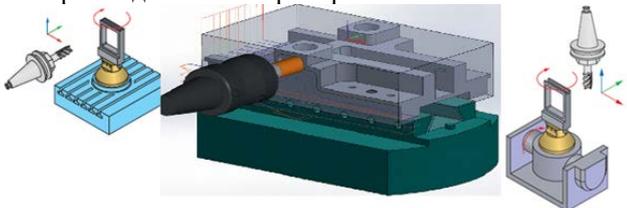


Фиг.9 Контролиране на движенията на РИ по обработваната повърхнина

В. Обработване по над 3 оси

За реализиране на разгледаните по-горе стратегии, са необходими 3 оси CNC машини. При наличие на допълнителни цифрово управлявани оси в обработващите машини, е възможно и използване на някои от следните стратегии:

- индексирани по допълнителните оси (3+2 осно), Фиг.10. Позволява препозициониране на детайла по една или две допълнителни оси, което осигурява достъп на РИ до различни повърхнини на обработвания детайл. След препозиционирането е възможно използване на разгледаните по-горе стратегии.



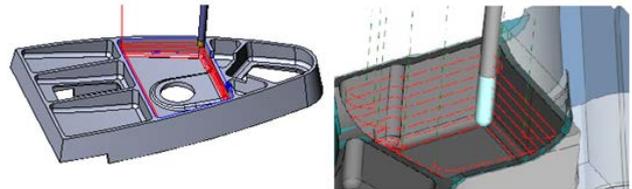
Фиг.10 3+2 обработване

- едновременно обработване по над 3 оси (пълно 5 осно). В този случай е възможно използването на допълнителни стратегии за снемане на материал от заготовката. Към тези стратегии спадат:
 - 5 осно фрезозане с контрол на оста на РИ Фиг.11. Позволява обработване на сложни 3D повърхнини, с възможност потребителя да контролира ориентацията на оста на РИ по време на обработването, което осигурява достъп до повърхнини с различна ориентация в пространството.



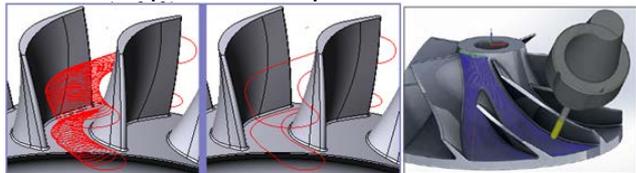
Фиг.11 5 осно фрезозане с контрол на оста на РИ

- 5 осно фрезозане с ръба на РИ Фиг.12. Ориентацията на оста на РИ се определя автоматично, въз основа на два профила зададени от потребителя.



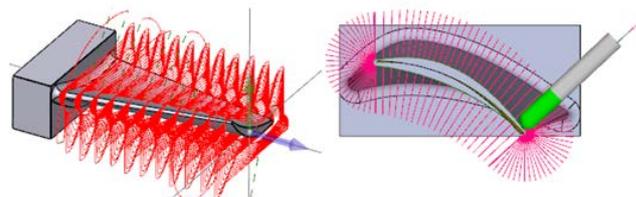
Фиг.12 5 осно фрезозане с ръба на РИ

- 5 осно канално фрезозане Фиг.13. Ориентацията на оста на РИ се контролира автоматично спрямо две зададени от потребителя повърхнини.



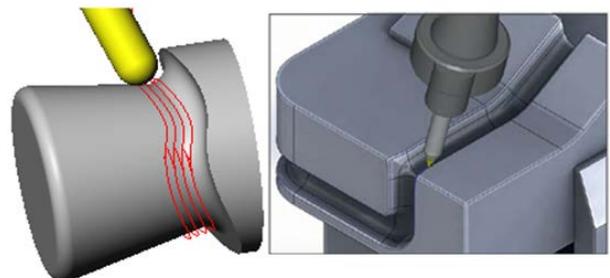
Фиг.13 5 осно канално фрезозане

- 5 осно спирално фрезозане Фиг.14. При грубото фрезозане оста на РИ има постоянна ориентация, което осигурява по-голяма стабилност. При чистата обработка автоматичния контрол на оста на РИ, осигурява непрекъснатия му контакт с детайла.



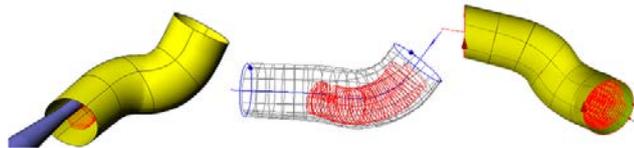
Фиг.14 5 осно спирално фрезозане

- 5 осно контурно фрезозане Фиг.15. Оста на РИ остава нормална на обработваната повърхнина при движението му по определен контур върху нея.



Фиг.15 5 осно контурно фрезозане

- 5 основно фрезозане на отвори Фиг.16. Позволява фрезозане на отвори, чиито оси са 3D криви.



Фиг.16 5 основно фрезозане на отвори

Г. Високо скоростно обработване

При съставяне на УП за CNC машини, на които е възможно високо скоростно обработване High Speed Machining (HSM), съвременните САМ системи предлагат възможност за използване на допълнителна опция, за този тип обработване, която осигурява:

- плавни и непрекъснати движения на РИ, с избягване на остри ъгли в траекторията;
- осигуряване на постоянен контакт между РИ и детайла, гарантиращ равномерното му натоварване;
- използване на спираловидни движения, намаляващи времето за подвеждане и отвеждане на РИ.

Прилагането на някои от разгледаните стратегии, може да изисква използване на определен тип РИ, за което САМ системите обикновено извеждат към потребителите съответните съобщения.

IV. ИЗБОР НА ПОДХОДЯЩА СТРАТЕГИЯ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА СЛОЖНИ 3D ПОВЪРХНИНИ

Многообразието на разгледаните по-горе стратегии за генериране на пътя на РИ, при обработване на сложни 3D повърхнини, с използване на САМ системи, поставя въпроса за избора на подходящата за конкретна обработка.

За избор на подходяща технологична стратегия за изработване на формообразуващи инструменти с използване на САМ системи предлагаме следният подход:

1. Анализ на възможностите на CNC машината

Възможностите на CNC машината, върху която ще се извършва обработването, определят коя група от разгледаните по-горе стратегии може да бъде използвана, а именно:

- стратегии за 3 основно обработване;
- стратегии за 3+2 основно обработване;
- стратегии за пълно 5 основно обработване;
- използване на HSM.

2. Анализ на използваните режещи инструменти

Ограничаването на избора на използваните при обработването режещи инструменти, може да доведе до невъзможност за прилагане на избрана стратегия. Това изисква предварително въвеждане на информация за

възможните за използване режещи инструменти в САМ системата.

3. Анализ на конструкцията на обработвания детайл

Конструкцията на обработвания детайл е основният критерий за избор на подходяща стратегия.

На този етап трябва задължително да се отчете формата и размерите на заготовката, от която детайлът ще се изработва. В зависимост от типът на заготовката са възможни следните случаи:

- Формата и размерите на заготовката са близки до тези на обработвания детайл - в тази група попадат заготовки като отливки, изковки и щамповки, при които необходимите за снемане прибавки са равномерни (в известни граници), спрямо обработваните повърхнини. В този случай могат да се използват директно стратегиите за чистова обработка, със съответните настойки.
- Формата и размерите на заготовката се различават значително от тези на обработвания детайл - в тази група попадат заготовки от прокат с определени размери, при които необходимите за снемане прибавки са неравномерни (в широки граници), спрямо обработваните повърхнини. В този случай използването на стратегии за груба обработка е задължително, тъй като те трябва да осигурят равномерна прибавка за последващата чистова обработка.

Анализът на обработвания детайл, трябва да опрели типът на фичерите включени в неговата конструкция, тъй като различните фичери, позволяват използването на различни по тип стратегии за тяхното обработване. При изработване на формообразуващи инструменти с използване на САМ системи, е необходимо да се разграничи обработването на сложните 3D повърхнини, от обработването на характерните („стандартни“) фичери, като отвори, канали джобове и др., за които се използват различни типове стратегии. Целта на това разделение е да се намали до минимум обема на материалът от заготовката, който да остане за снемане при обработката на сложните 3D повърхнини.

При избора на стратегия за обработването на сложните 3D повърхнини в конструкцията на формообразуващите инструменти, трябва да се отчита тяхната ориентация и разположение в пространството. При това обработването на една повърхнина, в зависимост от нейната сложност, може да изисква използването на няколко различни стратегии.

Използването на различни стратегии за обработването на една 3D повърхнина, е свързано с нейната чистова обработка, тъй като извършената преди това груба обработка е осигурила равномерността на необходимата за снемане прибавка.

С цел осигуряване на необходимото качество, на обработваната 3D повърхнина, е възможно използването на няколко различни стратегии за нейната чистова обработка. Тези стратегии трябва да осигурят различни

траектории на движение на режещите инструменти, с цел получаване на максимално гладка повърхност.

4. Оптимизиране на избора на стратегия

След избор на стратегии осигуряващи обработването на конкретния детайл, чрез симулиране, може да се определи, необходимото за целта време. Това време трябва да се използва, като критерии за оптимизиране на обработването.

При оптимизирането трябва да се търси намаляване на времето за обработване, чрез промяна на някои от вече избраните технологични стратегии.

V. ПОЛУЧЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Анализирани са възможностите, които, съвременните САМ системи, предоставят на потребителите за генериране траекторията на РИ при обработването на формообразуващи инструменти.

Предложен е подход за избор на подходяща стратегия за обработване на сложни 3D повърхнини.

Изводи

Съвременните САМ системи, предлагат на потребителите, стратегии за обработване на сложни 3D повърхнини, които могат максимално да се съобразят, с използваните обработващи CNC машини и сложността на изработваните детайли.

Направеният обзор, на предлаганите от различни САМ системи стратегии за обработване, може да се използва като база, при избор на подходяща за решаването на конкретна задача САМ система.

Предложеният подход, подпомага потребителите на САМ системи, при избор на подходящи стратегии за обработване на формообразуващи инструменти.

БЛАГОДАРНОСТИ

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата статия са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ - София – 2020, **Договор №201ПД0004-06**.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Д. Панайотов Анализ на съществуващите решения, за изработване на формообразуващи инструменти, „Българско списание за инженерно проектиране“, брой №37, октомври 2018 г., ISSN 1313-7530, стр. 63-69
- [2] Д. Панайотов, Обзор и анализ на възможностите на предлаганите на пазара САМ системи, Научни известия на НТС по Машиностроене, година XXVI, бр. 3(224), юни 2018 г., ISSN-1310-3946, (335-341), 2018
- [3] Николов Ст., Технологични стратегии за фрезови операции използвани в съвременните САМ системи, Научни известия на НТС по Машиностроене, година XXII, бр. 4(153), юни 2014 г., ISSN-1310-3946, (540-546)
- [4] SolidCAM 2019, iMachining 3D, www.solidcam.com
- [5] ESPRIT 2019, www.espritcham.com
- [6] SolidWorksCAM 2019, www.solidworks.com/product/solidworks-cam

SELECTION OF AN APPROPRIATE TECHNOLOGICAL STRATEGY FOR THE MACHINING OF MOLD TOOLS USING CAM SYSTEMS

Stiliyan Nikolov, DimitarPanayotov

Abstract: The article discusses the various technological strategies for machining complex 3D surfaces provided to users by modern CAM systems. An approach for selection of an appropriate technological strategy for the machining of mold tools using CAM systems is proposed.

Keywords: CAM systems, technological strategies, 3D surfaces, mold tools, CNC machines

ВАЛИДАЦИЯ НА ФУНКЦИОНАЛНОСТТА И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗА ИЗНОСВАНЕ НА ХАРАКТЕРНИ ПОВЪРХНИНИ ОТ ФОРМООБРАЗУВАЩИ ИНСТРУМЕНТИ

Тодор Гаврилов
Лаб. "CAD/CAM/CAE в индустрията, МТФ, ТУ-София;
Лаб. „3D креативност и бързо прототипиране, СНИРД,
София ТехПарк
София, България
e-mail: Todor.gavrilov@gmail.com

Явор Софронов
Лаб. "CAD/CAM/CAE в индустрията, МТФ, ТУ-София;
Лаб. „3D креативност и бързо прототипиране, СНИРД,
София ТехПарк
София, България
e-mail: Ysofronov@tu-sofia.bg

Резюме: Фокусът на настоящия доклад е създаването на методология за валидация на функционалността и идентификация за износване на характерни повърхнини от формообразуващи инструменти. При разработената методология са използвани най-модерни технологии – 3D сканиране, измерване, чрез мултисензорна измервателна машина, лазерно наваряване, както и специализирани софтуерни пакети. Чрез създаването на подобна методология, се цели и внедряването на услуга за възстановяване на работоспособността и модифициране на формообразуващи инструменти.

Ключови думи: *формообразуващи инструменти, валидация, идентификация, 3D сканиране*

I. Увод

Формообразуващите инструменти са предназначени за производство на хиляди бройки от даден детайл. Високите работни температури и производствени цикли водят до износване в инструмента, а от там и до производство на негодни детайли. Тъй като производството на формообразуващ инструмент е скъп и времеемък процес е от изключителна важност, при поява на износване, животът на инструмента да бъде удължен.

Един от начините да постигем това е при проектирането и производството на инструмента да се направи по-голяма инвестиция – например изследванията показват, че при зададени едни и същи параметри, геометрията на охлаждащите канали е способна значително да ограничи възникването на дефекти и нежелани деформации [1]. Подобна оптимизация е възможна благодарение на виртуалните 3D модели, които позволяват да се види в детайли топлообменния процес и да се стигне до по-добро решение за охлаждаща система. [2]. Прототипирането на изделието, преди създаване на инструмент за серийно производство от своя страна пък спестяват корекции в инструмента, поради изчестен дизайн. Прототипирането на детайли от пластмаса) като тела, ръкохватки и др. се изпълняват предимно чрез технологиите за бързо прототипиране (Rapid Prototyping) [3], което улеснява значително процеса.

Настоящият доклад има за цел да опише авторска методология за валидация на функционалността и идентификация на износване на характерни повърхнини от формообразуващи инструменти, възможности за възстановяване на работоспособността и модифициране.

При разработването на методологията е включено използването на най-модерни технологии и системи и обработване на данните със специализирани софтуери, като съвкупността от използването им дава по-акуратна преценка за състоянието на инструмента при диагностика и гарантира най-висока прецизност при ремонтни дейности, което рефлектира и върху качеството на произведените след това детайли.

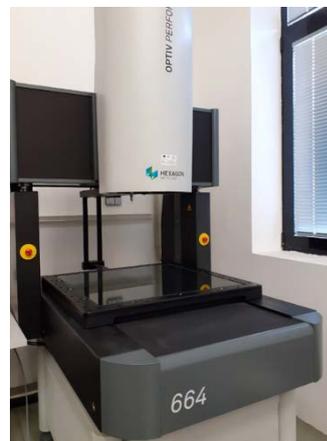
Разработването на методологията е породено от нуждата на пазара от услуга за възстановяване на работоспособността, както и за модифициране на формообразуващи инструменти при необходимост от корекции.

II. ИЗПОЛЗВАНА АПАРАТУРА

При създаването на методологията е използвано най-съвременно оборудване налично в лаборатория „Бързо прототипиране и 3D креативност“ на СНИРД. Тази апаратура е разгледана по-подробно в следващите редове.

A. Мултисензорната система Optiv Performance 664V

Мултисензорната система Optiv Performance 664V (фигура 1) позволява контактно измерване на повърхнини посредством набор от тактилни накрайници, безконтактно измерване на ръбовете на шприцформата посредством визуална инспекция с увеличение x5 и x10 пъти, както безконтактно измерване на повърхнини посредством лазерно сканиране с постижима след калибрация точност от ± 0.001 мм.



Фиг. 1. Мултисензорната система Optiv Performance 664V

В. 3D скенер Romer absolute arm 7320 SI

3D скенерите дават възможност за бързо пренасяне на физически обект със сложна форма в дигитална среда под формата на облак от точки. Събраните данни могат да бъдат използвани за моделиране на виртуален 3D модел. Те осигуряват всички цели на метрологията за множество приложения като 3D дигитализация, 3D моделиране, инспекция на облака на точки, обратна инженерия, бързо прототипиране и други приложения за лазерни скенери.[4]

При разработването на методологията са използвани възможностите на портативна измервателна система Romer absolute arm 7320 SI (фигура 2), където в рамките на 5 минути могат да бъдат снети множество от точки с висока гъстота, с точност след калибрация ± 0.030 мм, където благодарение на голямото количество информация може да се анализират преходи на сложни повърхности. Същата информация се използва и за целите на 3D сканиране и валидиране при създаване на 3D модели на инструменти без документация за оценка на възможностите за модифицирането им.



Фиг. 2. 3D скенер Romer absolute arm 7320 SI

С. Преносими уред за измерване на грапавост на повърхнини RugoSurf20

Грапавостта на металните повърхности влияе върху коефициента на триене между съвместно работещите части, върху скоростта на работа, здравината на частите и всички останали експлоатационни параметри [5, 6]. В случая е използван дигитален уред за измерване на грапавост на повърхнини RugoSurf 20.

Д. Преносим уред за измерване на твърдост на материал DyanRock II

С навлизането на преносимите уреди за измерване на твърдост в практиката все по-популярни стават динамичните изпитания, при които приложената върху образца сила достига максималната си стойност моментално. Точността на резултата в случаите на динамично измерване зависи от съотношението между големината на приложения върху изследваната

повърхност товар и теглото на образца [7]. При образци с големи размери, каквито са в общия случай шприцформите се постига измерване с голяма точност. Използваният уред за измерване на твърдостта, при разработване на методологията е DyanRock II.

Е. Хибридна система DMG-Mori Lasertec 65 3D

Методологията предвижда също така и използването на хибридната система DMG-Mori Lasertec 65 3D (фигура 3) при идентификация на износване, която налага ремонт на шприцформата. Хибридната машина Lasertec 65 3D, произведена от германо-японската компания DMG Mori, представлява 5-осен обработващ център в стабилно моноблок тяло, което дава възможност за обработване, чрез отнемане на материал и лазерна глава за наваряване, чрез която се изграждат метални структури при работа в същата работна зона. Това е особено полезно за голямогабаритни детайли, изработката на които е времеемка и скъпа. При наличието на хибридна технология, която позволява добавяне и отнемане на материал, процесът по ремонт на подобни детайли се извършва на една установка, което води до висока точност на обработка на ремонтирания участък [8].



Фиг. 3. Хибридна система DMG-Mori Lasertec 65 3D

Ф. Специализирани Софтуерни пакети

Използвани са също така и набор от специализирани софтуерни пакети за 3D сканиране и 3D моделиране, включително софтуерния пакет за Reverse Engineering Geomagic Suite, софтуер за сканиране и обработка на облаци от точки 3D Reshaper, софтуер за параметрично моделиране PTC Creo и специализиран софтуер за генериране на управляващи програми при работа със системата Optiv Performance 664V.

III. МЕТОДОЛОГИЯ ЗА ВАЛИДАЦИЯ НА ФУНКЦИОНАЛНОСТТА И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗА ИЗНОСВАНЕ НА ХАРАКТЕРНИ ПОВЪРХНИНИ ОТ ФОРМООБРАЗУВАЩИ ИНСТРУМЕНТИ

При разработването на методологията е следвана логичната последователност на процедурите по инспекция на функционалността и износванията на

характерни повърхнини от формообразуващи инструменти. Предвидено е използването на най-модерни технологии и системи и обработване на данните със специализирани софтуери, съвкупността от използването им, гарантира постигането на най-висока точност и прецизност.

Цикълът от измервания и валидация на функционалността и идентификация за износване на характерни повърхнини от формообразуващи инструменти, стартира, когато биват констатирани отклонения в регулярно провеждани измервания на извадки от производството на серии от даден детайл. Такива отклонения, които имат устойчив характер, индикират за възможно компрометиране на формообразуващия инструмент, вследствие от износване, удар или др. Предвид стойността на отклоненията, съпоставени с толерансите на размерите, се преценява дали да се пристъпи към инспекция на инструмента.

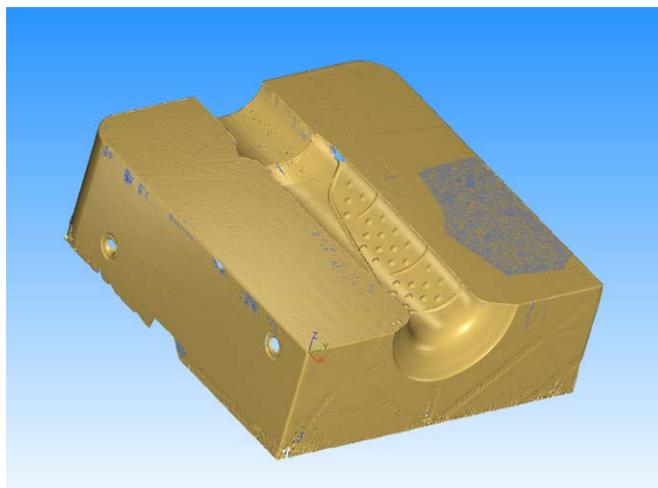
За да се установи, дали проблемът е породен от промяна в геометрията на формообразуващия инструмент, той бива подложен на процедури на валидация, започващи с разглобяване му и основно почистване на компонентите – матрица, поансон, вложки – от замърсявания от всякакъв характер. Това е необходимо, както за да се извърши първоначалната визуална инспекция, така и за последващото провеждане на измервания и постигането на адекватни резултати.

При първоначалната визуална инспекция се правят първоначални изводи за състоянието на инструмента и отделните му компоненти, като именно при тази инспекция се избират кои от компонентите, да бъдат подложени на последващи прецизни измервания и анализи.

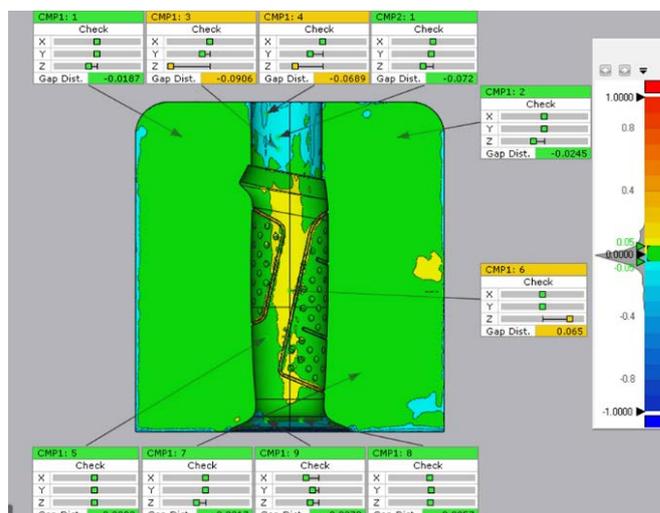
Следващия етап от методологията е свързан с подлагането на формообразуващия детайл на безконтактно 3D сканиране, посредством системата Romer absolute arm 7320 SI като получената информация в суров вид, представлява облак от много голям брой точки, снето от повърхнините на инструмента. Тази информация се обработва и почиства от шумове и се използва за изграждането на повърхнинен дигитален модел във файлов формат STL – фигура 4. Този файл се използва за анализ на отклоненията, спрямо номиналите, на база на съпоставка с 3D модела на формообразуващия инструмент – фигура 5. Тези резултати ни служат, като ориентир относно повърхнините, за които да бъде съсредоточено измерване, проведено, посредством система за контактното измерване, с цел валидация на получените резултати за отклонения, както и определянето им с по-голяма точност.

Преди пристъпване към измерване на инструмента тактилно, идентифицираните повърхнини с най-големи отклонения се подлагат на изследване на грапаостта, с цел получаване на профилограма на повърхнините – фигура 6. Това може да стане, чрез дигиталния уред за измерване на грапаост на повърхнини RugoSurf 20.

Резултатите от това изследване се използват при избора на вида и размера на тактилния накрайник за контактното измерване.



Фиг. 4. Сканиран модел на формообразуващ инструмент

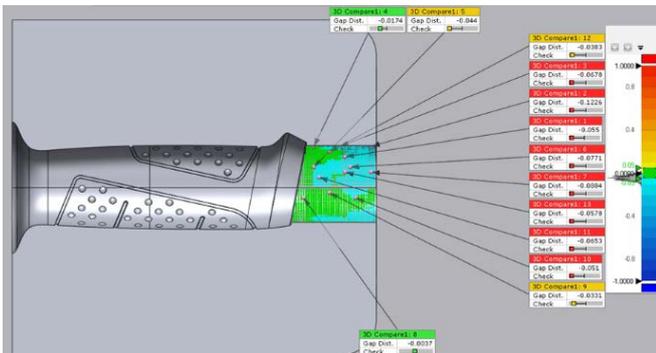


Фиг. 5. Съпоставка на сканиран модел спрямо номиналния 3D модел на формообразуващ инструмент



Фиг. 6. Измерване на грапаост на повърхнини от формообразуващ инструмент

За да се завърши цикъла по валидиране на геометрията на инструмента, се извършва контактно измерване, приоритетно на идентифицираните повърхнини с определяна степен на износване, посредством тактилни накрайници. Най-подходящо оборудване за провеждане на подобно измерване са координатно-измервателните машини, като мултисензорната система Optiv Performance 664V. Формообразувачия инструмент се поставя и осигурява стабилно в работната зона на системата и се измерва по предварително генерирано NC управляваща програма по 3D модела. Измерването представлява снемане на голям набор от точки на малко разстояние, за максимално подробно описване на сложните повърхнини и постигане на най-точни резултати – фигура 7.



Фиг. 7. Обработени данни от контактно измерване, чрез системата Optiv Performance 664V

След извършването на всички измервания на геометрията на формообразувачия инструмент, той бива подложен на измерване на твърдостта на повърхнини от формообразувачия инструмент – фигура 8. Подходящ уред за провеждане на измерването на твърдостта на различни метали и сплави DuynRock II. Резултатите от измерванията дават индикация, ако термичната обработка се е повлияла при работата на формообразувачия инструмент.

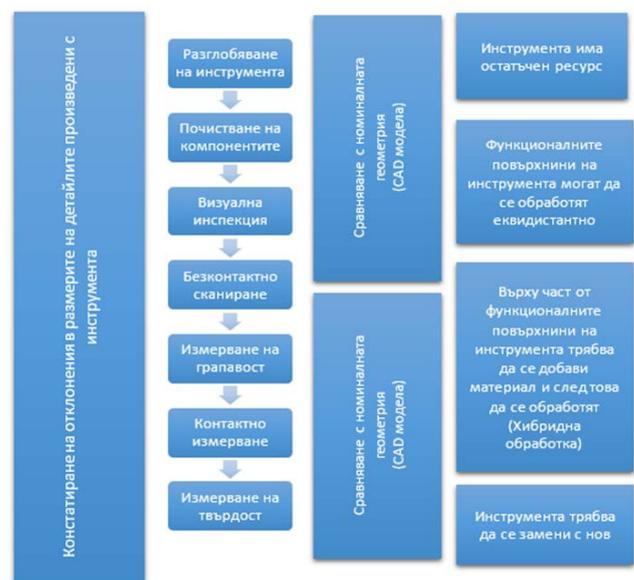


Фиг. 8. Измерване на твърдост на повърхнини от формообразувач инструмент

След обстоен анализ на получената информация и обработка на данните, с помощта на различни софтуери, се поставя цялостна оценка за състоянието на формообразувачия инструмент:

- Формообразувачия инструмент има остатъчен ресурс и причината отклоненията в размерите на получените детайли следва да бъдат коригирани от параметрите на процеса.
- Установено е износване на повърхнини от формообразувачия инструмент над допустимото и те са такива, че оказват непосредствено влияние върху размерите и качеството на повърхнините на получените детайли. Износванията са в степен, такава че функционалните повърхнини на инструмента могат да се обработят еквилидистантно, което ще доведе до възстановяване на пълната му функционалност
- Установени са големи разминавания в геометрията на инструмента, спрямо 3D модела. Инструментът е компрометиран неравномерни и има дълбоки следи от износване или удар и/или отчупени елементи. В такъв случай формообразувачия инструмент бива подложен на ремонтни дейности, посредством хибридна технология, използваща система за добавяне на материал за реконструиране на компрометираните повърхнини и последваща прецизна обработка, чрез отнемане на материал, за пресъздаване в най-голяма степен на оригиналната геометрия на инструмента.
- Състоянието на формообразувачия инструмент е влошено до степен на неремонтопригодност или нерентабилност на ремонтния процес. Инструментът трябва да бъде заменен с нов

На фигура 9 е показана блок диаграма на методологията и нейната последователност.



Фиг. 9. Методология за валидация на функционалността и идентификация за износване на характерни повърхнини от формообразувачи инструменти

IV. Изводи

Разработена е методология, използваща най-модерни технологии за диагностика и ремонт на формообразуващи инструменти, което гарантира бързата и акуратна преценка за състоянието на инструмента, като с помощта на различни софтуери, се поставя цялостна оценка за работоспособността му. Съгласно получените резултати са оформени 4 основни варианта за работата на инструмента. При нужда от ремонтни дейности е предвидено използване на хибридна система за отнемане и добавяне на материал в една и съща работна зона, което гарантира най-висока прецизност при възстановяването на геометрията на инструмента.

В резултат на разработването на методологията от лаб. „Бързо прототипиране и 3D креативност“ се формулира нова услуга, която предстои да бъде предложена на компаниите в България и чужбина, занимаващи се с производство на пластмасови детайли и формообразуващи инструменти, включваща дейности по валидация на функционалността на формообразуващи инструменти (метрика, отклонения от формата, взаимното разположение), и идентификация за степента на износване. На база на валидацията при идентифициране на отклонения, по-големи от допустимите, с наличната техника и технологии в лабораторията предстои разработване на следваща нова услуга за възстановяване на работоспособността, както и за модифициране на формообразуващи инструменти при необходимост от корекции.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящите изследвания са финансирани по научен проект в помощ на докторант с договор №:202ПД0020-05 от НИС при ТУ-София.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Георги Тодоров, Цвета Караянчева, Тодор Тодоров, Борислав Романов, Възможности За Моделиране На Конформна Охладителна Система На Шприц Форми, Изградена С Адитивна Технология, сп. Машиностроене и Електротехника 10/2017, стр. 158
- [2] Todorov G, Y. Lai, K. Kamberov, V. Peykov, Y. Dai, Virtual prototypes verification through Rapid Prototyping and Experimental Studies, International Conference "ROBOTICS, AUTOMATION AND MECHATRONICS" 11 RAM 2011, October 2011, Sofia, pp. a-1-a-4.
- [3] Kamberov, K., Semkov, M., Zlatev, B. Design considerations through study of thermal behaviour of smart poles. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST, Volume 283, 2019, Pages 327-338
- [4] M. A.-B. Ebrahim, "3D Laser Scanner's Techniques Overview," International Journal of Science and Research (IJSR).
- [5] Димитров Д. Взаимозаменяемост и технически измервания., С., ДИ-Техника, 1977, 395с.
- [6] Тотева П. Ръководство за лабораторни упражнения по взаимозаменяемост и технически измервания., ТУ-Варна, 2010.
- [7] Сп. Инженеринг ревю - брой 9, 2013, стр. 50
- [8] U. De Oliveira, V. Ocelik, J. Th. M. De Hosson, Analysis Of Coaxial Laser Cladding Processing Conditions, Surface And Coatings Technology 197 (2005) 127-136

VALIDATION OF THE FUNCTIONALITY OF MOLD TOOLS AND IDENTIFICATION OF SPECIFIC SURFACES WEARING

Todor Gavrilov, Yavor Sofronov

Abstract: The main purpose of the current report is to consider the development of new methodology for validation of the functionality of mold tools and identification of specific surfaces wearing. The developed methodology includes the usage of most modern technologies - 3D scanning, measuring by using multi sensor measuring machine, laser deposition, as well as specialized software packages. The goal of creating such a methodology is to implement a service for restoring the functionality and modifying mold tools.

АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НА БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ С ПРИЛОЖЕНИЕ В ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ОПАЗВАНЕ НА КУЛТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОТО НАСЛЕДСТВО

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

Николай Стоименов
ИИКТ-БАН
София, България
e-mail: nikistoimenow@gmail.com

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

Резюме: В настоящата статия е разгледан процесът на фотограметрия. Направен е анализ и систематизация на безпилотни летателни апарати с цел използването им за цифровизация на обекти от културно-историческото наследство. Разгледани са софтуерни продукти, позволяващи създаване на 3D модели от снимкови и видео файлове. Разгледани са приложенията при използването на фотограметрия. Направен е опит за 3D цифровизация на обект.

Ключови думи: дрон, фотограметрия, програмни продукти, софтуер, цифровизация.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

През последните десетилетия на 20-ти век са положени значителни усилия за възможно най-голяма автоматизация на работния процес, за да се намали тежестта на анализа. Но не до появата на дигиталната фотограметрия в началото на 90-те години. Въпреки това техниката остава силно специализирана и скъпа, както по отношение на време, така и по отношение на хардуер. От използването на изображения за измерване на 3D характеристики, все повече софтуерни продукти имат голям успех в много области на приложение, включително документация и анализ на културно-историческото наследство. Те предлагат възможност за бърза и автоматична обработка и задоволителна точност на резултатите. За изследователи или професионални актьори, работещи с геоматика, стратегическата тема е да се знае кога и как да се предпочете софтуер, базиран на фотограметрия, или техника за компютърно виждане. Във всички отрасли на културно-историческото наследство (подвижни музейни предмети, архитектура, археологически обекти, паметници на културата и др.) 3D технологията е съществена подкрепа за редица дейности: документацията на обекта, различните видове анализ (статистически анализ, исторически реконструкции), комуникацията, популяризирането на обектите и други.

Фотограметрията е процес на измерване на характеристики чрез анализ на припокриващи се снимки и е фундаментално базиран на тригонометрията. Още през 1850-та година един инспектор от френската армия, Aimé Laussedat, осъзнава, че когато са известни оптичните характеристики на камерата, могат да се сравнят множество изображения, направени с тази камера от различни ъгли, за да се получат точни

измервания на относителните размери на заснемания обект [1, 2, 3].

Целта на настоящата статия е да се анализират и систематизират безпилотни летателни апарати с приложение в цифровизацията и опазване на културно-историческото наследство.

II. АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НА БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ

Пазарът на радио управляеми безпилотни летателни апарати (дронове) е пренаситен с редица високотехнологични продукти. Голямото разнообразие прави трудно отсяването на подходящи дронове, имащи специфични нужди за фотограметрия. Направен е сравнителен анализ на основните модели, предлагани на българският пазар - от производители като DJI, Parrot и Yuneec. При заснемането на обекти от културно-исторически обекти и фотограметрия са от особено значение фактори като: време на летене, камера, дистанция и други [4-5].

При цифровизация на паметници от културно-историческото наследство се изискват множество летателни часове, поради големите им размери. Данните, които дават производителите са в оптимални условия при определени режими, височини, вятър, скорост, влажност и други. Времето на летене за един цикъл на батерия е показано в таблица 1 [4-6].

ТАБЛИЦА 1 ВРЕМЕ ЗА ЛЕТЕНЕ.

| Марка - модел | Максимално летателно време (минути – min.) |
|--------------------------|--|
| DJI - Phantom 3 Pro | 23 |
| DJI - Phantom 4 Advanced | 30 |
| DJI - Phantom 4 Pro | 30 |
| DJI - Inspire 1 Pro | 15 |
| DJI - Inspire 2 | 27 |
| DJI - Spark | 16 |
| DJI - Mavic Pro | 27 |
| DJI - Mavic Air | 21 |
| Parrot - Bebop 2 Power | 30 |
| Yuneec - Breeze | 12 |
| Yuneec - Typhoon H Pro | 22 |
| Yuneec - H920 Plus | 24 |
| Yuneec - H520 | 28 |

От разгледаните модели в таблица 1 с най-дълъг период от летателно време са DJI Phantom 4 Advanced и

4 Pro. Разликата между двата модела е в дистанционното управление на дрона.

Вторият фактор за целите на фотограмметрията е камерата. Поради тази причина е целесъобразно да се обърне особено внимание на показателите при камерите на дроновете. Мегапикселите (MP) са важни за качеството, особено за детайлите. Колкото повече пиксели предлага една камера, толкова по-отчетливи и по-ясни изображения е способна да генерира. Повечините решения са около 12 MP, докато по-мощните модели могат да достигнат до 20 MP. От видео файлове също могат да бъдат извадени отделни кадри. Някои могат да се снимат само с 1080p (разделителна способност) видео. Освен това, колкото по-висока е честотата на кадрите, толкова по-добро е цялостното качество на видеоклипа. В таблица 2 е направена систематизация на предлаганите камери при гореизброените марки [4-5].

ТАБЛИЦА 2 СИСТЕМАТИЗАЦИЯ КАМЕРИ НА ДРОНОВЕ

| Марка - модел | Мега-пиксели (MP) | Кадри в секунда при максимална резолюция (fps) |
|--------------------------|-------------------|--|
| DJI - Phantom 3 Pro | 12 | 30fps при 4K |
| DJI - Phantom 4 Advanced | 20 | 60fps при 4K |
| DJI - Phantom 4 Pro | 20 | 60fps при 4K |
| DJI - Inspire 1 Pro | 16 | 60fps при 4K |
| DJI - Inspire 2 | 20 | 60fps при 4K |
| DJI - Spark | 12 | 30fps при 1080p |
| DJI - Mavic Pro | 12 | 30fps при 4K |
| DJI - Mavic Air | 12 | 30fps при 4K |
| Parrot - Bebop 2 Power | 14 | 30fps при 1080p |
| Yuneec - Breeze | 16 | 30fps при 4K |
| Yuneec - Typhoon H Pro | 12 | 30fps при 4K |
| Yuneec - H920 Plus | 16 | 30fps при 4K |
| Yuneec - H520 | 20 | 60fps при 4K |

От изброените в таблица 2 се вижда, че марката DJI с модели Phantom 4 Advanced, 4 Pro, Inspire 2, и Yuneec - H520 предлагат задоволителни камери в своя клас.

Когато се говори за дистанция при дронове, се подразбира максималното разстояние, на което един безпилотен апарат може да отдалечи от своя контролер, преди връзката да прекъсне. Предоставените от производителите разстояния са максимално допустимите. Смушения, сгради, ландшафт и др. могат значително да намалят този диапазон [4-5].

От разгледаните модели в таблиците, най-дългите разстояния за полети са от дроновете на DJI. Дължи се на това, че те използват технологията LightBridge на

DJI, която дава по-голям обхват от традиционната Wi-Fi връзка.

ТАБЛИЦА 3. ЛЕТАТЕЛНО РАЗСТОЯНИЕ

| Марка - модел | Максимално разстояние (km) |
|--------------------------|----------------------------|
| DJI - Phantom 3 Pro | 5 |
| DJI - Phantom 4 Advanced | 7 |
| DJI - Phantom 4 Pro | 7 |
| DJI - Inspire 1 Pro | 5 |
| DJI - Inspire 2 | 7 |
| DJI - Spark | 2 |
| DJI - Mavic Pro | 7 |
| DJI - Mavic Air | 4 |
| Parrot - Bebop 2 Power | 2 |
| Yuneec - Breeze | 0.16 |
| Yuneec - Typhoon H Pro | 1 |
| Yuneec - H920 Plus | 1 |
| Yuneec - H520 | 1 |

Други показатели при дроновете са максимална скорост (DJI развиват най-голяма скорост от 93 km/h при Inspire 2 и 72 km/h при Phantom 4), тегло, заобикаляне на препятствия и др. [4-5].

От особено важно значение е спазването на регулации и правила за летене с безпилотни летателни апарати.

Основните правила са:

- Височина на летене;
- Да бъде на видимо разстояние;
- Никога да не се лети в близост до други самолети, особено в близост до летища;
- Никога да не се прелита над групи хора;
- Никога да не се прелита над стадиони или спортни събития;
- Никога да не се лети близо до аварийните действия, например пожари;
- Яснота с изискванията на въздушното пространство.

III. АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НА СОФТУЕРНИ РЕШЕНИЯ ЗА ФОТОМЕТРИЯ

Фотограмметрията е находчив съвременен метод за 3D сканиране. Позволява заснемане на големи обекти като сгради и паметници на културата, забележителности от културно-историческото наследство или дори планински масиви, които не би могло да се сканират с други познати методи и техники за 3D сканиране. Освен това фотограмметрията е изключително достъпна, тъй като основното и най-важно оборудване е камера. Следващата стъпка е необходимостта от софтуер за фотограмметрия, за да се реконструира 3D модел на обекта, който е заснет [7].

Както много неща, софтуерите за фотограмметрия се предлагат в много форми и размери. Големите

разработчици на софтуер са публикували търговски решения, които са идеални за промишлени и инженерни приложения. Въпреки това, редица програми са достъпни за свободно изтегляне. Предлагани софтуерни решения от All 3DP [9] са: Bentley ContextCapture, IMAGINE Photogrammetry, iWitnessPRO, DroneDeploy, Pix4D, Photomodeler, Autodesk ReCap, RealityCapture, Agisoft Metashape, 3DF Zephyr, COLMAP, Meshroom, MicMac, Regard3D, VisualSFM, OpenMVG и други [8-9].

Приложения на софтуери за фотограметрия:

- *Дизайн на сгради, реновация и ремонти.*

При ремонтване на стари сгради, често не съществува документация и планове за ремонт, които да бъдат използвани от проектантите и строителите. В тези случаи софтуерните продукти за фотограметрия предоставят икономически ефективен метод за създаване на точни планове и измервания, които могат да бъдат вмъкнати в Computer Aided Design (CAD) и Building Information Modeling (BIM) софтуери, след което да бъде започната реконструкция или ремонт. Софтуерните решения за фотограметрия са мощно средство при проучване на околността и създаване на чертежи за височина.

- *Цифровизация, запазване на културно-исторически обекти.*

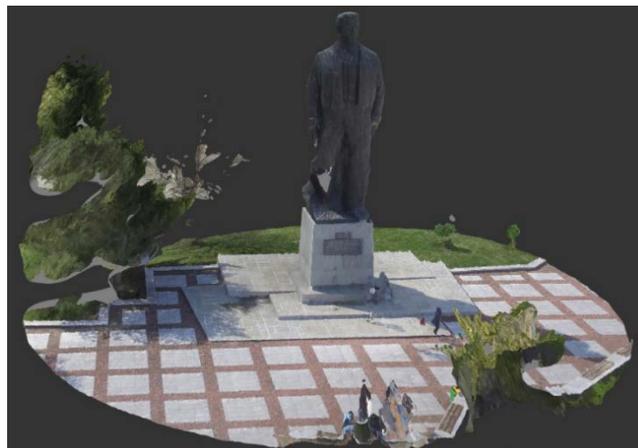
Други важни области, в които софтуерите за фотограметрия намират приложение, са опазването на археологията и културно-историческото наследство. В миналото археолозите са измервали и следвали сгради и други структури на карти и планове като котли, фасади и контури. С навлизането на безпилотните летателни апарати и софтуерите за фотограметрия, са създадени нови възможности за записване на паметниците на миналите поколения и позволява анализ и изследвания.

- *Геология и минно инженерство.*

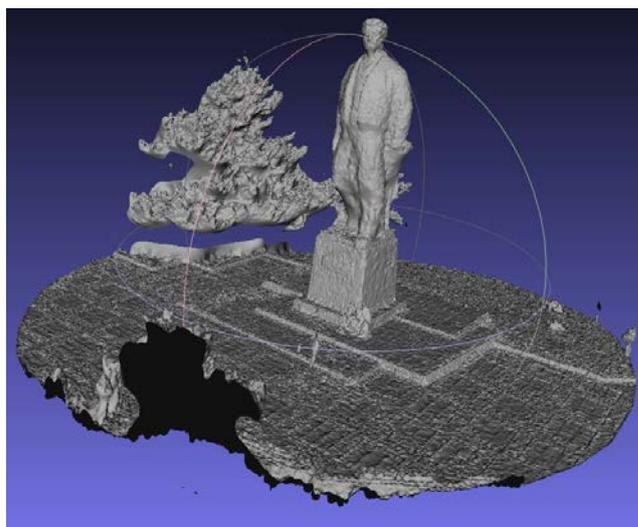
Науки и дисциплини като геология, минно инженерство и кариери също предоставят множество приложения при софтуерите за фотограметрия. В сравнение с традиционните методи за измерване, тази технология е достъпен метод за генериране на точкови облаци и карти на надморска височина. Професионалните софтуерни решения за фотограметрия осигуряват цялостни аналитични инструменти за измерване.

На фиг. 1 е направен опит за 3D реконструкция на модел – паметникът на Васил Левски, разположен в гр. Ловеч, местност Вароша. Избраният модел е с внушителни размери (височина от 14m), използването на стълби и специализирана техника за достигане и цифровизиране с 3D скенер правят задачата трудоемка, скъпа и рискована. От друга страна използването на скенер ще създаде прекалено голям масив от данни. Поради тази причина е използвана методът дрон и фотограметрия.

Следващият етап е моделът да се подготви за реконструкция, показано на фиг. 2. След това моделът може да бъде подготвен за 3D принтиране. В зависимост от принтера, ако се използва цветен принтер, допълнително може да бъде използвана технологията Texture Mapping, позволяваща прилагането на оригиналната текстура и цвят на цифровизирания обект.



Фиг. 1. 3D дигитализиран обект.



Фиг. 2. Обработка на 3D модела

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение може да се каже, че с напредването и развиването на технологиите при безпилотните летателни апарати и техните камери, а от друга страна софтуерите за обработка на изображения и фотограметрия позволяват 3D цифровизация. Използването им в синергия е сравнително лесен, достъпен и евтин начин за цифровизация на паметници, сгради и обекти от културно-историческото наследство. Чрез цифровизация, моделиране и 3D принтиране, този метод позволява и използването му в образователния процес чрез предоставяне на евтини модели от културно-историческото наследство.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изследването в настоящата статия е осъществено с подкрепата на проекти по Фонд Научни Изследвания, „Конкурс за финансиране на научни изследвания – 2018, договор КП-06-ОПР01/3“, Министерство на образованието и науката по Националната изследователска програма „Млади учени и пост-докторанти“, ДСМ № 577 / 17.08.2018.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Laussedat, A., (1854), *Mémoire sur l'emploi de la chambre Claire dans les reconnaissances topographiques*. Mémorial de l'Officier du Génie. 16. Mallet-Bachelier, Paris.
- [2] Laussedat, A., (1859), *Mémoire sur l'emploi de la photographie dans la levée des plans*; par M. Laussedat (Extrait par l'auteur). Comptes rendus séances l'Acad. Sci. 49, 732-734.
- [3] John McCarthy, (2014), *Multi-image photogrammetry as a practical tool for cultural heritage survey and community engagement*, Journal of Archaeological Science 43 175-185
- [4] <https://www.dji.com/>
- [5] <https://www.pcmag.com/article/360664/how-we-test-drones>
- [6] <https://3dinsider.com/drone-comparison/>
- [7] <https://www.parrot.com/global/>
- [8] <https://3dinsider.com/drone-comparison/>
- [9] <https://all3dp.com/1/best-photogrammetry-software/>

ИЗСЛЕДВАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА ФИРМИ ОТ МЕХАТРОНИКАТА ЧРЕЗ СРАВНЯВАНЕ И ИЗБОР НА ОПТИМАЛНИ ТЕХНОЛОГИЧНИ ПРОЦЕСИ В ПРОИЗВОДСТВОТО

Стефан Къртунов

Технически университет, катедра МУ
Габрово, Хаджи Димитър 4, България
e-mail: skartunov@abv.bg

Резюме: В статията се разглеждат факторите, критериите, начините за сравняване и избор на оптимални технологични процеси и се дават примери при различни изходни данни (оборудване, партида, операции, екипировка, нормиране на труда), които могат да се ползват в учебния процес и практиката за повишаване ефективността на фирмите.

Ключови думи: оптимален технологичен процес, партида, ефективност

I. Увод

Оптимизирането на технологичните процеси (ТП) е изключително важно в производството, особено за мехатрониката. Ако фирмата иска да инвестира, тя е изправена пред задачата да избере от редица възможни предложения тези, които имат най-висока степен на икономическа ефективност за конкретния случай. Този въпрос се решава с помощта на сравняване между средствата за производство, респективно ТП. Резултатът от това пресмятане е от съществено значение за управлението на фирмата при планиране на инвестициите. При такива намерения трябва да се отчетат следните фактори:

- необходим капитал за инвестиране;
- възможности за продажба на очакваната по-голяма продукция;
- възможности за амортизации и време за възвръщане на капитала;
- състояние на дейността във фирмата;
- разходи по изделията при различните процеси;
- развитие на общите разходи и приходи.

Първите три фактори спадат към икономическата сфера на фирмата. Последните три фактори са определящи за икономическата ефективност на средствата за производство. По принцип въпросът може да бъде отнесен за най-висока степен на ефективност по отделните детайли, по конкретното изделие или по различни методи на работа, характерни за мехатрониката. Критериите за оптималност и начините за избиране на варианти на технологичната

подготовка в производството (ТПП) са разгледани подробно в [1, 2, 4].

При сравняване на ефективността на различните средства за производство е необходимо да се изследват разходите по ТП. Трябва да се предвидят само производствените разходи, защото разходите за администрацията, пласмент и т. н. са еднакви при всички процеси. Производствените разходи могат да бъдат подразделени на постоянни и променливи.

Сравняването за избор на ТП може да отчита различни части на разходите или различни величини като например:

- общи разходи на процесите при различни партиди на производство;
- производствени разходи/часове за определен период (например месец);
- разходи на единица продукция при различни партиди.

В настоящата статия се дават примери за сравняване и избор на оптимални ТП при различни изходни данни, които могат да се ползват в учебния процес и практиката.

II. Изложение

Пример за демонстриране как може да бъде осъществено сравняване на ТП за производство на призматично-корпусен детайл „Плоча“ с отвори чрез пробиване на три вида оборудване и избор на най-ефективния от тях е посочен в таблица 1. [3]. Относно производствените разходи при различни партиди на месец М се получават данните, показани в таблица 2.

ТАБЛИЦА 1 Изходни данни

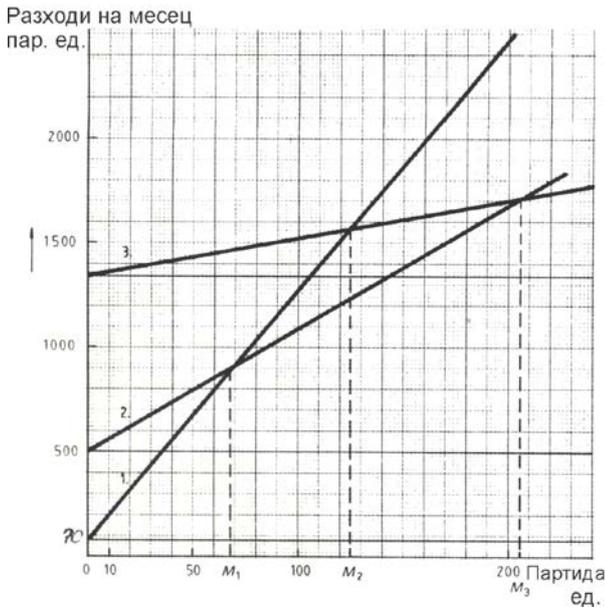
| Технологичен процес на | Постоянни разходи на месец, пар. ед. | Променливи разходи на пр. ед., пар. ед. |
|------------------------|--------------------------------------|---|
| Настолна бормашина | 70 | 12 |
| Колонна бормашина | 490 | 6 |
| Координатна бормашина | 1350 | 1,60 |

Графичното решение показва ясно от каква партида ТП 2 е по-изгоден от процес 1 и от каква партида процес 3 е по-изгоден от процес 2. Точките

M_1 , M_2 и M_3 се наричат критични партии. Такова сравняване не отчита разликата в качеството. Ако е необходимо това, трябва да се отчете и сравни печалбата. Графичното решение е показано на фиг. 1.

ТАБЛИЦА 2 ПРОИЗВОДСТВЕНИ РАЗХОДИ

| Технологичен процес | 10 ед. | 50 ед. | 100 ед. | 200 ед. |
|---------------------|--------|--------|---------|---------|
| 1. ТП | 190 | 670 | 1270 | 2470 |
| 2. ТП | 550 | 790 | 1090 | 1690 |
| 3. ТП | 1366 | 1430 | 1510 | 1670 |



Фиг. 1. Графично решение на задачата за сравняване на три процеса

Пример 2

Да се направи сравнение на разходите по операции и нормовремената за два ТП (често срещан вариант), данните за които са показани в таблица 3. [3].

ТАБЛИЦА 3 ИЗХОДНИ ДАННИ

| Операция | Тсп., min | те., min | Тарифна ставка, п. ед./ч. |
|--------------------------------|-----------|----------|---------------------------|
| Струговане на струг С8 | 15 | 10 | 27 |
| Струговане на револверен струг | 30 | 7,5 | 30 |

А). Да се пресметне критичната партида $M_{кр.}$;

Б). Да се пресметнат абсолютните и в проценти спестени разходи K ако партидата $m = 20$ [ед.];

В). Да се представят общите разходи в графична зависимост от партидата.

Решение

А). $M_{кр.} = (K_{z2} - K_{z1}) / (K_{m1} - K_{m2}) = 11$ [ед.] защото: (1)

$K_{z1} = t_{сп.} TC_1 / 60 = 6,75$ [пар. ед.];

$K_{m1} = t_{e1} TC / 60 = 4,5$ [пар. ед.] (2)

$K_{z2} = 15$ пар. ед.; $K_{m2} = 3,75$ [пар. ед.]

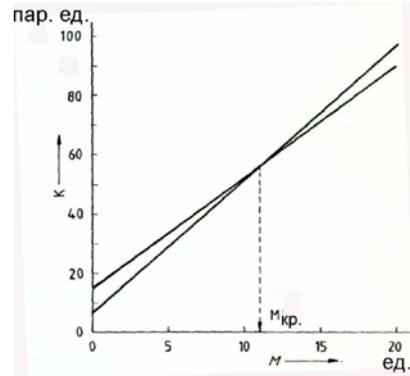
Б). $\nabla K = K_1 - K_2 = 6,75$ [пар. ед.] защото: (3)

$K_1 = K_{z1} + m.K_{m1} = 96,75$ [пар. ед.] (4)

$K_2 = 90$ [пар. ед.]

$\nabla K = \nabla K.100 / K_1 = 6,75.100 / 96,75 = 7\%$ (5)

В). Решението е дадено на фигура 2.



Фиг. 2. Графично решение

Пример 3

За производството на 6000 детайли на година чрез струговане се предлагат два ТП със следните разходи съгласно таблица 4 [3].

ТАБЛИЦА 4 ИЗХОДНИ ДАННИ

| Разходи | ТП 1 | ТП 2 |
|--|--------|--------|
| Разходи, зависими от партидата K_m , пар. ед./год. | 76 380 | 60 960 |
| Разходи, зависими от времената K_z , пар. ед./год. | 24 840 | 34 380 |

А). Да се пресметнат разходите за единица продукция K_{me} , K_{ze} , и K_e в пар. ед./ед. за двата ТП;

Б). Да се пресметнат абсолютните ∇K_e , пар. ед./ед. и процентните спестени разходи $K\%$;

В). Да се представят графично за двата ТП общите разходи K , пер. ед./год. в зависимост от партидата m , ед./год. Мащаб по ос x : 1 cm = 5000 [пар. ед./год.] Мащаб по ос y : 1 cm = 500 [ед./год.]

Г). Да се пресметне критичната партида $M_{кр.}$;

Д). Да се пресметне за двата ТП общите разходи K_0 , пар. ед./год. и разходите на единица продукция K_e при партиди $m = 1000, 2000, \dots, 6000$ [ед./год.]

Е). Да се представят графично разходите на единица продукция K_e [пар. ед./ед.] в зависимост от партидата m [ед./год.]

Мащаб по ос x : 1 cm = 4 [пар. ед./ед.], Мащаб по ос y : 1cm = 500 [ед./год.]

Ж). При каква партида m при ТП 2 разходите на единица продукция K_e възлизат на 15 [пар. ед./ед.]?

Решение

А). $K_{me} = \Sigma K_m / m$; $K_{me1} = 12,73$ [пар. ед./ед.]

$$K_{me2} = 10,16 \text{ [пар. ед./ед.]} \quad (6)$$

$$K_{ze} = K_z/m; K_{ze1} = 4,14 \text{ [пар. ед./ед.];}$$

$$K_{ze2} = 5,73 \text{ [пар. ед./ед.]} \quad (7)$$

$$K_e = K_{me} + K_{ze}; K_{me1} = 16,87 \text{ [пар. ед./ед.];}$$

$$K_{me2} = 15,89 \text{ [пар. ед./ед.]} \quad (8)$$

$$Б). \nabla K_e = K_{e1} - K_{e2} = 0,98 \text{ [пар. ед./ед.]} \quad (9)$$

$$\nabla K_{e\%} = \nabla K_e \cdot 100 / K_{e1} = 5,81 \text{ [%]} \quad (10)$$

В). Решението е показано на фигура 3а.

$$Г). \Sigma K = \Sigma K_m + K_z; \quad (11)$$

$$\Sigma K_1 = 76380 + 24840 = 101\,220 \text{ [пар. ед./год.];}$$

$$\Sigma K_2 = 60960 + 34380 \text{ [пар. ед./год.]}$$

От формула „(1)“ следва:

$$M_{кр.} = (34380 - 24840) / (12,73 - 10,16) = 3712 \text{ [ед./год.]}$$

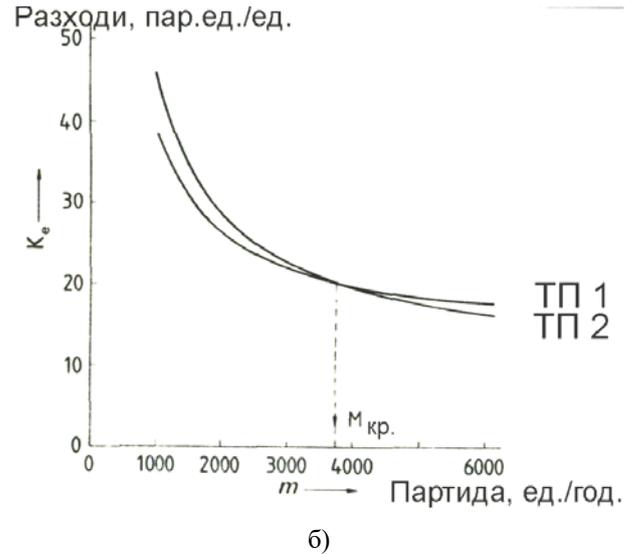
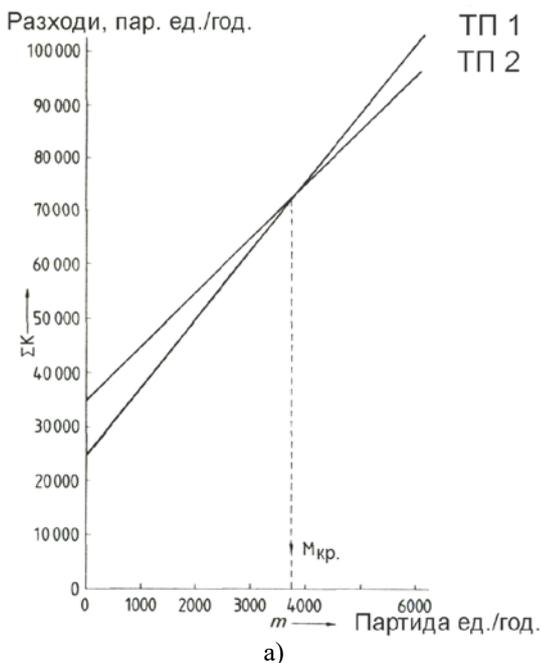
Д). Резултатите са показани в таблица 5.

ТАБЛИЦА 5 РАЗХОДИ ПРИ РАЗЛИЧНА ПАРТИДА

| Партида m | ТП 1 | | ТП 2 | |
|--------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| | ΣK ₁ пар. ед./год. | K _{e1} пар. ед./ед. | ΣK ₂ пар. ед./год. | K _{e2} пар. ед./ед. |
| 1000 | 37570 | 37,57 | 44540 | 44,54 |
| 2000 | 50300 | 25,15 | 54700 | 27,35 |
| 3000 | 63030 | 21,01 | 64860 | 21,62 |
| 4000 | 75760 | 18,94 | 75020 | 18,76 |
| 5000 | 88490 | 17,70 | 85180 | 17,04 |
| 6000 | 101220 | 16,87 | 95340 | 15,89 |

Е). Решението е показано на фигура 3б.

$$Ж). m = \Sigma K_z / (K_e - K_{me}) = 34380 / (15 - 10,16) = 7103 \text{ [ед./год.]} \quad (12)$$



Фиг. 3. Графични решения при сравняване на двата технологични процеса

Пример за самоподготовка и контрол

Да се сравнят разходите при обработка чрез фрезоване с използване на едноместно приспособление - ТП1 и с използване на многоместно приспособление за четири детайла - ТП2 при следните данни, представени в таблица 6. [3]:

ТАБЛИЦА 6 ИЗХОДНИ ДАННИ

| Параметър | Означение | Единица | ТП 1 | ТП 2 |
|---------------------------|------------------|---------------|----------|-------------|
| Спомагателно време | t _{сп.} | min | 60 | 90 |
| Единично време | t _е | min | 7,35/ед. | 17,80/4 ед. |
| Разходи за заплати | K _{ТС} | пар. ед./ч. | 12 | 12 |
| Разходи за приспособления | K _{кр.} | пар. ед. | 3450 | 8700 |
| Разходи по сградата | K _{ос} | пар. ед./год. | 480 | 480 |
| Енергийни разходи | K _е | пар. ед./год. | 300 | 300 |

Партида M = 15 000 ед./год.;

Заявка m = 1250 ед./месец.

Да се пресметнат разходите за заплащане на спомагателните времена, калкулираните амортизации за 3 години, калкулираните лихви при лихвен процент 8%, разходите за поддръжка при приет процент 6%, разходите зависими от времената, разходите за заплати за изпълнение на обработката, разходите зависими от партидата за година и за произведена единица, критичната партида, спестените разходи в абсолютни единици и проценти при ТП2.

Отговори:

K_{сп1}=144 [п.ед./г.]; K_{сп2}=216 [п.ед./г.]; K_{A1} = 1150 [п.ед./г.]; K_{A2} = 2900 [п.ед./г.]; K_{Л1}=138[п.ед./г.]; K_{Л2}=348 [п.ед./г.]; K_{П1}=207 [п.ед./г.]; K_{П2} = 522 [п.ед./г.]; K_{B1} = 2119 [п.ед./г.]; K_{B2}=4466[п.ед./г.]; K_{S1} = 22050 [п.ед./г.]; K_{S2}=13350[п.ед./г.]; K_{m1} = 22350

[п.ед./г.]; $K_{m2}=13650$ [п.ед./г.]; $K_{me1} = 1,49$ [п.ед./ед.];
 $K_{me2}=0,91$ [п.ед./ед.]; $M_{кр} = 4046$ [ед./г.];

$\nabla K = 6353$ [п. ед./г.]; $\nabla K\% = 26 \%$.

В [3] са разгледани и методи за покриване на разходите по оборот, намаляване на разходите и повишаване печалбата от извършваната дейност, оптимизиране на ТП при избора на изделие, производствената програма и средствата на производство и са посочени примери за целта. Всички те, заедно с разглежданите тук сравняване и избор на ТП, са определящи за икономическата ефективност на фирмите от мехатрониката.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравняването и изборът на оптимални ТП са важна част от критериите за ефективност на фирми от мехатрониката. Посочени са факторите при оптимизиране и величините при сравняване на технологични процеси. Представени са конкретни примери при различни изходни данни - оборудване, екипировка, разходи, зависими от партидата и от нормовремената, които могат да се използват в учебния процес и практиката за повишаване ефективността и конкурентноспособността на фирмите. Фирмите не са упоменати умишлено.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Златанов З., Избиране на оптимален технологичен вариант в промишленото производство, София, Техника, 1981.
- [2] Къртунов С., П. Рачев, Технология на машиностроенето и уредостроенето, трето допълнено издание (Технология на машиностроенето, част I, II, III, Габрово, ИК Колонел, 2001), Габрово, УИ „В. Априлов”, 2009, ISBN 978-954-683-425-6, www.booksprint.bg, Помощни материали за студенти в www.zamunda.net и www.mladtechnik.com/p=3163, 19.01.2011, www.kaminata.net/tehnologiya-na-mashinostroeneto-t81509.html, 2013.
- [3] Къртунов С., Д. Димова, Логистика, трето допълнено издание на [Къртунов С., Инженерна логистика (учебник, второ допълнено издание), Габрово, ИК „Колонел”, 2000, второ допълнено издание, 2002, ISBN 954-8268-34-5 (2) и Къртунов С., Проектиране и управление на материални потоци в производството (учебник), Габрово, ИК „Колонел”, допълнено издание на предната книга, 2005, ISBN 954-8268-34-5 (3)], Габрово, УИ „В. Априлов”, 2008, ISBN 978-954-683-377-8.
- [4] Gummersbach A., M. Berg, P. Büllers, Arbeitsvorbereitung. Betriebswirtschaftslehre, Würzburg, Universitätsdruckerei, 1985.



| ФАМИЛИЯ АВТОР | СТРАНИЦА ОТ СБОРНИКА |
|----------------|----------------------|
| A. BONEVA | 119 |
| B. UJKANI | 167 |
| B. ZLATEV | 201 |
| D. CHAKARSKI | 4, 110 |
| D. MINKOVSKA | 162, 167 |
| G. TODOROV | 201 |
| H. CAN | 162 |
| H. KARATSIORAS | 95 |
| I. STOIANOV | 119 |
| K. DIMOVA | 201 |
| L. STOYANOVA | 167 |
| M. KAMBUSHEV | 14, 107, 116 |
| M. KURTEV | 133 |
| N. VALCHKOVA | 95 |
| R. DIMITROVA | 14, 18, 110 |
| R. EFSTRATIOU | 95 |
| R. ZAHARIEV | 95 |
| S. BILDEROV | 14, 110 |
| V. IVANOVA | 119 |
| V. TRENEV | 133 |
| Б. БАХЧЕВАНОВ | 18 |
| Б. ВЛАХОВА | 193 |
| Б. СТОЙКОВ | 138 |
| В. БОЯДЖИЕВ | 45, 176 |
| В. ЙОСИФОВА | 62, 179, 184 |
| В. МИТЕВ | 101 |
| В. ПАВЛОВ | 80 |
| Г. ПАВЛОВА | 80 |
| Г. ЦВЕТАНОВ | 38, 42 |
| Д. АВИШАЙ | 80 |
| Д. АТАНАСОВА | 197 |



| ФАМИЛИЯ АВТОР | СТРАНИЦА ОТ СБОРНИКА |
|-----------------|----------------------|
| Д. ДАМЯНОВ | 193 |
| Д. ДЕСКОВ | 138 |
| Д. КАРАСТОЯНОВ | 149, 155, 184 |
| Д. ПАНАЙОТОВ | 207 |
| Д. ЧИКУРТЕВ | 84 |
| Е. ЕНЧЕВ | 129 |
| Ж. ГОЧЕВ | 29, 32 |
| И. АБУЛИБДЕ | 116 |
| И. АТАНАСОВ | 197 |
| И. МАЛАКОВ | 10 |
| И. ПЕЕВА | 22 |
| К. КАВАЛДЖИЕВА | 188, 193 |
| К. КАМБУШЕВ | 107 |
| К. ТЕРЗИЕВ | 149 |
| Л. КЛОЧКОВ | 56 |
| М. ДОЧЕВ | 146 |
| М. НЕНЧЕВА | 35 |
| М. ПАНЕВА | 52, 56, 217 |
| М. СЕВИМ | 48 |
| М. ТЕРЗИЕВА | 155 |
| М. ХАРАЛАМПИЕВА | 62, 179, 184 |
| Н. СТОИМЕНОВ | 217 |
| Н. ШИВАРОВ | 84, 90 |
| Н. ШИВАРОВ | 84 |
| П. ВИЧЕВ | 29, 32 |
| П. МИТЕВ | 104 |
| П. ПАНЕВ | 76, 217 |
| П. ПЕТКОВА | 116 |
| П. ПЕТРОВ | 66, 69 |
| П. РАЧЕВ | 35 |
| П. СТОЕВ | 84 |



| ФАМИЛИЯ АВТОР | СТРАНИЦА ОТ СБОРНИКА |
|----------------------|-----------------------------|
| П. ТОМОВ | 125, 129 |
| Р. ПЕТРОВ | 172, 179 |
| С. ДИМИТРОВ | 72 |
| С. КОСТАДИНОВ | 69 |
| С. КЪРГУНОВ | 221 |
| С. НИКОЛОВ | 18, 48, 207 |
| С. ХАДЖИЕВ | 38, 42 |
| Т. ВАКАРЕЛСКА | 4 |
| Т. ГАВРИЛОВ | 212 |
| Х. МЕТЕВ | 193 |
| Х. ШЕХТОВ | 29, 32 |
| Ц. КАРАДЖОВ | 38, 42 |
| Ц. НАЙДЕНОВ | 143 |
| Ч. КОСТАДИНОВ | 22, 26 |
| Я. СОФРОНОВ | 212 |

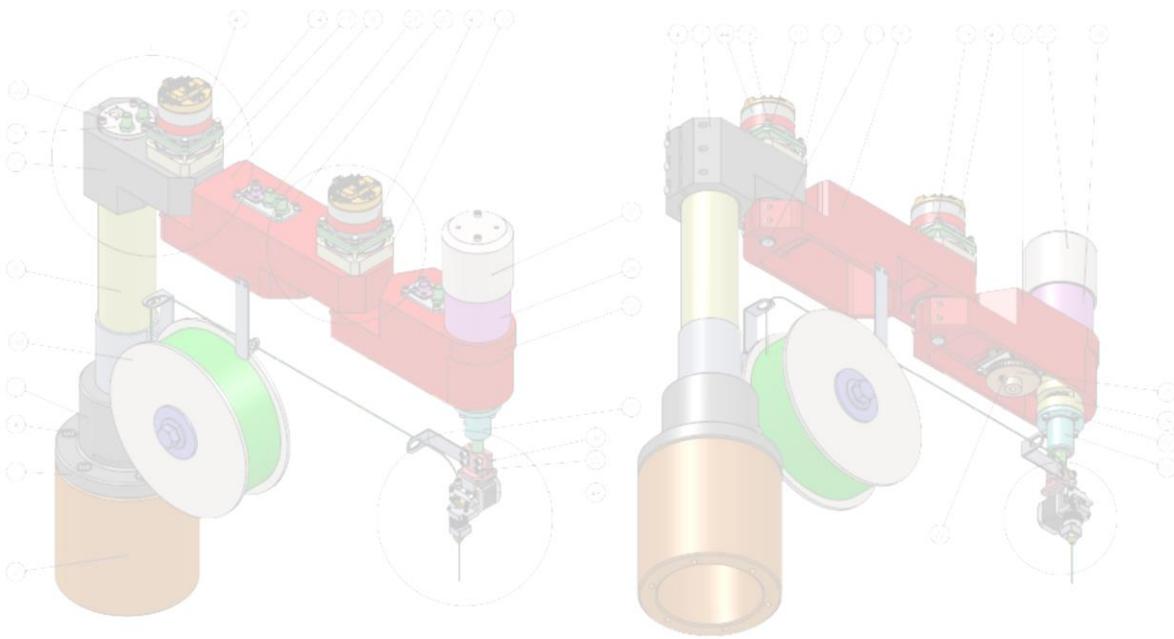
ОРГАНИЗАЦИОННИЯТ КОМИТЕТ БЛАГОДАРИ НА НАШИТЕ СПОНСОРИ!



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



| № | Bezeichnung | Stückzahl | Material |
|-----|-------------|-----------|---------------|
| 1 | Motor | 1 | 9001-0001-000 |
| 2 | Gehäuse | 1 | 9001-0001-000 |
| 3 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 4 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 5 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 6 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 7 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 8 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 9 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 10 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 11 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 12 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 13 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 14 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 15 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 16 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 17 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 18 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 19 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 20 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 21 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 22 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 23 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 24 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 25 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 26 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 27 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 28 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 29 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 30 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 31 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 32 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 33 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 34 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 35 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 36 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 37 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 38 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 39 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 40 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 41 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 42 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 43 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 44 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 45 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 46 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 47 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 48 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 49 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 50 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 51 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 52 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 53 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 54 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 55 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 56 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 57 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 58 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 59 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 60 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 61 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 62 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 63 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 64 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 65 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 66 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 67 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 68 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 69 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 70 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 71 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 72 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 73 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 74 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 75 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 76 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 77 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 78 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 79 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 80 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 81 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 82 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 83 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 84 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 85 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 86 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 87 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 88 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 89 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 90 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 91 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 92 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 93 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 94 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 95 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 96 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 97 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 98 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 99 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |
| 100 | Welle | 1 | 9001-0001-000 |

