НАУЧНИ ИЗВЕСТИЯ

ГОДИНА XXVI БРОЙ 3/224 ЮНИ 2018

ДВАДЕСЕТ И СЕДМА МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ

АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО



АДП 2018

СОЗОПОЛ - ЮНИ 2018
ISSN - 1310 -3946

Двадесет и седма международна научно-техническа конференция „Автоматизация на дискретното производство” (АДП 2018) се провежда от 21 до 24 юни 2018 год. в УСОБ на ТУ-София, Созопол в рамките на Дните на науката на ТУ-София.

За конференцията са депозирани и приети от програмния комитет 57 доклада от 112 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 – 6 бр.
2. Технологии и машини за автоматизираното дискретно производство – 10 бр.
3. Автоматизиране потока на детайлите – 3 бр.
4. Промишлени роботи и роботизирани комплекси – 5 бр.
5. Автоматизация на монтажа – 3 бр.
6. Мехатроника – 10 бр.
7. Системи за управление в дискретното производство – 7 бр.
8. Иновации и инженеринг на автоматизираното дискретно производство – 3 бр.
9. CAD/CAM/CAE системи и виртуално инженерство – 10 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, “ВАНИКО” ООД – Благоевград и “КМС ИНЖЕНЕРИНГ ООД” - Пловдив за финансовото подпомагане провеждането на конференцията.

Мултимедийният диск и WEB приложението с докладите от XXVII МНТК “Автоматизация на дискретното производство” (АДП 2018) е обработен и подготвен от доц. д-р инж. Панчо Томов, като Организационния комитет му благодари.

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:

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 1 “ТЕОРЕТИЧНИ ПРОБЛЕМИ НА АВТОМАТИЗАЦИЯТА НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО” 3

1. Чакърски Д., СЪСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ НА РАЗВИТИЕ НА АВТОМАТИЗАЦИЯТА И РОБОТИКАТА 4
2. Малаков И., КЛАСИФИКАЦИЯ НА ЗАДАЧИТЕ ЗА ИЗБОР НА ОПТИМАЛЕН РАЗМЕРЕН РЕД НА ТЕХНИЧЕСКИ ИЗДЕЛИЯ 12
3. Бояджиев В., СРАВНИТЕЛНО НАДЕЖДНОСТНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ МОДЕРНИЗАЦИЯ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА ЧАСТ НА СЛОЖЕН ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТ 21
4. Шехтов Х., НАШИЯТ ОПИТ В РАЗРАБОТВАНЕТО И ВНЕДРЯВАНЕТО НА СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА АВТОМАТИЗИРАНИ МАНИПУЛАТОРИ И ЛИНИИ СЪС СЪВРЕМЕННИ ЗА ВРЕМЕТО НА ТЯХНОТО СЪЗДАВАНЕ ТЕХНИЧЕСКИ СРЕДСТВА 26
5. Dimitrov L., P. Tomov, G. Voutev, V. Ivanov, K. Nikolov, THE LOCAL DEMO DAY FOR DA-SPACE OPEN INNOVATION LAB AT TU-SOFIA 32
6. Илиева Б., Р. Йорданов, Т. Цветков, СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НА СТАНДАРТИЗИРАНИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ УСТРОЙСТВОТО, МОНТАЖА И ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА ГАЗОВИТЕ СЪОРЪЖЕНИЯ И УРЕДИ 38

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 2 “ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНИ ЗА АВТОМАТИЗИРАНОТО ДИСКРЕТНО ПРОИЗВОДСТВО” 43

1. Кане М., СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ШЕСТЕРЁН ЧЕРВЯЧНЫМИ ФРЕЗАМИ 44
2. Аврамова Т., Г. Стефанов, КОМБИНИРАНИ ИНСТРУМЕНТИ ЗА ПОВЪРХНОСТНО ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМИРАНЕ С РАДИАЛНО ПОДАВАНЕ 48
3. Цветанов Г., М. Ненчева, ОПРЕДЕЛЯНЕ ОБЕМНАТА ЯКОСТ НА ЗЪБА ПРИ АСИМЕТРИЧЕН ПРОФИЛ НА ЗЪБИТЕ И РАЗЛИЧНИ ВЪЗМОЖНОСТИ НА ОБРАЗУВАНЕ 53
4. Косев Б., С. Къртунов, ДВУ- И ТРИКОМПОНЕНТНИ МЕТАЛНИ ПОКРИТИЯ В МЕХАТРОНИКАТА 59
5. Маджаров С., П.Рачев, КЛАСИФИКАЦИЯ НА ПРЕСИТЕ И ИНСТРУМЕНТАЛНА ЕКИПИРОВКА ЗА ЛЕЕНЕ НА АЛУМИНИЙ ПОД ВИСОКО НАЛЯГАНЕ 64
6. Георгиев К., И. Шопов, П. Кацарова, ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ НА СИСТЕМАТА МАШИНА – ПРИСПОСОБЛЕНИЕ – ИНСТРУМЕНТ – ДЕТАЙЛ ПРИ ДИАМАНТЕНО СТРУГОВАНЕ НА ОПТИЧНИ ДЕТАЙЛИ 70
7. Петров П., Г. Георгиев, М. Кършаков, РЕЖЕЩА ЧАСТ НА ИНСТРУМЕНТ ЗА КОМБИНИРАНО ОБРАБОТВАНЕ ЧРЕЗ РАЗСТЪРГВАНЕ И ППД С ВЪЗМОЖНОСТ ЗА АВТОМАТИЧНО ПОДНАСТРОЙВАНЕ 76
8. Владимирова Г., СЪВРЕМЕННИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПОКРИТИЯ В ИНДУСТРИАЛНИЯ ДИЗАЙН 82

9. Кънчев П., И. Оведенска, Т. Вакарелска, ИЗСЛЕДВАНЕ ПРИЧИНИТЕ ЗА МЕЖДУКРИСТАЛНА КОРОЗИЯ В НЕРЪЖДАЕМА СТОМАНА ОТ ХИМИЧЕСКАТА ПРОМИШЛЕНОСТ 88

10. Бахаров Г., Т. Дилов, Р. Русев, П. Келчев, П. Кънчев, ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА МЕХАНИЧНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТ МИКРОСТРУКТУРАТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВОТО НА ЕЛАСТИЧНА РЕЛСОВА КЛЕМА СЕ-1 В ДЕНДРИТ-ЕООД 93

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 3 “АВТОМАТИЗИРАНЕ ПОТОКА НА ДЕТАЙЛИТЕ” 99

1. Янева И., Ю. Павлов, Р. Димитрова, ПРОЕКТИРАНЕ НА ТРАНСПОРТЬОР НА АВТОМАТИЗИРАН КОМПЛЕКС ЗА СГЛОБЯВАНЕ НА КУТИЙКА С БРЪСНАРСКИ НОЖЧЕТА 100

2. Вълчков Л., КЛАСИФИЦИРАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКИТЕ СРЕДСТВА ЗА АВТОМАТИЗАЦИЯ НА СКЛАДОВИТЕ ПРОЦЕСИ ЗА ЗИМНИ СПОРТНИ СТОКИ 106

3. Рачев П., С. Маджаров, РАЗРАБОТВАНЕ И ИЗБОР НА ОПТИМАЛЕН ВАРИАНТ НА АВТОМАТИЧНА ЛИНИЯ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА ДЕТАЙЛ “КАПАК 112

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 4 “ПРОМИШЛЕНИ РОБОТИ И РОБОТИЗИРАНИ КОМПЛЕКСИ” 119

1. Zahariev R., N. Valchkova, MOBILE SERVICE ROBOT FOR PEDAGOGICAL REHABILITATION IN SPECIAL EDUCATION 120

2. Костадинов Ч., И. Пеева, АНАЛИТИЧНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ДИАПАЗОНА ЗА ИЗМЕНЕНИЕ НА ОТНОСИТЕЛНАТА ИНТЕНЗИВНОСТ ПРИ ОБСЛУЖВАНЕ НА МАШИНИ В РТМ 125

3. Авишай Д., В. Павлов, Г. Павлова, Г. Каши, ИНДУСТРИЯ 4.0 – НОВИ КАЧЕСТВА НА РОБОТИТЕ С ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ 130

4. Шиваров Н., Н. Шиваров, Д. Чикуртев, Е. Марков, И. Рангелов, МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА РЕАЛНИ ИЗПИТАНИЯ НА ТЕЛЕ-УПРАВЛЯЕМИЯ СЕРВИЗЕН МОБИЛЕН РОБОТ “РОБКО 17” 138

5. Raykov P., STUDY OF THE HANDLER FOR LOADING PRESSES 143

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 5 “АВТОМАТИЗАЦИЯ НА МОНТАЖА 149

1. Митев В., АНАЛИЗ НА УСЛОВИЯТА ЗА МОНТАЖ НА ДЕТАЙЛ ТЕРМИЧЕН ЛОСТ.КОРАВИНА И ПРЕЦИЗНОСТ СРЕЩУ ЕЛАСТИЧНОСТ И АДАПТИВНОСТ 150

2. Митев П., ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМА ЗА ОРИЕНТИРАНЕ НА ДЕТАЙЛИ С АКСИАЛНИ БЕЛЕЗИ 157

3. Томов П., Д. Рачев, АВТОМАТИЧЕН МОДУЛ ЗА РАБОТА В АВТОНОМЕН РЕЖИМ КАТО ЕЛЕМЕНТ НА КИБЕР ПРОИЗВОДСТВЕНА СИСТЕМА 164

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 6 “МЕХАТРОНИКА” 169

1. Пеева И., Ч. Костадинов, ОСОБЕНОСТИ ПРИ ИЗБОР НА ОБОРУДВАНЕ ЗА ОБСЛЕДВАНЕ НА ОБЕКТИ 170
2. Чернякова К., И. Врублевский, В. Видеков, Т. Динь, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛОСКИХ АЛЮМИНИЕВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ С УГЛЕРОДНОЙ НИТЬЮ В КАЧЕСТВЕ РЕЗИСТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА 175
3. Камбушев М., ИЗСЛЕДВАНЕ НА КВАДРОКОПТЕР 181
4. Kambushev M., S. Biliderov, STUDING OF THE LATTITUDE CHANEL OF MAV INTO THE AERODYNAMIC TUNEL 188
5. Ivanova V., D. Bachvarov, A. Boneva, DESIGN OF A NOVEL MODULAR MECHATRONICS DEVICE WITH APPLICATION OF MINIMALLY-INVASIVE SURGICAL PROCEDURES 194
6. Christov I., S. Angelova, R. Raikova, DYNAMIC PROCEDURE FOR SEPARATION OF ELECTROMYOGRAPHIC AND ELECTROCARDIOGRAPHIC RECORDINGS OF TRUNK MUSCLES 202
7. Angelova S., I. Veneva, R. Raikova, S. Ribagin, ACTIVITY OF THE UPPER LIMB MUSCLES DURING MOTOR TASKS WITHOUT AND WITH AN EXOSKELETON 208
8. Абулибде И., П. Петкова, КОМПЛЕМЕНТАРЕН ФИЛТЪР НА ТРИОСОВ АКСЕЛЕРОМЕТЪР И ЖИРОСКОВ (MPU6050) 213
9. Дочев М., РАЗРАБОТКА НА ИНТЕР ДИСЦИПЛИНАРНИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВЪЧНИ СТЕНДОВЕ ПО БИТОВА ЕЛЕКТРОТЕХНИКА 218
10. Дочев М., РАЗРАБОТКА НА ИНТЕР ДИСЦИПЛИНАРНИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВЪЧНИ СТЕНДОВЕ ПО ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНИ УСТРОЙСТВА 224

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 7 “СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ В ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО” 227

1. Ribagin S., K. Atanassov, GENERALIZED NET MODEL FOR USER-ORIENTED CONTROL OF ACTIVE ELBOW ORTHOSIS DEVICE 228
2. Perçuku A., D. Minkovska, L. Stoyanova, THE PREDICTIVE MAINTENANCE OF POWER TRANSFORMER USING BIG DATA ANALYTICS 233
3. Ivanova M., D. Minkovska, L. Stoyanova, P. Tomov, INNOVATIVE APPROACH FOR EASSESSMENT IN INFORMATICS EDUCATION: A CASE STUDY 239
4. Каменов К., ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАЗЛИЧНИ ВИДОВЕ КОНТРОЛЕРИ ПРИ ПИЛОТАЖНО – НАВИГАЦИОННИТЕ КОМПЛЕКСИ НА МАЛОГАБАРИТНИ БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ 246
5. Лазов Л., А. Грънчаров, ОТНОСНО ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ГЕНЕРИРАНЕ НА КЛАСОВЕ ВХОДНИ ФАКТОРИ ЗА НЕВРОННИ МРЕЖИ СЛУЖЕЩИ ЗА ИНТЕЛИГЕНТНО УПРАВЛЕНИЕ НА ЛОГИСТИЧНИ КОМПЛЕКСИ 252
6. Петков К., Д. Маринова, ОБОБЩЕН ПОДХОД ЗА СИНТЕЗ НА РОБАСТНО УПРАВЛЕНИЕ ОТ ФИКСИРАН РЕД ЗА ДИНАМИЧНИ СИСТЕМИ С ПОСТОЯННИ КОЕФИЦИЕНТИ 258

7. Петков К., МОДЕЛИРАНЕ НА РОБАСТНО УПРАВЛЕНИЕ ОТ ФИКСИРАН РЕД ЗА ДИНАМИЧНИ ПАРАМЕТРИЧНИ СИСТЕМИ 265

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 8 “ИНОВАЦИИ И ИНЖЕНЕРИНГ НА АВТОМАТИЗИРАНОТО ДИСКРЕТНО ПРОИЗВОДСТВО” 271

1. Попов Б., М. Панева, Н. Стоименов, Д. Карастоянов, КЕРАМИЧНИ КАРБИДИ, СВОЙСТВА И ПРИЛОЖЕНИЕ 272
2. Дамянов Д., Б. Влахова, СЪВРЕМЕННИ АЛТЕРНАТИВИ НА БЪРЗОТО ИНОВАЦИОННО ОСТАРЯВАНЕ 278
3. Карастанев С., ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА АДАПТИВНО РОБОТИЗИРАНО ЗАВАРЯВАНЕ 284

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 9 “CAD/CAM СИСТЕМИ” 291

1. Николов С., ИЗБОР НА ТЕХНОЛОГИЧНА СТРАТЕГИЯ ПРИ ГЕНЕРИРАНЕ НА УПРАВЛЯВАЩИ ПРОГРАМИ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА РАВНИННИ ПОВЪРХНИНИ СЪС CAM СИСТЕМИ 292
2. Атанасов И., Д. Атанасова, СЪВРЕМЕННИ ТЕНДЕНЦИИ ПРИ РАЗРАБОТВАНЕ И ПРАКТИЧЕСКО ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИНТЕГРИРАНИ CAD/CAM СРЕДИ 298
3. Бояджиев В., МОДЕЛИРАНЕ ЧРЕЗ ГРАФ НА НАДЕЖДНОСТНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА СИСТЕМАТА ЗА ЦИФРОВО-ПРОГРАМНО УПРАВЛЕНИЕ НА СЛОЖЕН ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТ 303
4. Kuş A., R. Arslan, E. Unver, O. Huerta, L.Dimitrov, P. Tomov, Y. Tekin, AN EVALUATION OF TECHNICAL DRAWINGS TRAINING NEEDS FOR DEVELOPING NEW TRAINING METHODS 309
5. Христов А., И. Стоянов, М. Велева, Г. Пачов, МАШИНА ЗА 3D ПРИНТИРАНЕ ИЗПОЛЗВАЩА FDM ТЕХНОЛОГИЯ 318
6. Pavlović M., I. Ćirić, V. Nikolić, M. Simonović, J. Stevanović, THERMAL IMAGE PROCESSING FOR AUTONOMOUS TRAIN OPERATION OBSTACLE DETECTION SYSTEM 324
7. Стоименов Н., П. Панев, Д. Карастоянов, ПРОГРАМНИ ПРОДУКТИ ЗА 3D МОДЕЛИРАНЕ, СИМУЛАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ 329
8. Панайотов Д., ОБЗОР И АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА ПРЕДЛАГАНИТЕ НА ПАЗАРА CAM СИСТЕМИ 335
9. Гьошев С., ИЗРАБОТВАНЕ НА ТАКТИЛНА ПЛОЧА НА КАРТИНАТА „ЗАЛАВЯНЕТО НА ВАСИЛ ЛЕВСКИ ПРИ КЪКРИНСКОТО ХАНЧЕ“ ЗА НЕЗРЯЩИ ПОТРЕБИТЕЛИ 342
10. Николова И., М. Колев, СТАНДАРТИЗАЦИЯТА В МАЛКИТЕ И СРЕДНИТЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, ОСНОВА НА ДИГИТАЛИЗАЦИЯТА 346

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 1

“ТЕОРЕТИЧНИ ПРОБЛЕМИ НА АВТОМАТИЗАЦИЯТА НА ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО”

СЪСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ НА РАЗВИТИЕ НА АВТОМАТИЗАЦИЯТА И РОБОТИКАТА

Д. Чакърски

Резюме: *В настоящата статия са разгледани състоянието на автоматизацията и роботизацията на производството у нас и в световен мащаб. Сериозно внимание е отделено на постиженията в тази област. Приложени са данни за степента на автоматизация общо за дискретните производствени процеси у нас и в чужбина.. Посочени са положителни примери за създадени и внедрени автоматизирани мехатронни комплекси. Разграничени са основните проблеми за успешното развитие на науката и технологиите в индустрията. Дадени са някои аспекти като тенденции за развитие на автоматизацията и роботиката за дискретното производство в близките години.*

Ключови думи: постижения, състояние, тенденции на развитие, роботи, автоматизация, роботизация, автоматизирани мехатронни системи, дискретни производствени процеси, степен на автоматизация.

1. Въведение

В последните двадесет години автоматизацията и роботизацията на производството продължи тенденцията за интензивно развитие в света. Освен в промишлеността, роботите намериха приложения във все повече области, като например: медицината и обслужването на човека, радиоактивни зони, морета, океаните, космоса др. Появиха се и първите ***персонални роботи***, както и роботи за спортни игри и забавления.

Обединена Европа също върви в крак със световното развитие на тази област - разработена е Европейска платформа за технологии и Европейска платформа за роботика (ICT European Technology Platforms - European Robotics Platform – EUROP).

Все по малко хора желаят да извършват опасни за здравето дейности, да работят тежка физическа работа. Поради това се наблюдава следната неприятна тенденция: цената на работната сила се увеличава непрекъснато, като на всеки 10 години приблизително, тя се удвоява. Изискванията към качеството на продукцията разширяват необходимостта от въвеждане на широка автоматизация, която е свързана с приложението на роботите.

В Република България, както преди, така и след постигането на пълноправно членство в Европейския съюз, са поддържани традициите, свързани с развитието на автоматизацията и роботиката.

В РБългария, обучение за инженери в областта на авотматизацията и роботиката, се води от 1970 г., главно в ТУ-София - катедра "Автоматизация на дискретното производство (АДП)" при Машиностроителния факултет. Освен в катедра "АДП" обучение по роботика се води от 1980 г. и от катедра “Автоматизация на електрозадвижванията” (АЕЗ) към Факултета по Автоматика на ТУ-София, в чиито състав е наследника на катедрата по „Робототехника”.

Проникването на роботиката в почти всички нови области на науката и техниката, обуславя необходимостта от създаването и внедряването на високо интелигентни и принципно нови роботи и робототехнически системи, предназначени за индустриални и не индустриални приложения.

2. Състояние на автоматизацията на дискретното производство и на роботиката

Дадени са степените на автоматизация по процеси у нас и в световен мащаб през 2017 година [3, 9].

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

- Наблюдава се известно увеличение на степента автоматизация за процесите в машиностроенето у нас, например за механо обработващите процеси от 18 % през 1988 г. на 23 % през 2017 г.;
- В ХВП и при производството на строително-керамични изделия у нас се забелязва ръст за посочения период с около 12 % ;
- Във фармацевтичната промишленост у нас ръстът на степента на автоматизация е около 13 % ;
- В световен мащаб в индустриално развитите страни се наблюдава повишаване на степента на автоматизация, която понастоящем е както следва: Германия – 42 %; САЩ – 47 %; Япония – 55 % и др.
- Степента на автоматизация на дискретните производствени процеси общо за индустрията у нас е около 24 %.

От направения 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 роботи 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 роботи и контролери са конструирани така, че да комуникират по-лесно помежду си. Тази съвместимост улеснява изграждането на по-надеждни и гъвкави системи от роботи.

Гъвкавостта и мултифункционалността, които предлагат модерните инструменти за хващане и за други операции, монтирани в края на манипулатора на робота, също създават безброй възможности за съкращаване на производствени разходи.

Друг благоприятен за развитието на пазара фактор е стандартизацията на роботите. При сравнение на роботи от различни производители лесно се забелязва, че имат общи характеристики на стил и ползваемост.

Напредъкът в технологията на роботите и на тяхното управление вече им позволява да излязат извън традиционните роли в производството и автоматизацията, да поддържат цели нови класове приложения, а със съответните разширения - да завладяват нови пазари.

3. Постижения в областта на автоматизацията и роботиката

Преди около 30 години България беше на шесто място в света по производство и експлоатация на промишлени роботи, което е изключителен атестат за нашите учени и националната ни индустрия. Сега роботиката у нас страда от същата болест, както и други отрасли на икономиката. Причините са добре известни – талантливите специалисти отиват на Запад, големи проекти за роботи не се финансират от бюджета, а нашите индустриалци водят борба за оцеляване [1, 2].

Има само няколко фирми, произвеждащи или окомплектоващи роботи за специални приложения и за хранителната индустрия. Основната активност е изследователската и това става с европейски средства. Роботиката вече не може да се заобиколя и да е незабележима, демографската криза и проблемите с работната ръка са очевидни за всички. Бъдещето принадлежи на роботиката и на автоматизацията.

Българската академия на науките (БАН) организира иновационен форум на тема "Роботиката за България и утрешния ден", който се проведе на 17 април т.г., като част от кампанията "БАН представя своите институти".

По време на събитието бяха демонстрирани изобретения, които намират приложение в индустрията, както и роботи, които подпомагат социалната адаптация на деца и възрастни със специфични потребности. Директорът на Института по роботика акад. Чавдар Руменин подчерта, че роботиката има все по-нарастващо значение в производството и се очаква до 2040 г. 47% от индустрията да бъде роботизирана.

ИР е водещата национална институция в областта на роботиката. Изследователската дейност и иновациите на ИР покриват основните приоритети като: промишлена и сервизна роботика; военна роботика; мехатронни и роботизирани био и технологични процеси и системи; сензори, микро- и наносензорни елементи и компоненти, мултисензори и безконтактна автоматика; роботизирани енергийни системи и устройства и др.

В периода 2010 – 2017 г. средното увеличение в продажбите на роботи е над 18 % годишно, а през 2014 г. продажбите са се увеличили с 29%, най-голямото годишно увеличение [5, 9].

Най-разпространената визия за роботите е хуманоидната, понеже хората и животните най-леко възприемат себеподобните си и при комуникация стресирането е минимално. Роботите може да имат различна конфигурация – по един начин изглеждат системите за окомплектоване на автомобили; по друг - нанороботите в геномиката; по трети - животоспасяващият робот „Да Винчи S”; по четвърти – устройствата за контратероризъм [8, 9].

Върхово постижение в роботиката през 2017 г. е роботът, променящ формата си според външните условия чрез електростатични полета при използване на особен вид флуидна материя. От съществено значение са космическите роботи и тези във въгле- и уранодобива

3.1 Колаборативни роботи

Тясното сътрудничество между хора и роботи, работещи като колеги на конвейери и на други места, ще бъде важен компонент от роботиката на бъдещето. Роботите все още не могат да възпроизвеждат ловкостта на хората, но имат достатъчни способности за работа с крехки обекти и поемат някои операции, които понастоящем се извършват от хора[4].

Роботите с два манипулатора, които понастоящем излизат на пазара, са конструирани с оглед на максимална сигурност и безопасност, което означава, че не могат да наранят работник. Те имат датчици, отчитащи силата на натиск, която прилагат манипулаторите им; осите им са проектирани, така че да се избегнат всички възможни точки на съприкосновение; имат електромотори с ограничена скорост и са програмирани със софтуер, управляващ безопасността.

Благодарение на всичко това, има роботи, при които рискът от нанасяне на вреда на работника при контакт с него е сведен до минимум. Тези роботи ще повишат гъвкавостта и бързината на производствените системи. Роботите могат лесно да бъдат обучени и поставени на конвейер вместо хора-работници. Това позволява на производителите да се приспособяват към евентуални изненадващи промени на сроковете на производство.

В бъдеще използването на колаборативни роботи ще се разраства. Според наскоро публикувано изследване на ABI Research на тема „Колаборативна роботика: състояние на пазара и технологиите”, секторът на колаборативната роботика се очаква да отбележи десетократен растеж през периода от 2015 до 2020 г. и да достигне над 1 милиард щатски долара, срещу приблизително 95 милиона през 2015-та.

3.2 Роботи с изкуствен интелект

Един от най-големите технически проблеми, с които промишлеността в момента опитва да се справи, е намирането на начини роботите да станат по-лесни за използване, така че да не изискват твърде висококвалифицирани специалисти, за да бъдат внедрени, пуснати в експлоатация и поддържани.

Сред новостите в тази сфера е интерфейсът за програмиране тип WYSIWYG (what you see is what you get - получаваш това, което виждаш), който може да се използва за постигане на максимална ефективност и съкращаване до минимум на времето за подготовка преди началото на производството.

Освен това все по-често се срещат роботи, които могат да се самопрограмират. Очаква се те да стават все по-автономни и да могат да функционират в по-неопределена среда. Благодарение на усъвършенстващата се сензорика и елементите на самообучение, новото поколение роботи ще могат да се справят с доста по-широк кръг от “непредвидени” ситуации, прогнозират учените.

В ерата на Internet of Things роботите ще могат да обменят информация помежду си и да самоусъвършенстват функциите си на базата на богатата информация в интернет.

Друг ключов аспект в техническия прогрес на роботите е свързан с устройствата, които им позволяват да взаимодействат със света около тях, включително чрез усъвършенствани сензори и инструменти за захващане. Роботите могат да извършват много точни повтарящи се движения, но когато става въпрос за приложения, като асемблиране на устройства, състоящи се от много малки компоненти, цялата тази точност би била безполезна, ако роботът не е способен да манипулира с тях.

3.3 Области на приложение на роботите

Търсенето на промишлени роботи ще продължи да се увеличава, като през периода 2015-2018 г. нарастването е средно с около 12% на година, твърдят от Международната федерация по роботика [9].

Най-голям брой поръчки за промишлени роботи и в бъдеще ще се получават от автомобилната промишленост. Инвестициите в нея обикновено имат цикличен характер, но от 2010 г. насам обемът на инвестициите предимно расте, без значителен цикличен ефект.

Възможностите както на програмируемите логически контролери (PLCs), така и на контролерите за роботи, сега се използват в пълния им потенциал:

Вероятна област на широко приложение на роботи в бъдеще е и производството на електромобили. Тази индустрия се развива и около нея се създава нов пазар.

В електронната промишленост инвестициите в роботи нарастват заради нуждата от автоматизация на производството и оборудване на нови производствени процеси. Твърде вероятно е в бъдеще да има ново увеличение на поръчките на роботи, особено в пластмасовата и каучуковата промишлености, фармацевтичната, хранителната промишленост, както и металообработващата индустрия и машиностроенето.

Според прогнозите, през периода 2015-2020 г. продажбите на роботи ще нарастват средно годишно с 6% в Северна, Южна Америка и в Европа, и с около 16% в Азия и Австралия. До края на 2017 г. общо над 2 милиона промишлени роботи работят в заводи по цял свят.

4. Основни проблеми за успешното развитие на автоматизацията и роботизацията на производството

Могат да се посочат следните основни проблеми за успешното развитие на науката и технологиите и внедряването на автоматизацията и роботизацията в индустрията у нас [3]:

- Липсва държавна политика за развитие на индустрията;

- Много грешки се допускат при провеждането на конкурси и няма обективност в оценяването на проектите;
- Малки са международните инвестиции;
- Подценена е науката - в последните 10 години са нищожни средствата за наука;
- Бизнесът недостатъчно стимулира развитието на науката;
- Има известна апатия сред научната общност, която не е достатъчно мотивирана и настоятелна.
- Науката трябва активно да участва при разработването на проекти за нуждите на индустрията.

5. Тенденции в развитието на автоматизация

5.1 Опростяване на архитектурата

Голяма част от съвременните системи за автоматизация са подчинени на популярния 5-степенен модел на архитектура на индустриалната автоматизация, дефиниран от университета Purdue, който, както е добре известно, включва: ниво 5 - автоматизация на бизнес системи; ниво 4 - автоматизация на производственото предприятие (на ERP - планиране на ресурсите на предприятието), MRP (стратегия на производствено планиране) и MES (системи за управление на производствените процеси); ниво 3 - автоматизация на филиал на предприятието; ниво 2 - автоматизация на машини и технологични процеси; ниво 1 - автоматизация на контролери; ниво 0 - Автоматизация на датчици/изпълнителни устройства [8, 9].

В общия случай софтуерът работи на обикновени компютри на нива 2, 3, 4 и 5. Нива 2, 3 и 4 обикновено имат интерфейси за комуникация и бази данни, които буферират и синхронизират информацията между всяко едно от петте нива и потребителските интерфейси. Този модел на компютърна обработка обаче е сложен, увеличава експлоатационните разходи и усложнява администрирането. Ето защо тенденциите са към постепенно опростяване на архитектурата.

В новите модели за автоматизация контролерите и полевите устройства комуникират с информация към всички нива директно – от ниво 0 и 1 до ниво 4 и 5, като използват подходящите протоколи и особено уеб услуги с основен фокус върху OPC UA. Тенденцията се развива естествено и динамично, тъй като всяко ново средство за автоматизация, което се появи на пазара, по правило е с по-богата функционалност и по-интелигентно.

Това засяга и полевото ниво - по-мощни контролери, по-умни устройства и сензори и т. н., и общозаводското ниво - по-мощни компютри. Тази посока на развитие се стимулира в голяма степен и от инициативи като Industry 4.0, OPC UA и Консорциум Industrial Internet of Things.

5.2 Цялостна автоматизация на предприятията

Все по-голямо значение за повишаване ефективността на производството има тясната интеграция на автоматизираното оборудване и корпоративните бизнес системи.

Това влияе върху качеството, веригите за доставка, услугите за клиентите - и в крайна сметка намаляват печалбите. Ролята на системите за автоматизация ще се променя, след като корпоративните бизнес системи се сдобият с възможности за обработка на транзакции в реално време.

5.3 Големи обеми данни, анализи, оптимизация, облачни услуги

Все по-големи масиви от данни ще се използват за анализиране и оптимизиране на процесите в автоматизацията с цел повишаване на продуктивността и ефективността на производство. Обемът на данните в системите за автоматизация расте взривообразно, заради все по-нарастващия брой на устройства, които генерират данни в реално време. Средствата

за анализиране на този огромен информационен поток се родеят с тези в IT индустрията и интернет.

Все по-мощни контролери и вградена интелигентност в управленията на двигателите, аналитични измервателни уреди, системи за машинно зрение и сензорика ще се използват изключително широко за задачи по локално анализиране и оптимизация.

5.4 Облачен софтуер за регистрация и анализ на данни

Облачните платформи за обработка на данни осигуряват на компаниите мощен ресурс за обработка и съхранение на информация, като заплащат само за това, което използват. Повечето утвърдени облачни платформи позволяват на разработчиците да заявяват и изпращат “сурови” (необработени) данни направо на сървърите в облака, да ги съхраняват и да използват многобройни инструменти за обработка и анализ.

Извършването на анализи в облака се счита от специалистите за променящо правилата на играта по отношение на поддръжката по състояние и подобряването на ефективността на производството.

5.5 Облачни системи за управление на производството и сигурност на информацията

Интернет-базираните системи за управление на производството намаляват експлоатационните разходи и повишават ефективността. Това позволява на по-малки компании да постигат производителност и икономии на ресурси, недостъпни за тях досега. Тези системи изпълняват разнообразни функции - управление на цикъла на производство, планиране на корпоративни ресурси, въвеждане и проследяване на поръчки, управление на производството и на веригата за доставки.

5.6 Колаборативни роботи

На пазара днес се предлага цяло ново поколение по-компактни роботи, които могат да работят в споделено работно пространство с хората. Цените им са значително по-ниски от тези на конвенционалните индустриални роботи, което ги прави подходящи за различни приложения и в по-малки производства.

Развитието на роботите върви по същия път като персоналния компютър - предлага се продукт с все по-малко експлоатационни разходи, който същевременно е с нарастваща мощност и функционалност, които го правят подходящ за редица задачи в индустрията.

Роботите сътрудници (наречени още колаборативни роботи) могат безопасно и ефективно да помагат на хората работници при изпълнение на задачи в промишлените предприятия. Типично те не изискват тясно специализирани експерти, които да ги програмират, инсталират и поддържат. Инсталацията и конфигурацията им е интуитивна и най-често не отнема много време [4, 5, 6].

5.7 Интегрирано проектиране

Макар според експертите да не се развива достатъчно динамично, в последните години е налице реализацията на интересния подход за системно проектиране на продукти, машини и производствени линии, включително автоматично създаване на код за управление. Ключов компонент в тази концепция е софтуерът за симулация, който става все по-евтин и лесен за ползване.

Основната цел е да се създаде софтуер, който да проектира продукти и производствени процеси, както и платформи за автоматизация, и да извършва изпитване на проектите чрез симулация преди инвестиране във физически инсталации. Симулацията ще позволи на проектантите на продукти, на производствени процеси и на инженерите по автоматизация да

си сътрудничат и да внедряват нови технологии, които ще повишат производителността, качеството и в крайна сметка – печалбите на съвременните индустриални предприятия [1, 7].

5.8 Отдалечен мониторинг

Дистанционният мониторинг не спира да се развива, благодарение на все по-усъвършенстваните хардуерни и софтуерни инструменти. Постоянно намаляващият брой на експертите по автоматизация и контрол стимулира в голяма степен развитието на възможностите за дистанционен мониторинг.

Той позволява на експерти да разрешават възникнали проблеми в технологичното оборудване, без да е наложително присъствието им на място. Платформи за отдалечен мониторинг ще се търсят все повече както в развитите страни, където има сериозен недостиг на опитни специалисти с необходимите опит, познания и умения, така и в развиващите се държави, където такива понякога съвсем липсват.

5.9 Монтаж на устройства извън таблата

Инсталирането на устройства извън контролните табла се среща все по-често на пазара в Европа, като целта е да се елиминира необходимостта от контролни табла и да се опрости окабеляването. С използването на свързвания с класове на защита IP67 и IP20, може да се избегне нуждата от монтаж на устройствата в табла за управление.

Все повече доставчици на устройства за автоматизация, главно в Европа, работят в тази насока, като техните устройства са атрактивни с това, че намаляват експлоатационните разходи, опростяват монтажа и редуцират времето и усилията за поддръжка. Сред наличните на пазара устройства са контролери, задвижвания, сервосистеми, вентили и операторски интерфейси.

Автоматизация изисква от тези, които участват в разработването и предлагането на пазара на приложения за изкуствен интелект, да установят безопасност и етика още в началото, признавайки по този начин задължението си да са подготвени да поемат правна отговорност за качеството на технологията, която произвеждат;

Изводи:

- Направен е анализ на състоянието за развитие на автоматизацията и роботиката у нас и в световен мащаб;
- Приведени са данни за приложението на промишлени робти;
- Разграничени са проблемите за развитие на автоматизацията и роботиката у нас;
- Очертани са тенденциите за развитието на автоматизацията и роботизацията на производството.

Литература:

1. Чакърски Д., Г. Хаджикосев. Автоматизация на дискретното производство. Издателство на ТУ-София, 2008.
2. Чакърски Д. и к-в. Промишлени роботи, роботизирани технологични модули и системи. Издателство на ТУ-София, 2008.
3. Чакърски Д. Състояние и развитие на автоматизацията и роботизацията на производството. Известия на НТС по машиностроене, Год. XXV, бр.2/217, юни 2017.
4. Вълчкова Н. Колоборативните роботи в помощ на хората в неравностойноположение. Известия на НТС по машиностроене, Год. XXV, бр.2/217, юни 2017.
5. 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.
6. Valchkova N., R. Zahariev, Cognitive service robot for help of disabled people. Известия на НТС по машиностроене, Год. XXIII, бр.9/172, юни 2016.
7. Димитров С. Изследване процеса на автоматизирано затваряне на съдове с винтови капачки. Дисертация, 2017.
8. Jump up ↑ robot. Boston Dynamics made a kickass robot on wheels that jumps higher than you, 2017.
9. www.engineering-review.bg/bg/robotite-nastoyashte-i-badeshte/2/2951/. Роботите настояще и бъдеще, 2018.

STATE AND TRENDS OF DEVELOPMENT OF AUTOMATION AND ROBOTICS

D. Chakarski

Abstract: *This paper examines the state of automation and robotization of production in Bulgaria and worldwide. Considerable attention is paid to achievements in this area. Data on the degree of automation in general for the discrete production processes in Bulgaria and abroad are given. Positive examples of created and implemented automated mechatronic complexes are given. Key issues for the successful development of science and technology in the industry are identified. Some aspects are given, such as trends for the development of automation and robotics for discrete production in the coming years.*

Данни за автора:
Димчо Стоилков Чакърски, професор доктор инж., катедра „АДП” при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, тел.: 965 27-55, e-mail: dimost@tu-sofia.bg

КЛАСИФИКАЦИЯ НА ЗАДАЧИТЕ ЗА ИЗБОР НА ОПТИМАЛЕН РАЗМЕРЕН РЕД НА ТЕХНИЧЕСКИ ИЗДЕЛИЯ

И. Малаков

Резюме: *В настоящата статия на основата на избрани класификационни признаци са систематизирани задачите за избор на оптимални размерни редове на технически изделия. Предложени са ограничителни условия, отчитащи начина за удовлетворяване на областите с потребности от технически изделия, които трябва да се включат в математическите модели на решаваните задачи.*

Ключови думи: технически изделия, оптимизация на размерни редове, класификация, ограничителни условия, математически модел

1. Въведение

В специализираната литература, посветена на въпросите за оптимизация на размерни редове, са предложени твърде ограничен брой относително стари класификации на видовете задачи и математически модели [1], [2], [3]. Това води до затруднения при разработването на адекватни математически модели на голямото разнообразие на задачи от практиката и търсенето на подходящи методи и средства за тяхното решаване.

За преодоляване на тези проблеми, на основата на анализ на обекти и задачи от различни области на индустрията, а така също и на известни публикации по темата, в настоящия труд е предложена класификация на задачите за избор на оптимален размерен ред, чиято цел е да подпомогне изследователите при избора на подходящ вид задача и построяване на адекватен математически модел, който най-пълно отговаря на конкретните условия.

2. Класификация на задачите за избор на оптимален размерен ред

Задачите за построяване и избор на оптимален размерен ред могат да се класифицират по различни признаци, най-важните от които са:

⇒ **A** – размерност на задачата, т.е. брой на главните параметри на техническите изделия, които служат като основа за построяване на размерните редове;

⇒ **B** - наличие на ограничения (препоръки) върху приложимостта на типоразмерите при удовлетворяване на полетата с потребности от технически изделия;

⇒ **C** - наличие на изисквания върху стойностите на параметрите на изделията, включени в размерните редове;

⇒ **D** - възможности за заместване на един типоразмер с друг при удовлетворяване на заявките в полетата с потребности;

⇒ **E** – възможност за отчитане на фактора време.

A ► По първия признак задачите се разделят на две големи групи – **еднопараметрични и многопараметрични задачи**.

A1) Първата група включва задачи, които се отнасят до изделия, характеризиращи се с един главен параметър, на основата на който се построяват размерните редове.

Примери за такива изделия и съответните им параметри са: съединители и двигатели - въртящ момент; скоби за закрепване на тръби или маркучи – диаметър; вибрационни бункерни захранващи устройства, въртящи делителни маси – диаметър; ски – дължина;

каски, ръкавици, шапки, обувки, дрехи от определен модел – размер (номер); торби за отпадъци – вместимост; топлоизолационни плоскости на даден производител – дебелина; рибарски куки, рибарско влакно – номер; велосипед – размер; кухненски съдове (чаши, чинии, тенджери и др.) от определена серия – вместимост или диаметър и др.

А2) При втората група задачи изделията се характеризират със съвкупност от основни параметри, които описват всеки типоразмер.

Примери за такива изделия и съответните им множества от параметри са: скрепителни елементи (болтове, винтове, шпилки и др.) – диаметър и стъпка на резбата, дължина и др.; гайки – височина, диаметър на резбата; нитове – диаметър, дължина; редуктори – междуосево разстояние, предавателно число; двигател–редуктори цилиндрични съосни – мощност, скорост на въртене и мощност на изходящия вал, търкалящи лагери – вътрешен и външен диаметър, широчина, клас на точност и др.; рибарски въдици – дължина, товароносимост; кутии за опаковане на пощенски пратки – дължина, широчина, височина; модули за транслация – дължина на хода, товароносимост, точност на позициониране и др.; фитинги – диаметър на присъединителната резба, външен диаметър на шлауха; металорежещи и металообработващи машини – размери на обработваните детайли, мощност, обороти и др.

В ► По втория признак задачите биват **без ограничения** и с **наличие на ограничения** върху приложимостта на типоразмерите при удовлетворяване на полетата с потребности.

Отчитането на този признак в математическите модели на задачите може да се извърши чрез матрица на приложимост $\left\|\Phi_i^j\right\|_{\overline{M}\times\overline{M}}$, където $\Phi_i^j = 1$, ако изделие от $i^{-я}$ тип може да удовлетвори всяка от потребностите в областта P_j и $\Phi_i^j = 0$ - в противен случай. Това може да стане и чрез включване на ограничение (или ограничения) върху стойността на максимално допустимото отклонение на параметрите на изделията, които могат да бъдат заместени от изделието $x_{w,i}$:

$$\left|x_{w,i} - x_{w,j}\right| \le D,\ w = 1 \div W,\ j = 1 \div (i-1), \qquad (1)$$

където D е диапазонът на допустима приложимост.

Елементите на матрицата на приложимост и диапазона на допустима приложимост зависят от конкретните условия на задачата и се задават от експерти.

В1) При задачите без ограничения върху приложимостта се допуска, че всеки типоразмер може да се използва за удовлетворяване на всяка от заявките във всички полета с потребности, за които стойностите на параметрите им да са по-малки или равни на съответните параметри на конкретния елемент на реда.

На фиг. 1. е показана приложимостта на изделия, които изпълняват това условие. Изделията се характеризират с един основен параметър x_i, $i = 1 \div 9$, и са предназначени за удовлетворяване на потребностите в полетата P_i, $i = 1 \div 9$, с интервали на изменение на основния параметър съответно $(0, x_1]$, $(x_1, x_2]$, ... , $(x_8, x_9]$. Тъй като липсват ограничения върху границите на приложимост на изделията, то изделие x_1 може да се използва за удовлетворяване на всяка заявка със стойности на основния параметър в границите $(0, x_1]$, изделие x_2 може да се използва за всяка заявка със стойности на основния параметър в интервала $(0, x_2]$, изделие x_3 може да се използва за всяка заявка със стойности на основния параметър в интервала $(0, x_3]$ и т.н.

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9
	$0 \div x_1$	$x_1 \div x_2$	$x_2 \div x_3$	$x_3 \div x_4$	$x_4 \div x_5$	$x_5 \div x_6$	$x_6 \div x_7$	$x_7 \div x_8$	$x_8 \div x_9$
x_1									
x_2									
x_3									
x_4									
x_5									
x_6									
x_7									
x_8									
x_9									

Фиг. 1 Области на приложимост на изделията x_i, $i = 1 \div 9$

Броят на възможните варианти за изграждане на размерни редове от разгледаните изделия е:

$$2^{\bar{L}-1} - 1 = 2^{9-1} - 1 = 256 - 1 = 255$$

На фиг. 2 са показани 6 размерни реда от четири елемента и множествата (областите) от заявки, удовлетворявани от съответните елементи, чиито области на приложимост са показани на фиг. 1. Например за размерен ред z_1, елементът x_1 удовлетворява заявките в полето P_1, елементът x_2 удовлетворява заявките в полето P_2, елементът x_3 удовлетворява заявките в полето P_3, а елементът x_9 заявките в полетата $P_4 \div P_9$; за размерен ред z_2, елементът x_2 удовлетворява заявките в полетата P_1 и P_2, елементът x_4 удовлетворява заявките в полетата P_3 и P_4, елементът x_7 удовлетворява заявките в полетата $P_5 \div P_7$, а елементът x_9 заявките в полетата P_8 и P_9 и т.н.

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9
	$0 \div x_1$	$x_1 \div x_2$	$x_2 \div x_3$	$x_3 \div x_4$	$x_4 \div x_5$	$x_5 \div x_6$	$x_6 \div x_7$	$x_7 \div x_8$	$x_8 \div x_9$
z_1	x_1	x_2	x_3						x_9
z_2		x_2		x_4			x_7		x_9
z_3			x_3			x_6		x_8	x_9
z_4				x_4	x_5	x_6			x_9
z_5					x_5	x_6		x_8	x_9
z_6						x_6	x_7	x_8	x_9

Фиг. 2. Размерни редове от изделия и съответните им области на приложимост.

Примери за такива изделия са модулите за транслация с пневматично задвижване, които могат да се използват за манипулиране на различни детайли, чиято маса е в границите на допустимата товароносимост на модула; помпите за вода, които могат да се използват за

вадене на вода от всяка дълбочина до граничната стойност, характерна за определен вид и типоразмер помпа. Други изделия с подобни свойства са дросели, манометри, филтри за сгъстен въздух, регулатори на налягане, двигатели, съединители, пневматични и хидравлични цилиндри и др.

B2) При задачите с ограничения е възможно наличието на елементи в размерния ред, които са приложими само за определени полета с потребности от изделия, чиито стойности на параметрите им да са в областта, горните граници на която са дефинирани от параметрите на конкретния елемент на реда.

На фиг. 3 са показани допустимите области на употреба на изделия x_i, $i = 1 \div 9$, които имат ограничена приложимост. Изделията се характеризират с един основен параметър x_i, $i = 1 \div 9$, и са предназначени за удовлетворяване на потребностите в полетата P_i, $i = 1 \div 9$, с интервали на изменение на основния параметър съответно $(0, x_1]$, $(x_1, x_2]$, ... , $(x_8, x_9]$. Например изделие x_4 може да се използва за всяка заявка със стойности на основния параметър в интервала $(x_1, x_4]$, изделие x_5 може да се използва за всяка заявка със стойности на основния параметър в интервала $(x_2, x_5]$, изделие x_6 може да се използва за всяка заявка със стойности на основния параметър в интервала $(x_3, x_6]$ и т.н.

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9
	$0 \div x_1$	$x_1 \div x_2$	$x_2 \div x_3$	$x_3 \div x_4$	$x_4 \div x_5$	$x_5 \div x_6$	$x_6 \div x_7$	$x_7 \div x_8$	$x_8 \div x_9$
x_1									
x_2									
x_3									
x_4									
x_5									
x_6									
x_7									
x_8									
x_9									

Фиг. 3. Области на приложимост на изделията x_i, $i = 1 \div 9$.

Въвеждането на ограничения върху приложимостта на изделията x_i, $i = 1 \div 9$, води до намаляване на броя на възможните варианти на размерните редове до 177 в сравнение със задачата без ограничения, където този брой е 255, но това е свързано с допълнителни проверки за допустимост при генерирането на размерните редове. Част от вариантите например z_1, z_4, z_5, z_6, показани на фиг. 2, отпадат.

На фиг. 4 са показани 6 размерни реда от четири елемента и множествата (областите) от заявки, удовлетворявани от съответните елементи, чиито области на приложимост са показани на фиг. 3. Например за размерен ред z_1, елементът x_1 удовлетворява заявките в полето P_1, елементът x_3 удовлетворява заявките в полета P_2 и P_3, елементът x_7 удовлетворява заявките в полета $P_4 \div P_7$, а елементът x_9 заявките в полета P_8 и P_9; за ред

z_2, елементът x_1 удовлетворява заявките в полето P_1, елементът x_4 удовлетворява заявките в полетата $P_2 \div P_4$, елементът x_5 удовлетворява заявките в полето P_5, а елементът x_9 заявките в полета $P_6 \div P_9$ и т.н.

Примери за такива изделия са скоби за закрепване на тръби, винтове, системи за подготовка на въздух, велосипеди, дрехи, обувки и др., които имат определени (препоръчителни) области на приложимост.

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9
	$0 \div x_1$	$x_1 \div x_2$	$x_2 \div x_3$	$x_3 \div x_4$	$x_4 \div x_5$	$x_5 \div x_6$	$x_6 \div x_7$	$x_7 \div x_8$	$x_8 \div x_9$
z_1	x_1	x_3					x_7		x_9
z_2	x_1			x_4	x_5				x_9
z_3		x_2	x_3		x_5				x_9
z_4			x_3	x_4				x_8	x_9
z_5		x_2			x_5	x_6			x_9
z_6			x_3			x_6	x_7		x_9

Фиг. 4. Размерни редове от изделия с ограничена приложимост и съответните им области на допустима употреба.

С ► В зависимост от изискването (правилото), отнасящо се до избора на стойности на параметрите на изделията, включени в размерните редове, задачите се разделят на две групи:

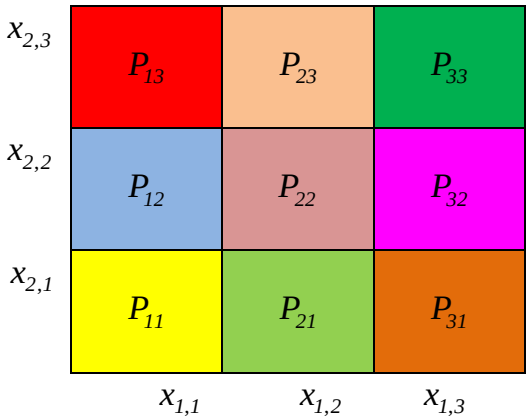
С1 – задачи, при които всеки следващ елемент в размерния ред е със стойности на главните си параметри не по-малки от съответните стойности на предходния елемент, като поне за един параметър това ограничение е строго изпълнено;

С2 - задачи, при които това изискване не е в сила.

Двете правилата за избор на стойности на параметрите на изделията, включени в размерните редове, обуславят два възможни начина за удовлетворяване на областите с потребности от технически изделия.

И при двата начина се приема, че всички заявки във всяка област се удовлетворяват от определен брой един и същ тип (вид) елемент на размерния ред.

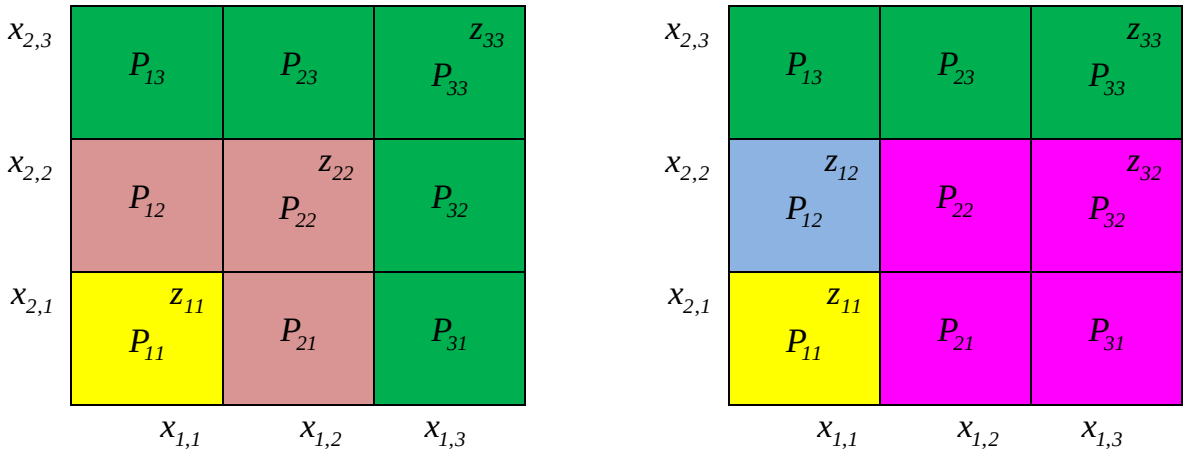
С цел по-голяма яснота на изложението, без да се нарушава общата валидност на резултатите, ще се разгледа двупараметрична задача, $w = 1, 2$, при която $\overline{M}_w = 3$, т.е. всеки един от двата основни параметъра на изделието може да заема три различни стойности $x_w \in X_w = \{x_{w,1}, x_{w,2}, x_{w,3}\}$, $w = 1, 2$. На фиг. 5 са показани полетата с потребности в зависимост от стойностите на параметрите на изделията, които могат да удовлетворят заявките в отделните полета (области). Например полето P_{11} включва потребности от изделия със стойности на основните параметри в границите $(0, x_{1,1}]$ и $(0, x_{2,1}]$, полето P_{21} включва потребности от изделия със стойности на основните параметри в границите $(x_{1,1}, x_{1,2}]$ и $(0, x_{2,1}]$, полето P_{31} включва потребности от изделия със стойности на основните параметри в границите $(x_{1,2}, x_{1,3}]$ и $(0, x_{2,1}]$, полето P_{12} включва потребности от изделия със стойности на основните параметри в границите $(0, x_{1,1}]$ и $(x_{2,1}, x_{2,2}]$ и т.н.



Фиг. 5 Множество от потребности от технически изделия при $w=1,2$ и $\overline{M}_w=3$

Първият начин се базира на условието, че стойностите на основните параметри на елемента z^l, $l=1\div\overline{L}$, са не по малки или равни на стойностите на съответните параметри на елемента z^{l-1}, като поне за един от тях ограничението е строго изпълнено. Освен това се поставя и условието, че елементът z^q не може да се използва за задоволяване на потребности в области, които се удовлетворяват от елемента z^p за $q\geq 1+p$, $p=1\div\overline{L}-1$. Тези две условия означават, че за даден размерен ред с фиксирани елементи потребностите във всяко поле могат да се удовлетворят само от един тип елемент (типоразмер).

На фиг. 6 са показани примери за разпределение на полетата с потребности, удовлетворявани от елементите на размерни редове, чиито елементи отговарят на описаните условия.



Фиг. 6 Разпределение на множеството от полета с потребности – първи начин

При този начин на разпределение на потребностите, респ. правило за построяване на размерните редове, в математическия модел на задачата е необходимо да се добавят ограниченията:

$$x_w^{l-1}\leq x_w^l,\ x_w^{l-1}\in\overline{X}_w,\ x_w^l\in\overline{X}_w,\ w=1\div W,\ l=1\div\overline{L}, \tag{2}$$

$$\sum_{l=1}^{\overline{L}}\beta^l\geq 1,\ \beta^l=\{0,1\},\ l=1\div\overline{L}, \tag{3}$$

$$\text{Ако } \alpha^p=1 \text{ и } \alpha^q=1,\ q\geq 1+p,\ \forall\ \ p=1\div\overline{L}-1, \tag{4}$$

$$\text{като } x_w^p = x_{w,\tilde{m}_w},\ x_w^q = x_{w,\hat{m}_w},\ w = 1 \div W,$$
$$\text{то } \Psi_I^J = 1 \text{ при } i_w \in [1, \tilde{m}_w] \text{ и } j_w = \tilde{m}_w,\ w = 1 \div W;$$
$$\Psi_I^J = 0 \text{ при } i_w \in [1, \tilde{m}_w] \text{ и } j_w = \hat{m}_w,\ w = 1 \div W.$$

където x_w^l е стойността на w -я параметър на l -я елемент в размерния ред; β^l - булева променлива, която отчита строгото изпълнение на ограниченията (2), където $\beta^l = 1$, ако някое от неравенствата (2) е изпълнено строго, $\beta^l = 0$ - в противен случай; Ψ_I^J - бинарната променлива, която отчита възможността за удовлетворяване на потребностите в областта (полето) $P_{i_1,\dots,i_w,\dots,i_W}$ от елемента на размерния ред $z = \{x_{1,j_1}, \dots, x_{w,j_w}, \dots, x_{W,j_W}\}$, $\Psi_I^J = \{0, 1\}$; $I = \{i_1, \dots, i_w, \dots, i_W\}$- множеството от индекси на полето $P_{i_1,\dots,i_w,\dots,i_W}$; $J = \{j_1, \dots, j_w, \dots, j_W\}$ - множеството от индекси j_w, $w = 1 \div W$, на елемента $z = \{x_{1,j_1}, \dots, x_{w,j_w}, \dots, x_{W,j_W}\}$.

При втория начин за удовлетворяване на потребностите отсъстват описаните по-горе условия. Това води до възможност за алтернативно изпълнение на някои полета със заявки от елементите на даден размерен ред с определени елементи. Единственото условие, което се поставя е, че ако един елемент удовлетворява заявките в поле със стойности на параметрите по-малки или равни от тези на елемента, то този елемент трябва да изпълни и заявките в полетата, чиито стойности на съответните характеристики се намират в границите, определени от характеристиките на полето и разглеждания елемент.

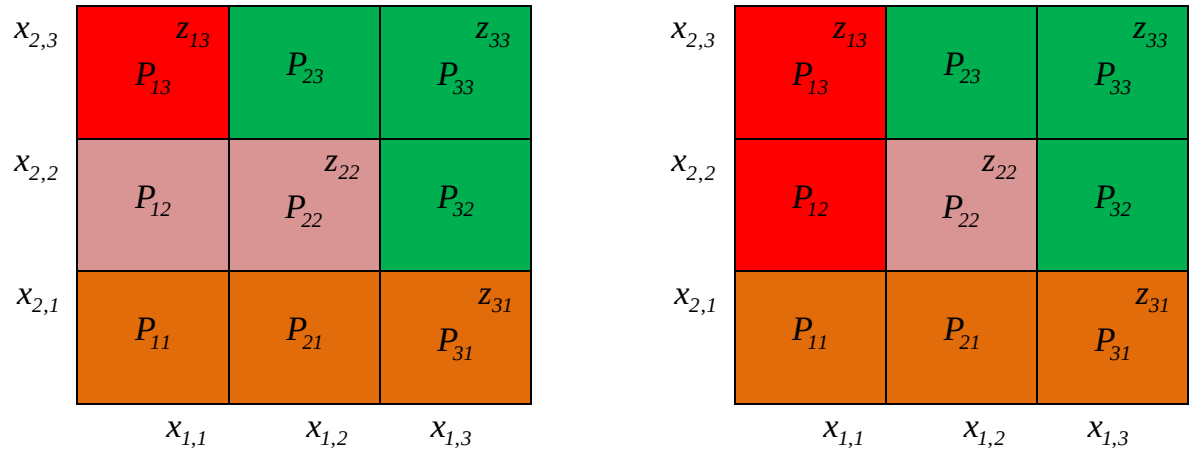
При този начин на разпределение на потребностите, респ. правило за построяване на размерните редове, в математическия модел на задачата е необходимо да се добави условието:

$$\text{Ако } \Psi_I^J = 1 \text{ при } i_w = m'_w \text{ и } j_w = m''_w,\ m' \le m'',\ w = 1 \div W,\ \Psi_I^J = \{0, 1\}, \quad (5)$$
$$\text{то } \Psi_I^J = 1 \text{ при } i_w \in [m'_w, m''_w] \text{ и } j_w = m''_w,\ w = 1 \div W;$$
$$\text{и } \Psi_I^J = 0 \text{ при } i_w \in [m'_w, m''_w] \text{ и } j_w \ne m''_w,\ w = 1 \div W.$$

Ще илюстрираме втория начин за удовлетворяване на потребностите за размерен ред, включващ елементите z_{31}, z_{22}, z_{13}, z_{33}. В Таблица 1 са посочени алтернативните варианти за удовлетворяване на полетата на заявките на двупараметричната задача, а на фиг. 7 са представени графично първите два варианта.

Таблица 1. Варианти за удовлетворяване на полетата на потребностите.

	P_{11}	P_{21}	P_{31}	P_{12}	P_{22}	P_{32}	P_{13}	P_{23}	P_{33}
Вариант 1	z_{31}	z_{31}	z_{31}	z_{22}	z_{22}	z_{33}	z_{13}	z_{33}	z_{33}
Вариант 2	z_{31}	z_{31}	z_{31}	z_{13}	z_{22}	z_{33}	z_{13}	z_{33}	z_{33}
Вариант 3	z_{13}	z_{31}	z_{31}	z_{13}	z_{22}	z_{33}	z_{13}	z_{33}	z_{33}
Вариант 4	z_{13}	z_{22}	z_{31}	z_{13}	z_{22}	z_{33}	z_{13}	z_{33}	z_{33}
Вариант 5	z_{22}	z_{22}	z_{31}	z_{22}	z_{22}	z_{33}	z_{13}	z_{33}	z_{33}



Фиг. 7 Разпределение на множеството от полета с потребности – втори начин

D ► Според възможностите за заместване на един типоразмер с друг при удовлетворяване на заявките в полетата с потребности, са възможни следните случаи [4]:

D1 – едностранна заменяемост – заместващият типоразмер се характеризира с по-големи или еднакви стойности на всички основни параметри, в сравнение със съответните параметри на заместваня типоразмер, като поне за един от тях ограничението е строго изпълнено (например един модул за транслация с определени стойности на главните си параметри товароносимост и дължина на хода може да бъде заместен в реда от модул, който е с по-голяма товароносимост и същата дължина на хода, с по-голяма дължина на хода и същата товароносимост, или при спазване и на двете условия). Примери за такива изделия са голяма част от изделията в машиностроенето - търкалящи и плъзгащи лагери, редуктори, зъбни колела, скоби за закрепване на тръби и др.

D2 – двустранна заменяемост – заместващият типоразмер може да има както по-големи, така и по-малки стойности на основните параметри, в сравнение със замествания в реда. Двустранна заменяемост имат изделия, изпълняващи такива функции, които могат да бъдат разчленени по главните параметри при запазване на техническата равноценност на резултата от функционирането, като при това икономическите показатели могат да бъдат различни (например помпа с голяма производителност може да се използва вместо такава с по-малка производителност или да бъде заменена от две помпи с по-малка производителност; по-мощен двигател може да се използва вместо двигател с по-малка мощност, и обратното, но в съответните количества). В [5] за този случай се използва термина ”взаимозаменяемост”.

D3 – смесена заменяемост – в някои случаи заместващият типоразмер трябва да има по-големи стойности, а в други случаи по-малки стойности на основните си параметри.

E ► В зависимост от възможностите за отчитане на фактора време, т.е. на промяната на състоянието и свойствата на типоразмерния ред във времето, задачите биват:

E1 – статични задачи, при които информацията и данните, необходими за решаване на задачите (потребностите, различните видове икономически показатели и параметри през отделните етапи от жизнения цикъл на изделията, пазарния живот, ограничения на трудови и материални ресурси и др.) се приемат за относително постоянни за определен период от време.

E2 – динамични задачи, при които тази информация се променя с течение на времето. Например цените на материали, суровини, енергия и кооперирани изделия, технологичната себестойност, разходите за заплати и/или осигуровки, наеми и др. се променят в сравнително неголеми периоди от време. Освен това потребностите на клиентите не са постоянни или

фиксирани във времето и пространството. Едни отпадат, появяват се други или на друго място, но един от законите за тяхното развитие е непрекъснато изменение и нарастване под влияние на много фактори – технически прогрес, реклама, конкуренция и др. Всичко това води до промяна на типоразмерите и/или на производствените програми на параметричните редове и до необходимост от оптимално разпределение на членовете на реда и съответните им тиражи през годините за предварително определен период от време.

4. Изводи:

- Предложени са признаци за класифициране на задачите за избор на оптимален размерен (параметричен) ред.
- На тяхна основа са систематизирани задачите за оптимизация на размерни редове на технически изделия.
- Предложени са оригинални математически зависимости, описващи изискванията (правилата), отнасящи се до избора на стойности на параметрите на изделията, включени в размерните редове, които трябва да се включат като ограничителни условия в математическите модели.

Литература:

1. Чуев, Ю., Г. Спехова. Технические задачи исследования операций. Москва, Советское радио, 1971.
2. Антипенко, В.С., Г.Б. Кац, В.А. Петрушков. Модели и методы оптимизации параметрических рядов машин. Москва, Машиностроение, 1990.
3. Кац, Г.Б., А.П. Ковалев. Технико-экономический анализ и оптимизация конструкций машин. Москва, Машиностроение, 1981.
4. РД 50-632-87. Методические указания. Унификация изделий. Построение параметрических и типоразмерных рядов деталей и сборочных единиц общемашиностроительного применения. Издательство стандартов, Москва, 1987.
5. Исерлис, Ю., В. Мирошников. Системное проектирование двигателей внутреннего сгорания. Ленинград, Машиностроение, 1981.

CLASSIFICATION OF TASKS FOR SELECTING THE OPTIMAL SIZE RANGES OF TECHNICAL PRODUCTS

I. Malakov

***Abstract**: The featured article presents the structure of tasks based on selected classification features and aimed at choosing the optimal size ranges of various technical items. Suggested are limiting conditions which should be considered in mathematical models created for solving the above mentioned tasks according to the type of the latter.*

Данни за автора:

Иво Кръстев Малаков, професор, доктор, инж., катедра „АДП” при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, тел.: 965 37 00, e-mail: ikm@tu-sofia.bg

СРАВНИТЕЛНО НАДЕЖДНОСТНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ МОДЕРНИЗАЦИЯ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА ЧАСТ НА СЛОЖЕН ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТ

В. Бояджиев

Резюме: *Модернизацията е вариант за обновяване на технологичното оборудване у нас, който е сравнително достъпен във финансово отношение. В настоящия доклад обект на изследване е модернизацията на електрическата част на сложен технически обект. Изборът на вариант за модернизация се извършва по критерия „Състояние на експлоатационната надеждност и работната ефективност на обекта на изследване”. В доклада се предлага методика за сравнително надеждностно изследване на различните варианти за модернизания с оглед постигане на поставената цел*

Ключови думи: експлоатационна надеждност, модернизация, електрическа част, сложен технически обект, сравнително изследване.

1. Въведение

У нас производствените мощности не рядко са физически и морално остарели. Физическото остаряване може да бъде преодоляно с ремонтни дейности. Моралното остаряване може да бъде преодоляно с модернизация на оборудването. Алтернативата – закупуване на нови машини, често е свързана със значително по-големи финансови разходи, което я прави практически недостъпна. Често при извършването на модернизация се постига и справяне с физическата амортизация.

При избора на вариант за модернизация могат да бъдат избрани различни критерии – един или няколко. Обикновено за основен критерий се избира подобряването на ефективността на производството [4], но често за непосредствена цел се набелязва подобряването на надеждността на обекта [1, 2, 3], а от там – подобряване състоянието на работната ефективност, респективно – на ефективността от използването на съответната техническа система. Освен това обикновено даден сложен технически обект не се модернизира изцяло, а се избира негова система, подсистема или друга негова обособена част.

Обект на изследването е избор на по-добър вариант за модернизация на електрическата част на сложен технически обект на примера на стругови металорежещи машини с цифрово-програмно управление (ЦПУ).

Търси се по-добър вариант по критерия „Състояние на експлоатационната надеждност и работната ефективност”. За това състояние съдим по стойностите на показатели за експлоатационната надеждност, а от там - и на работната ефективност на изследваните машини.

2. Основни методически моменти

Обект на проведеното изследване са две стругови металорежещи машини с ЦПУ, българско производство, малък типоразмер. По-конкретно, след проведена модернизация са изследвани електрическите им части. Определени са стойностите на определен набор от показатели за експлоатационна надеждност и работна ефективност, които са изследвани чрез сравнителен анализ.

При проведената модернизация са вградени части от различни производители и модернизацията е извършена в различен мащаб, но без принципно различие при двете машини. В резултат на сравнението на стойностните показатели за експлоатационна надеждност и работна ефективност ще се формулират изводи и препоръки за избор на по-добър вариант за модернизация на електрическата част на машините. Целта на проведеното изследване е избраният вариант ще бъде препоръчан за прилагане при следващи модернизации на други машини. Условно разгледаните два варианта ще наречем А и Б.

Основен проблем при провеждане на изследването е събирането на статистическа информация за възникващите откази в електрическите части на двете машини. Събирането на тази информация може да стане по различни методи, като изборът на конкретен метод (а и негова разновидност) е обусловен от различни фактори. Сред тези фактори основен е каква практическа възможност е налице, но също и какви загуби (финансови и времеви) са допустими за провеждане на изследването. Не на последно място – изборът на метод за събиране на информация за отказите трябва да дава възможност за постигане на целта на конкретното изследване. За настоящето изследване е избран методът на наблюдаваната експлоатация – той дава сравнително най-пълна информация за реалното надеждностно поведение на електрическите части на двата изследвани сложни технически обекта, каквито са двете стругови металорежещи машини с ЦПУ. При методът на наблюдаваната експлоатация в реални цехови работни условия в предварително подготвени форми се регистрират възникващите откази и съпътстваща ги информация. Обхватът и обемът на събираната информация за отказите се определят предварително в зависимост от определената цел на конкретното изследване. Въз основа на това се изготвя конкретна форма, в която упълномощен и инструктиран персонал попълва информацията за всеки отказ.

Периодът на изследване на отказите в електрическите части на двете машини обхваща около 1300 – 1400 часа.

За нуждите на моделирането на надеждностното поведение на изследваните сложни технически обекти е определен набор от показатели за експлоатационна надеждност и работна ефективност. Той включва:

- средна отработка между отказите - $\overline{T}$, часа;
- средно време за възстановяване на работоспособността -$\overline{T}_{B}$, часа;
- средно време за престои поради откази - $\overline{T}_{ПР.О}$, часа;
- коефициент на използване по предназначение
- $К_{И.ПР}$ = СВР/ФРВ,

където:

- СВР е сумарното време за работа, часа;
- ФРВ – плановият фонд работно време, часа;
- коефициент на организационно-техническа готовност

$К_{ОТГ}= \overline{T}/(\overline{T}+ \overline{T}_{ПР.О})$,

където

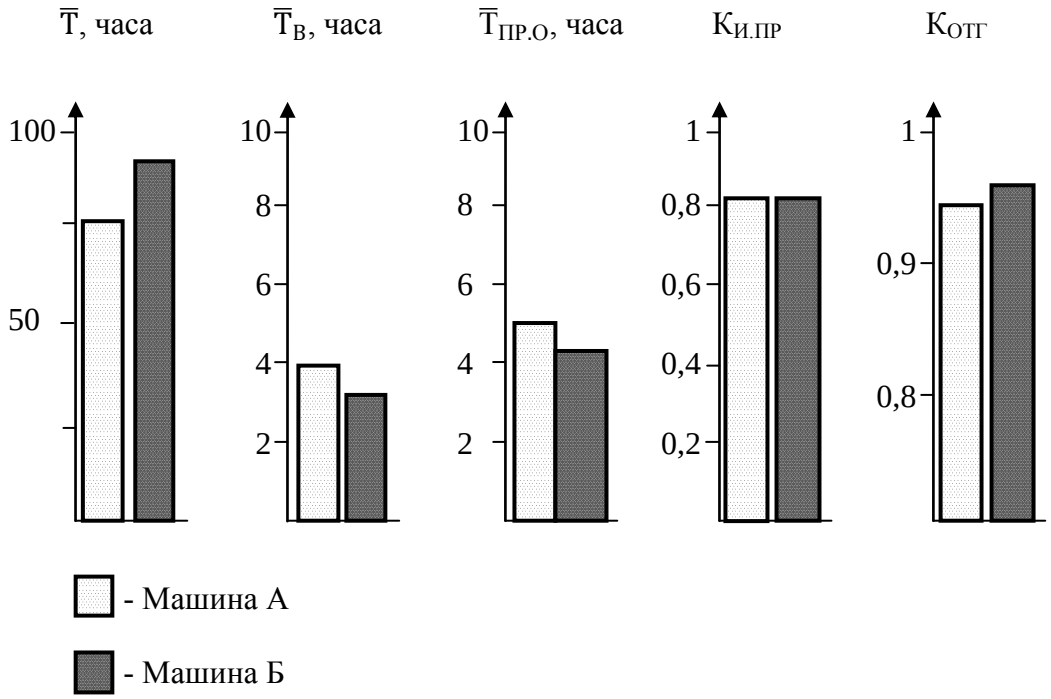
$\overline{T}_{ПР.О}$, часа - средно време за престои поради откази.

3. Резултати и анализ на резултатите

След събирането на статистическата информация за възникващите откази по време на експлоатация, тази информация е обработена и са пресметнати числените стойности на гореспоменатия набор от показатели за експлоатационна надеждност и работна ефективност. Тези числени стойности са показани в таблица 1 и на фигура 1.

Табл.1. Получени стойности на надеждностните показатели след проведената модернизация на електрическата част на машини А и Б

	$\overline{T}$, часа	$\overline{T}_{В}$, часа	$\overline{T}_{ПР.О}$, часа	$К_{И.ПР}$	$К_{ОТГ}$
Машина А	76,4	3,9	5,1	0,83	0,94
Машина Б	92,3	3,2	4,1	0,84	0,96



Фиг.1. Графичен вид на получените числени стойности на изследвания набор от надеждностни показатели след модернизацията на електрическата част на машина А и машина Б

Така получените резултати са база за следните заключения и препоръки:

1. При сравнението на получените числени стойности на показателя „средна отработка между отказите” при двете машини се вижда, че е налице съществена разлика между тях. При машина Б е получена по-голямата, а и по-добра стойност. Т.е. модернизацията на електрическата част на машина Б е по-удачна от гледна точка на средната отработка между отказите. И по отношение на експлоатационната надеждност на машините, измерима с този конкретен показател, вариантът за модернизация на машина Б е препоръчителен спрямо вариант А.

Тук следва да се има пред вид едно допълнително обстоятелство. Както при машина А, така и при машина Б не е извършена цялостна модернизация на електрическите им части – след модернизацията и при двете машини остават да работят компоненти, работили и преди модернизацията. И тези компоненти продължават да имат своя „принос” за състоянието на експлоатационната надеждност и работна ефективност при двете машини. В следствие на това получените числени стойности на показателя „средна отработка между отказите” при машина А и машина Б са „размити”. Всъщност разликата между получените две числени стойности на разглеждания показател би била по-голяма (в полза на машина Б), ако се отчита влиянието върху тези стойности само на заменените при модернизацията компоненти. Това обстоятелство е в сила най-вече за припасващата част на изследваните машини.

2. Какво е положението при двата показателя, характеризиращи състоянието на възстановителните дейности – „средното време за възстановяване” и „средното време за престои поради откази”. И при стойностите на тези два показателя е налице значима разлика. Отново регистрираните разлики и при двата показателя са в полза на варианта за модернизация на електрическата част на машина Б.

И при тези два показателя е налице гореописаната особеност на „размиване” на резултатите. Т.е. в действителност разликата между числените стойности на разглежданите показатели при двете машини в резултат на модернизацията е по-изразителна от регистрираната.

3. Двата показателя - КИ.ПР и КОТГ също показват разлика, макар и минимална, в полза на машина Б. Получената сравнително малка разлика между стойностите на двете машини се дължи основно на факта, че тези два комплексни показатели имат относителен характер.

4. В резултат на гореописаното можем да направим заключението, че от гледна точка на експлоатационната надеждност и работната ефективност по-препоръчителен е вариант Б за модернизация на електрическата част на изследвания модел стругови металорежещи машини с ЦПУ. С известна условност този извод може да се пренесе и върху подобни модели металорежещи машини с ЦПУ. Разбира се, върху крайният избор на вариант измежду разглежданите два влияние ще окажат и други фактори, основно икономически.

4. Изводи:

- върху два типични сложни технически обекта – две стругови металорежещи машини с ЦПУ е приложена методика за сравнително изследване след модернизацията на електрическата им част по отношение на експлоатационната надеждност и работната ефективност,
- извършено е сравнение на числените стойности на конкретизирания набор от надеждностни показатели с цел определяне на по-добрия вариант от надеждностна гледна точка,
- на база на това сравнение е определен един от двата разглеждани варианти за модернизация на електрическата част на обекта като препоръчителен при бъдещи подобни модернизации.

Литература:

1. Aleksey Plaksin, Alexander Gritsenko, Konstantin Glemba; Modernization of the Turbocharger Lubrication System of an Internal Combustion Engine; Procedia Engineering, Volume 129, 2015, Pages 857-862, Elsevier Ltd.;
2. GregoryLevitin, AnatolyLisnianski; Optimal multistage modernization of power system subject to reliability and capacity requirements; Electric Power Systems Research, Volume 50, Issue 3, 1 June 1999, Pages 183-190, Elsevier Ltd.;
3. J.Koponen, J.Hakalathe, IGISOL collaboration, IGISOL control system modernization; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, Volume 376, 1 June 2016, Pages 341-344, Elsevier Ltd.;
4. Rakhimzhan Orumbayev, AndreyKibarin, Tatyana Khodanova, Maxim Korobkov; Economical and ecological assessment of hot-water boilers substitution or modernization within district heat supply systems across the Republic of Kazakhstan, Energy Procedia, Volume 141, December 2017, Pages 304-309, Elsevier Ltd.

COMPARATIVE RELIABILITY SURVEY OF THE RESULTS OF MODERNIZATION OF THE ELECTRICAL PART OF A COMPLEX TECHNICAL OBJECT

V. Boyadzhiev

Abstract: *This paper features some specifics of simulation modeling as well as the ways to describe Markov chains and Petri`s net in the process of researching automation complexes. Suggested is a way for synchronizing operations in automation sisteme. With the help of the ARENA software a simulation model of the automation sisteme for armature assembly was developed. The simulation results were applied for scaling the intermediate storages in the process of producing.*

Данни за автора:

Владимир Илиев Бояджиев, главен асистент доктор инж., катедра „Механика” при факултет „Техника и строителни технологии в транспорта”, Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”, Р. България, 1574 София, ул.”Гео Милев”, №158; тел.: 0889756075, e-mail: v.boyadjiev@abv.bg

НАШИЯТ ОПИТ В РАЗРАБОТВАНЕТО И ВНЕДРЯВАНЕТО НА СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА АВТОМАТИЗИРАНИ МАНИПУЛАТОРИ И ЛИНИИ СЪС СЪВРЕМЕННИ ЗА ВРЕМЕТО НА ТЯХНОТО СЪЗДАВАНЕ ТЕХНИЧЕСКИ СРЕДСТВА

Х. Шехтов

Резюме: *Разглеждат се някои оригинални технически решения в разработените и внедрени в дървообработващи и мебелни заводи под ръководството и с прякото участие на автора системи за автоматично управление работата на манипулатори и поточни линии. В тях са използвани функционалните възможности на съвременните за времето на тяхното създаване технически средства: релейни (контактни и безконтактни), програмируеми контролери, компютри.*

Ключови думи: манипулатори, автоматизирани поточни линии, сензори, релета, програмируеми контролери, компютри.

1. Въведение

Стремежът към въвеждане на механизирано и автоматизирано промишлено производство е мотивиран с желанието на човека да бъде облекчен, а при възможност, и изцяло заменен неговият труд с работата на подходящи технически съоръжения, с реализирането при това не само на социален, но и на икономически ефект. Възможностите това да бъде постигнато реално, са зависели от функционалните такива на наличните технически средства за автоматизация. С времето те са ставали все по-съвършени, надеждни в работата и, което е също важно, по-евтини и достъпни за използване. Тенденцията към реализиране на ефективно механизирано и автоматизирано производство е валидна не само за машиностроителното, химическите и другите основни промишлени производства, но и за дървообработващите и мебелните такива. Нашият дългогодишен опит – моят, в качеството ми на ръководител и пряк участник в работата на секция „Автоматизация“ за посочения отрасъл и на останалите нейни членове – специалисти се отнася до създаване и внедряване на голям брой манипулатори и поточни линии, за автоматичното управление на които, сме използвали най-различни, съвременни за времето си, технически средства. Тук отбелязвам само отделни акценти в нашите технически решения, илюстриращи използването на функционалните възможности на тези средства.

2. Описание на оригинални технически решения в разработени и внедрени от нас манипулатори и автоматизирани поточни линии.

Наличните у нас и в чужбина технически средства за автоматизация в края на 60-те години и началото на 70-те години на миналия век бяха релейните – първо, контактните, а след това и безконтактните. С тях трябваше да търсим подходящите за конкретната цел и надеждни в работа решения за автоматичен контрол и управление на манипулаторите и поточните линии. Характерно за повечето технологични операции и процеси в дървообработващата и мебелната промишленост е това, че те не само са дискретни (прекъснати), но и се изпълняват на отделните машини и съоръжения без спиране, т.е., в движение.

Това улесняваше реализирането на поточни линии, като връзката между технологичните машини ставаше с транспортни и други специализирани помощни съоръжения – манипулатори – захранващи, завъртащи или обръщащи детайлите, стифиращи и други устройства [1, 2, 3]. Самото управление на работата на поточните линии се осъществяваше във функция от изминат път (достигната от обработвания детайл определена позиция, в която следва да започне изпълнението или завършването на поредната операция), или, във функция от изтекло зададено време (най-често, необходима продължителност на позиционно извършвана технологична операция). Позиционно извършваните, т.е., при спрян от движение материал, операции в посочения отрасъл не са много. Примери за такива са пробивните операции, както и операциите за изсушаване на нанесени върху плочести детайли лакови покрития, ако тези операции са включени за изпълнение в поточна линия. В тези случаи, в управлението на нейната работа се въвеждаше забавено (през определени интервали от време) подаване на детайлите за обработка, съобразено с продължителността на позиционната операция. За предотвратяване на преждевременно подаване за обработване на следващ детайл, преди да е завършила позиционната операция върху предходния такъв, се включваше автоматично съответната блокировка. За нормалното протичане на работата на конкретната автоматизирана линия, въвеждахме в управлението й и други необходими блокировки. Такава, напр., осигуряваше нормалната работа на междинния манипулатор, тип ъглова станция, променяща посоката на движение на плочестия детайл на 90^0 запазвайки неговата ориентация [3]. В конструкцията й използвахме ролков транспортьор, подвеждащ детайлите към ъгловата станция и ремъчен, отвеждащ ги към следващата в линията технологична машина. Ремъците на последния (тип тънки ремъци с трапецовидно сечение) са под нивото на ролките на първия транспортьор при постъпване на поредния детайл в зоната на ъгловата станция, а за изнасянето му от нея, те се повдигат над тяхното ниво. Използваните блокировки тук, задействани автоматично при необходимост, предотвратяват постъпването на следващ детайл, ако ремъците на отвеждащия транспортьор са все още в горно положение, както и спускането на последните, ако отвежданият от тях детайл не е напуснал още зоната на ъгловата станция. За фиксирането на една или друга, важна за работата на линията позиция, използвахме в схемните решения т.н. пътни или крайни изключватели, респ., монтирани на съответни места безконтактни, най-често, оптични сензори. Известно е, че производителността на една автоматизирана поточна линия се лимитира от тази на машината с най-голяма продължителност на позиционно извършваната в нея операция. В разглежданите случаи това е пробивната машина. За постигане на по-висока производителност и в такива случаи, включвахме в линията две пробивни машини, като насочването на детайлите към тях ставаше по логиката: „нечетните“ – към едната машина, „четните“ – към другата. При наличие в линията на следваща машина (напр., машина за шлайфане), детайлите се „събираха“ отново в единен поток. Тук логиката беше друга: ако зоната във втората ъглова станция е свободна, в нея навлиза първият дошъл до това място детайл, независимо дали е „нечетен“ или „четен“, следващият изчаква освобождаването на работната зона на ъгловата станция. В някои от случаите имаше партиди от детайли, върху които не се изпълняваха всички технологични операции в линията. Кои операции – всички или част от тях върху коя партида детайли ще се изпълняват, задаваше в системата за управление операторът. Ако сред поредицата технологични операции трябваше да има и такава за изсушаване на нанесени върху детайлите лакови покрития, то тя се изпълняваше в камера, в която се поддържаше определена температура. Вратите на камерата – входна и изходна, се отваряха за кратко време с цел излизане от нея на детайла или детайлите с изсъхнало лаково покритие и влизане в нея на следващия, респ., на следващите детайли, ако те са повече от един. Продължителността на операцията „изсушаване на лакови покрития“ се задаваше чрез електронно реле за време, включвано в момент на постъпил (или постъпили) в камерата детайл (детайли) и затворени вече нейните врати.

Според дължината на детайлите от дадена партида – къси, средно дълги и дълги, в камерата детайлите постъпваха по три, респ., по два едновременно, или поединично. Такава възможност осигуряваше и системата за управление на линия, в която необходимото двустранно шлайфане на плочестите детайли се осъществяваше последователно на еднотипни машини със само горно, или само долно разположение на техните шлайфагрегати. Това налагаше между двете машини да има манипулатор - обръщателна станция, който да обръща на 180^0 детайла, или едновременно детайлите (по два или по три) след шлайфането им от едната страна [3].

Релейните технически средства за автоматизация, макар и с по-скромни функционални възможности в сравнение с тези, създадени в по-ново време, все пак позволяваха реализиране и на сравнително „сложна логика“ на управление. Ето някои примери от нашите решения за това.

През първата половина на 60-те години на миналия век, по мой проект, изградихме и внедрихме в най-големия наш завод за производство на врати и прозорци на гара Искър първата у нас и на Балканите и втората в Европа след западногерманската, автоматизирана линия за слепване на късомерни отпадъчни дъсчици с правоъгълно сечение в дългомерна, без ограничение на дължината й., дъска. Освен късомерни отпадъчни дъсчици, като изходни обекти се използваха и първокачествени такива, получени от по-нискокачествени дъски, след отстраняване от тях на налични дефекти като: чепове, пукнатини, загнили места и др. Технологични изследвания на дъски, получени от слепването с определени лепила на първокачествени късомерни елементи с нарязани на крайщата им клиновидни зъби с препоръчвани геометрични параметри, бяха показали висока тяхна якост, отстъпваща от тази на първокачествени цели дъски само с (2 - 4) %. На изградената автоматизирана линия се изпълняваха последователно следните технологични операции: окрайчване и нарязване на клиновидните зъби от дясната страна на дъсчиците, преместване на същите напред и в ляво до ограничителен упор, окрайчване и нарязване на клиновидни зъби (контрапрофил на първите) от лявата страна на дъсчиците, впръскване по зъбите и в междузъбните пространства на избраното лепило. Ясно е, че поради различната дължина на късомерните дъсчици, едновременното окрайчване и нарязване на съответния профил клиновидни зъби, не е възможно. Затова и обработването на левите крайща на дъсчиците се извършва не едновременно, а последователно. След впръскването на дозирано количество лепило върху левите крайща на детайлите, последните попадат върху ролков с винтови ролки транспортьор, който ги отвежда към мястото на снаждането им в непрекъснато увеличаващата дължината си дъска. Реализирането с релейния тип технически средства на система за автоматично управление на работата на поточна линия с описаните технологични операции на нея, общо взето, не представляваше трудност. Ще се спра на трудностите, които трябваше да преодолеем, разполагайки с посочените технически средства, за постигане на автоматично управление на операцията снаждане със слепване на детайлите в предвиденото за целта място. То беше фиксирано с монтирани близо един до друг два оптични сензори, на състоянието на които реагираха съответните фоторелета. Заложената логика на действие на линията в този участък беше следната: настъпващият към това място детайл задейства първия по хода на движението му сензор, а след него и втория, без да е отминал още първия (разстоянието между местата на монтаж на двата сензора е малко (1,5 ÷ 2 cm) – много по-малко от дължината на най-късите детайли. След като задният му край отмине първия сензор, се осъществява принудителното му спиране и, когато следващият го, задейства първия сензор, без да е „освободен“ още вторият, се осъществява от механичен хващач с хидравлично задвижване, набиване на задния детайл в предходния, т.е. изпълнява се желаното снаждане на късомерните детайли. Ще обърна внимание на сложността на проблема за решаване: в процеса на работа на линията в разглеждания участък, имат място две ситуации, видимо еднакви, но изискващи различни изпълнителни действия.

Става дума за ситуации на едновременно задействани и двата оптични сензори, в едната от тях – от едни и същи детайл, в другата – от различни такива. В първата ситуация изпълнителното действие е продължаване на движението на детайла до отминаване на задния му край мястото на първия сензор, когато той бива спрян и задържан неподвижен. Във втората, при задействани двата сензора от различни детайли, следва задействане на хващача за осъществяване на операцията „снаждане“ на детайлите. По него време нямаше още технически средства от типа „техническо зрение“, как с релейните такива системата за автоматично управление да различи двата случая на едновременно задействани и първият и вторият сензори? Решението беше намерено: двата случая на едновременно задействани и първият и вторият сензори се различават по това, че единият детайл при движението си задейства първия, без още да е задействан втория, докато при спрян вече предходен детайл в мястото на снаждане, вторият сензор е вече задействан, когато идващият следващ детайл задейства първия сензор. Ще добавя също, че спирането на движение на детайлите за осъществяване на тяхното снаждане, се извършва през различни интервали от време по изтъкната вече причина: различна дистанция между дъсчиците при движението им по ролковия подвеждащ транспортьор. За избягване на допълнителни спирания за осъществяване на обикновено считаната за позиционна операция – прерязване на дъската от слепени дъсчици на детайли с определена дължина, което би намалило значително производителността на линията, реализирахме нейното изпълнение от циркуляр, монтиран върху каретка. Последната се „избутваше“ от предния край на дъската докато циркулярният трион у прерязва, и, след като отрязаната дъска биваше стоварена, каретката се връщаше в изходна позиция.

Сравнително големи трудности срещнахме и по разработване с релейните технически средства на системи за автоматично управление работата на линии за сортиране на дървени трупи по геометрични параметри (диаметри) и качество [4] и за сортиране по качество на плочи от дървесни частици [5]. В първия случай броят на клетките (рамките, боксовете), в които следва да се стоварят трупите, е голям (24 ÷32), във втория – за стоваряне на плочите – по-малък (4 ÷ 6). Общият проблем е в това, че стоварянето на обектите на зададения адрес се осъществява при движението им един след друг, без спиране. Системата за автоматично управление трябва да „следи“ движението на всеки един обект и съобразно зададения му адрес, да го стовари в определената клетка. Без да коментирам подробно нашите технически решения на проблема, ще посоча, че в първите от тях заложихме на реализиране на изпълнителното действие „стоваряне на обекта в определената му клетка“ в момент, когато са налични едновременно два сигнала – единият, от релета за време, настроени всяко от тях на необходимото такова, детайлът да достигне, носен от транспортьор, съответната клетка, и вторият, от сензор, удостоверяващ, че той е вече в зоната за стоварянето му. Независимо от постигнатите и в двата случая – сортиране на дървени трупи и плочи от дървесни частици добри производствени резултати, потърсихме възможности за още по-добри решения с наличните релейни технически средства. Такива намерихме, като приехме като номера на клетките за трупите – от 1 до 32, а за плочите – от 1 до 6, двоичните им аналози, изразени само чрез нули и единици. Тяхното въвеждане в системата за управление, респ., тяхното „разчитане“, за определяне на мястото на стоваряне на обектите, не представляваше трудност: на нулите отговаряше изключено реле, а на единиците – включено. Това даде много добър резултат: многократно по-малък брой ангажирани в системата релета спрямо този в познати по литературни сведения решения на чуждестранни фирми и научни институти.

В началото на 70-те години на миналия век, на пазара се появяват нови технически средства – микропроцесорните програмируеми контролери. Към произвежданите такива в чужбина – от фирмите „ Брадли“, „Сименс“, „Омрон“, се добавиха и произведени наши, български контролери: „Изоматик“, „Програма 700“ и „Програма 1024“, „Прокон“ и др.

Тяхното използване в замяна на релейната автоматика не беше проблем: тя се въвеждаше лесно в програмируемия контролен. Ще посоча само един пример от наши технически решения, използващ контролера „Програма 700“, разработен от Института по приборостроене. С такъв осъществихме автоматично управление на линия за втора машинна обработка на плочести детайли в Софийски мебелен завод. Ще отбележа за сведение, че той разполагаше с 256 входо-изходи и можеше да замени действието на 512 релета. Без да използваме големите капацитетни възможности на контролера, постигнахме с него по-евтино, спрямо „чисто“ релейното, управление, по-голяма производителност на лимитиращата пробивна машина, а с това и на линията като цяло, облекчено нейно обслужване от работния персонал.

Съществено подобрение на техническите решения относно системите за автоматично управление на работата на поточните линии и на обслужващите ги спомагателни устройства – манипулаторите постигнахме, когато, през 80-те години на миналия век и след това, можехме да използваме вече и специализирани за работа в производствени условия компютри. Чрез тях, в частност, в системите за управление сортирането на дървените трупи, респ., на плочите от дървесни частици, заложихме осъществяването на автоматичен контрол – измерване на голям брой качествоопределящи параметри, пресмятане на други (напр., обем на трупите – поединично и на общия на стоварените такива във всяка клетка), съхраняване в паметта на системата на важни за обработваните обекти и за по-късно използване данни и др. Разработените и внедрени в производството наши технически решения с използване на компютри, отговаряха по качества на тези с аналогично предназначение, разработени от чуждестранни фирми, а във функционално отношение, продиктувани от специфичните изисквания на българските стандарти, в някои случаи ги и превъзхождаха.

3. Заключение

В продължение на многогодишен период от време разработвахме и внедрявахме системи за автоматичен контрол и управление работата на манипулатори и поточни линии с различно предназначение за нуждите на дървообработващата и мебелната промишленост. В тях използвахме съвременни за времето си, технически средства за автоматизация – контактни и безконтактни сензори и релета, микропроцесорни програмируеми контролери, специализирани компютри. Експлоатацията им в производствени условия потвърди заложената им функционалност, надеждност в работа и икономическа ефективност. Съвременните за днешното време технически средства за автоматизация са още по-съвършени, прецизни, бързодействащи и ефективни. Настъпи ерата на четвъртата промишлена революция – т.н. „Индустрия 4.0“, създаваща „умни“ заводи. В тях хиперфизичните системи контролират физичните процеси, създавайки виртуално копие на физическия свят и вземат независими децентрализирани решения. Новият подход в „Индустрия 4.0“ се гради на сбора от големи данни, обработването и използването им за съвършени действия и операции, независимо от човека. Основните й компоненти са „умни“ сензори, събиращи информация по време на производствения процес, включване в Интернет, позволяващо предаване на големи обеми от данни на хората, машините и заводите, облачен сервиз, предоставящ данни от кое да е място и др. В сравнение с предходните постижения на автоматизацията на промишлените производства, сегашните и очакваните в близко бъдеще, бележат нов, по-висок върх.

Литература:

1. Шехтов, Хр., Изграждане на икономически ефективни и надеждни в работата си автоматизирани линии за механично обработване на плочести мебелни детайли, Сборник с доклади от МНТК „АДП - 2015“.

2. Шехтов, Хр., Захранващи и стифиращи манипулатори към единични агрегатни машини и автоматизирани линии за механично обработване на плочести мебелни детайли, Сборник с доклади от МНТК „АДП - 2016“.
3. Шехтов, Хр., Свързващи манипулатори на агрегатни машини и съоръжения в автоматизирани линии за механично обработване на плочести мебелни детайли, Сборник с доклади от МНТК „АДП - 2016“.
4. Шехтов, Хр., Разработване, изграждане и внедряване на автоматизирани линии за сортиране на дървени трупи, Сборник с доклади от МНТК „АДП - 2013“.
5. Шехтов, Хр., Разработване, изграждане и внедряване на автоматизирани линии за сортиране на плочи от дървесни частици по качество, Сборник с доклади от МНТК „АДП - 2014“.

OUR EXPERIENCE IN THE DESIGN AND THE INTRODUCTION OF SISTEMS FOR THE CONTROL OF AUTOMATED MANIPULATORS AND STREAMLINES WITH MODERN TECHNICAL DEVICES AVAILABLE AT THE TIME OF THEIR CREATION

H. Shehtov

Abstract: *Some original technical solutions for systems with automatically controlled work of manipulators and streamlines have been considered. They were designed and introduced in woodworking and furniture plants under the guidance and direct participation of the author. The functional possibilities of the technical solutions, available at the time of their creation: sensors, relays (contact and contactless), programmable controlers, computers; have been used.*

Данни за автора:
Христо Константинов Шехтов, доктор на техническите науки, професор, GSM 0886 981 224, e-mail: hr.shehtov@mail.bg

THE LOCAL DEMO DAY FOR DA-SPACE OPEN INNOVATION LAB AT TU-SOFIA

L. Dimitrov, P. Tomov, G. Voutev, V. Ivanov, K. Nikolov

Abstract: *Enhancing the competences and entrepreneurial skills of business players are important topics for the strategic development of the economy in the country. The Open Innovation Laboratory the Technical University of Sofia is actively working to improve important development criteria such as the optimal compatibility of society and careers, a modern educational infrastructure that meets the requirements of modern industry. The DA-SPACE project is an important step in stimulating cooperation between science parks, universities, small and medium-sized enterprises and research-oriented institutions. The lab will provide the necessary impetus, providing a place to stimulate the knowledge-based industry to share economics and science, technology, engineering and automation. It aims to create the basis for digitization, creative and progressive thinking of the people in the country, to stimulate creativity, innovation and, ultimately, entrepreneurship. The laboratory acts as an independent center of scientific nature, organizational skills, great history and competence in the Danube region.*

Key words: Demo Day, Innovation Program Managers, Open Innovation Lab.

1. Introduction

The Danube region is very fragmented and presents great disparities among some of the most advance and most poor regions in EU. In many countries, SMEs despite been an engine of growth (e.g. they contribute to 70% to GDP only in Romania) have to struggle with an unfriendly business environment and the lack of support infrastructure for small businesses, thus being not able to internationalize their businesses. Additionally, the unemployment rates in some countries are still very high (Croatia 15,1%, Slovakia 10,3 %, Bulgaria 7.4%) while the share of highly educated people is lower than the EU 28% average. This scenario forces the most talented to go abroad. Next to this, the lack of entrepreneurship culture within the traditional learning model strongly impacts on the capacity of the Danube Regions to create new businesses with growth prospects.

DA-SPACE addresses these challenges by piloting an open innovation lab in which SMEs, PA and the civil society, can create fundaments for innovation together with young talents. Within this space, the cooperation among different stakeholders on a national and transnational level will generate new solutions and raise the entrepreneurial skills of all the actors involved.

DA-SPACE addresses the missing link between great ideas of young innovators and sustainable business creation. In a free open innovation lab these talents find support, mentors, and education to turn ideas into real innovations. Together with experts from industry and the service sectors concrete business models will be created and implemented either in new or existing SMEs. DA-SPACE fosters a sustainable innovative ecosystem in the Danube Region by developing a network among innovation stakeholders as universities, SMEs, public authorities and business sector able to produce positive effect on the local context and be a role model for further initiatives.

2. The Local Demo Day for DA-SPACE Open Innovation Lab at TU-Sofia

The Local Demo Day for DA-SPACE Open Innovation Lab at TU-Sofia was held on the 15-th of May 2018. The event joined together lab managers, current and future seekers and solvers and guests, including the Innovation Program Managers of the project prof. Lubomir Dimitrov, prof. Milka Vicheva, assoc. prof. Pancho Tomov, George Voutev of GIS, the managers of the TUS OIL assist. prof. Vladislav Ivanov and MEng Kiril Nikolov, as well as the General Manager of Hardware Design Ltd. Alen Pachov.



Fig.1 The Local Demo Day for DA-SPACE Open Innovation Lab at TU-Sofia-15.05.2018



Fig.2 The Local Demo Day for DA-SPACE Open Innovation Lab at TU-Sofia-15.05.2018

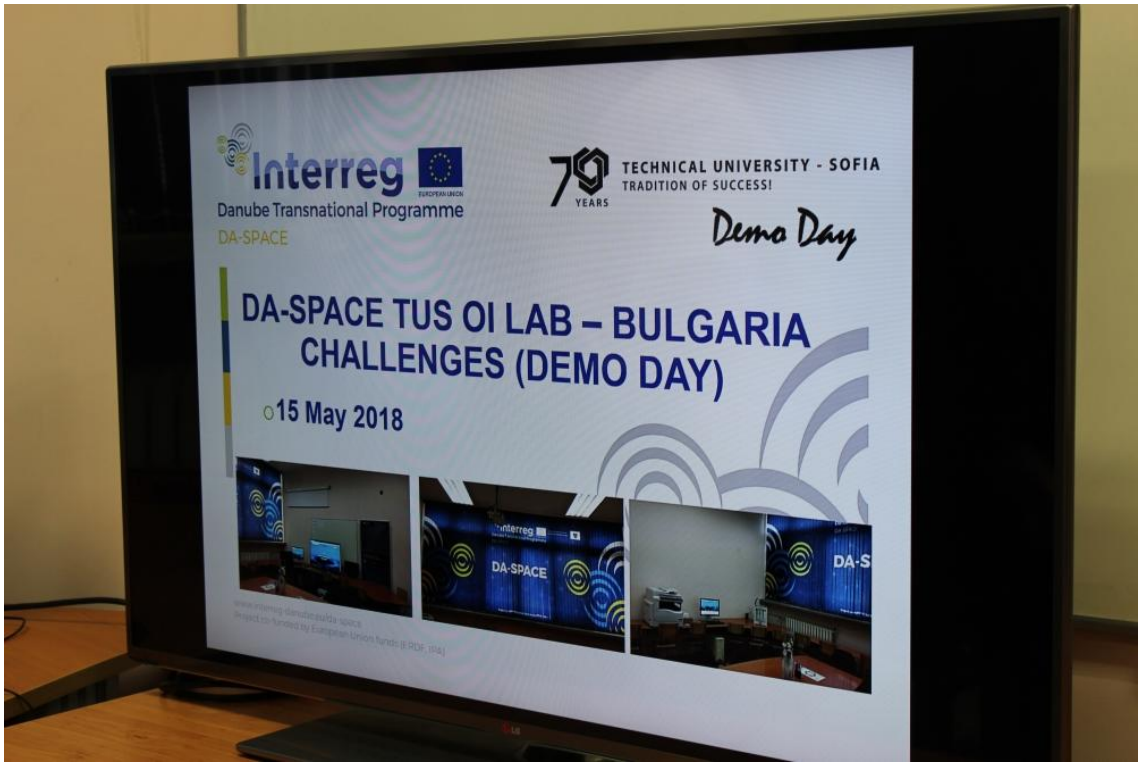


Fig.3 The Local Demo Day for DA-SPACE Open Innovation Lab at TU-Sofia-15.05.2018

The seven teams of solvers, working on the challenges presented the results of their work – products with different level of maturity, starting from just a finished survey and analysis up to a fully operating prototype.



Fig.4 The Local Demo Day for DA-SPACE Open Innovation Lab at TU-Sofia-15.05.2018

Some problems, which both seekers and solvers were facing in their joint work, were discussed during the meeting and new ideas were proposed to increase the efficiency of the Lab. A discussion was also held about the entrepreneurship training which is already running at the lab.



Fig.5 The Local Demo Day for DA-SPACE Open Innovation Lab at TU-Sofia-15.05.2018

A jury including prof. Lubomir Dimitrov, assoc. prof. Pancho Tomov and assist. prof. Vladislav Ivanov had the not so difficult task of evaluating the achievements of the solvers which are the result of a 5-7 months of work. Some of the evaluation criteria were maturity of the product, level of difficulty, innovativeness and business potential and the obvious winner was the team working on the challenge "*Self-calibrating multi material 3D printer*" – Alexander Hristov and Radoslav Madzharov. The winning team, following the guidelines for conducting of a local Demo Day will have the opportunity to travel to Pula, Croatia, for the International Demo Day, which will be held in the period 27-28.06.2018.

Last but not least the guest professor from Novi Sad, Serbia – Prof. Dr. Vojin Senk held a short lecture on the topic "*Starting high-tech environment out of necessity – case of the University of Novi Sad, Serbia*".



Fig.6 The Local Demo Day for DA-SPACE Open Innovation Lab at TU-Sofia-15.05.2018

The lecture was extremely interesting and useful because it showed the audience that there is always something positive to look after and how the combined work of a lot of people is always successful, even when is being done against all odds, and by doing that it becomes the foundation on which many other similar projects can build on.



Fig.7 The Local Demo Day for DA-SPACE Open Innovation Lab at TU-Sofia-15.05.2018

Acknowledgements:

This study is supported by “DA-SPACE - Open Innovation to raise Entrepreneurship skills and Public Private Partnership in Danube Region”.

ЛОКАЛЕН ДЕМО ДЕН НА ЛАБОРАТОРИЯТА „ОТВОРЕНИ ИНОВАЦИИ” КЪМ ТУ-СОФИЯ

Л. Димитров, П. Томов, Г. Вутев, В. Иванов, К. Николов

Резюме:

Подобряването на компетенциите и предприемаческите умения на “бизнес играчите” са важни теми за стратегическото развитие на икономиката в страната. Лабораторията по Отворени иновации към Техническия университет в София активно работи за подобряване на важни критерии за развитие като оптималната съвместимост на обществото и кариерата, модерна образователна инфраструктура, която да отговаря на изискванията на съвременната индустрия. Проектът DA-SPACE е важна стъпка в стимулирането на сътрудничеството между научните паркове, университетите, малките и средните предприятия и институциите, ориентирани към научните изследвания. Лабораторията ще осигури необходимите предпоставки, осигурявайки място за стимулиране на индустрията, основана на знанието науката, технологиите, инженерството и автоматизацията. Тя има за цел да създаде основата за цифровизация, творческо и прогресивно мислене на хората в страната, да стимулира творчеството, иновациите и в крайна сметка предприемачеството. Лабораторията действа като независим център с научен характер, организационни умения, дългогодишни традиции и компетентност в Дунавския регион.

Data Autors:

L. Dimitrov, prof., Technical University Sofia, Bulgaria, lubomir_dimitrov@tu-sofia.bg
P. Tomov, prof., Technical University Sofia, Bulgaria, pkt@tu-sofia.bg
G. Voutev, GIS Transfer Center Foundation, Sofia, Bulgaria, inventa@einet.bg
V. Ivanov, assist. prof., Technical University Sofia, Bulgaria, vvi@tu-sofia.bg
K. Nikolov, Technical University Sofia, Bulgaria, knikolov90@tu-sofia.bg

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НА СТАНДАРТИЗИРАНИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ УСТРОЙСТВОТО, МОНТАЖА И ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА ГАЗОВИТЕ СЪОРЪЖЕНИЯ И УРЕДИ

Б. Илиева, Р. Йорданов, Т. Цветков

Резюме: *В настоящата статия е направена систематизация и класификация на стандартизираните изисквания към устройството, монтажа и експлоатацията на газовите съоръжения според национално и европейско законодателство. Европейското законодателство обхваща голяма база от нормативни актове, които се използват, за да се оцени съответствието на продуктите с изисквания за безопасност посочени в тях.*

Ключови думи: газови съоръжения и уреди, хармонизирани стандарти, маркировка, безопасност, европейско техническо законодателство.

1. Въведение

Въвеждането на Европейското техническо законодателство/ЕТЗ/ и прилагането на хармонизираните с него стандарти постави българският бизнес пред необходимостта да пускат на пазара безопасни продукти. Осигуряването на контрола и техническият надзор на газовите съоръжения означава познаване и прилагане на изискванията на директивите на ЕТЗ и хармонизираните с тях стандарти в процеса на проектиране, производство, монтаж и експлоатация. Необходимо условие за свободното движение на продуктите в Единния Европейски пазар (ЕЕП) е тяхната безопасност. Тя се гарантира като се докаже съответствието на продуктите с изискванията на европейското законодателство.

Българският производител не познава тези изисквания задълбочено и за сега не спазва изцяло условията за свободно движение на продуктите.

2. Класификация на газовите инсталации

Според действащата в момента нормативна уредба, индустриалните газови инсталации следва да са снабдени с необходимите устройства и автоматика според приложението им. Те се съобразяват с експлоатационните условия и изискванията за безопасна работа. Предназначението им е да поемат механичните, химичните и топлинните натоварвания на промишлените газови инсталации при нормален режим на експлоатация. Промишлените газови инсталации се класифицират в зависимост от работното им налягане в комплекс със съоръженията към тях. На основата на този критерии инсталациите се определят като:

- Системи с работно налягане до 0,01 MPa;
- Инсталации с работно налягане от 0,01 MPa до 0,2 MPa;
- Системи с работно налягане от 0,2 MPa до 0,5 MPa;
- Инсталации с работно налягане от 0,5 MPa до 1,6 MPa;
- Инсталации с работно налягане над 1,6 MPa. [2]

2.1 Изисквания към газопроводите

Газопроводите също трябва да отговарят на определени изисквания. Те следва да бъдат изработени от безшевни или електро-заварени стоманени тръби, медни тръби, тръби от полиетилен с висока плътност, тръби от поливинилхлорид и други материали, специфицирани за природен газ при определено налягане.

Газопроводите на територията на производствените предприятия се изграждат по начин, отговарящ на изискванията за работа с газ и с възможност да се обезгазяват, продухват и почистват. Възможно е монтирането на надземни газопроводи върху негорими колони, опори и естакади, на височина най-малко 0,35 m от прилежащия терен. Разрешен е надземният монтаж и съвместно с други технически проводи върху едни и същи колони и естакади, при спазване на нормативните изисквания за пожарна и аварийна безопасност. Необходимо е да се осигури възможност за монтаж и техническо обслужване. Надземни тръбопроводи се монтират и върху външните стени и негорими покриви на сгради, когато газопроводите са с налягане до 0,5 MPa. В помещенията на производствените сгради се допускат газопроводи за налягания над 0,5 MPa в технически обосновани случаи.

2.2 Газорегулаторни пунктове

Едно от изискванията към промишлените газови инсталации е те да бъдат снабдени с газорегулаторните пунктове (ГРП). Предназначението им е да понижават налягането на природния газ с оглед осигуряване на безопасна експлоатация и работа на автоматичен режим. Съществуващите ГРП с входящо налягане до 0,6 MPa включително, изградени до влизане в сила на наредбата, се приравняват към ГРП с входящо налягане до 0,5 MPa. В този случай те могат да се монтират непосредствено при потребителите на газ - в затворени помещения, покрити пространства, шахти, ниши или шкафове. Допуска се разполагане на ГРП с входящо налягане над 0,5 MPa непосредствено в производствени помещения или в пристройки към тях в случаите, при които технологията на производството изисква подаване на газ с налягане над 0,5 MPa. Газорегулаторните пунктове се разполагат и на открити площадки, но трябва да отговарят на изискването да са 1,5 m под нивото на прилежащия терен. В тези случаи откъм работната страна на ГРП се осигурява свободно пространство с широчина най-малко 1 m. При необходимост от тръби за приток на въздух, съответно за обезвъздушаване, извеждането им се извършва най-малко на 2 m над нивото на прилежащия терен. Следва те да се осигуряват срещу запушване.

Нормативният документ позволява ГРП или части от тях (кранове и филтри) да се монтират на оградени открити площадки на територията на промишлени предприятия, когато климатичните условия позволяват нормалното им функциониране. Трябва да се има предвид посоченото в чл.145 условие, а именно газорегулаторните пунктове да се монтират на разстояние от газовите съоръжения и прибори. По този начин се осигурява защитата им от недопустимо загряване от излъчвана топлина, от прелитащи искри и от открит пламък. А в работното помещение, съответно в непосредствена близост до ГРП, не се допуска монтирането на съоръжения, нямащи отношение към работата на ГРП. Не се допуска и ГРП да преграждат входа на помещения, като покрай тях се осигурява проход, равен най-малко на 1 m. За газорегулаторните пунктове шкафово изпълнение, монтирани върху негорими основи или негорими стени, е налице важно условие. Шкафовете на ГРП и газорегулаторните табла (ГРТ) следва да се изработват от негорими или трудногорими материали, неразпространяващи горенето и с вентилационни отвори в горната и долната им част. [2]

2.3 Предпазен отсекателен вентил

При задействане на устройството за сигурност и затваряне на предпазния отсекателен вентил (аварийно изключване), е важно да се осигури единствено ръчното му отваряне. Автоматичното включване след спад в напрежението се допуска само при специални условия, посочени в инструкцията за експлоатация. Самият предпазен отсекателен вентил прекратява достъпа на гориво до горелката (горивната уредба) при аварийни ситуации. Сред тях са: недопустимо понижаване налягането на газа; недопустимо повишаване налягането на газа над защитната граница; недостиг на въздух и изгасване на пламъка.

Достъпът на гориво се прекратява и при отпадане на захранващото напрежение или на външната енергия (например налягането на въздуха и др.); прекъсване на топлопренасящия флуид; отказ на инсталацията за отвеждане на димните газове и повишаване на температурата в инсталацията над допустимата.

2.4 Изисквания за газовите готварски уреди

БДС EN 203-1 Газови готварски уреди. Част 1: Общи изисквания за безопасност определя общите изисквания и конструктивните и експлоатационни характеристики, свързани с безопасността, маркировката и съответните методи за изпитване на професионални газови уреди за готвене и печене.

Уредите се разделят:

• на категории, определени според естеството на газовете и наляганията, за които са предназначени

• на типове според методите за отвеждане на продуктите от изгаряне и подаването на въздух за горене.

Тип А

Тип А1: Уред без вентилатор

Тип А2: Уред с вентилатор след горивната камера/топлообменника

Тип А3: Уред с вентилатор преди горивната камера/топлообменника

Тип В Уред, предназначен за свързване към димоотвод, който отвежда продуктите от изгаряне извън помещението, в което е монтиран. Въздухът за горене се взема директно от помещението.

Тип В1: Уред от тип В с клапа за тяга, вградена в кръга на продуктите от изгаряне;

Тип В11: Уред от тип В1 с естествена тяга;

Тип В12: Уред от тип В1, предназначен за димоотвод с естествена тяга, с вентилатор, вграден след горивната камера/топлообменника и преди клапата за тяга;

Тип В13: Уред от тип В1, предназначен за димоотвод с естествена тяга, с вентилатор, вграден преди горивната камера/топлообменника;

Тип В14: Уред от тип В1, който е с вентилатор, вграден след горивната камера/топлообменника и клапата за тяга;

Тип В2: Уред от тип В без клапа за тяга;

Тип В22: Уред от тип В2 с вентилатор, вграден след горивната камера/топлообменника;

Тип В23: Уред от тип В2 с вентилатор, вграден преди горивната камера/топлообменника.

Уред, който не е предназначен за свързване към димоотвод или устройство за отвеждане на продуктите от изгаряне извън помещението, в което е монтиран. Тези уреди трябва да се монтират при достатъчна вентилация, за да се избегне образуването на недопустими концентрации на вредни за здравето вещества в помещението. Изискванията се посочват в инструкциите за монтаж.

Стандартът посочва какви са единствените допустими операции за преминаване към газ от една група или клас и за приспособяване към различни налягания на захранващия газ.

Всички части на уреда трябва да издържат на механичните, химичните и топлинните въздействия, на които може да бъдат подложени по време на работа. Не се използват материали, съдържащи азбест. Материалите за уплътняване трябва да са подходящи за контакт с газа и да са съобразени с механичните и топлинните условия. Отворите за винтове, щифтове и други, предназначени за монтиране на елементи, различни от тези, които пренасят газ, не трябва да достигат до газовите канали.

Стандартът определя конкретни изисквания за конструкцията на отделението за бутилката за газ.

Отворът трябва да е с размер, който позволява лесното й поставяне и изваждане, като не трябва да се допуска случайно да се блокират или възпрепятстват вентилационните отвори на отделението, когато бутилката е поставена. [1]

За други положения може да се използват следните символи:

• напълно включена(горелка):  голям пламък

• намален разход (ако има):  малък пламък

• положение за запалване ★ звезда.

Всяко специфично положение на крана за управление и всеки специален бутон, използван за запалване, се маркират със стилизирана звезда.

Всички горелки трябва да са снабдени с устройство за контрол на пламъка. То винаги предизвиква енергонезависима блокировка в случай на липса на пламък и в случай на повреда на чувствителния елемент.

Системата за автоматично управление на горелката трябва да отговаря на съответните изисквания на EN 298, отнасящ се за газови горелки и газови уреди на газообразни или течни горива, с изключение на изискванията за степен на електрическа защита, устойчивост, маркировка и инструкции.

В случай на липса на пламък системата трябва да предизвика най-малко възстановяване на искрата или повторение на цикъла или енергозависима блокировка.

Монтирането на газов регулатор е по избор за всички категории уреди. Стандартът посочва какви трябва да бъдат регулиращите устройства. Всеки уред трябва да има точка за налягането на изпитване, разположена възможно най-близо до съединението за захранване с газ, която позволява неговото измерване.

Стандартът определя експлоатационните изисквания за различен тип уреди, например за уплътняване на газовия кръг, постигане на количеството газ, безопасност при работа, горене и др. Изпитванията се провеждат като функция от категорията, към която принадлежи уредът. Температурата в помещението трябва да се поддържа в обхвата (20 ± 5) °C, да има подходяща вентилация, но да няма течения, които биха могли да окажат влияние. Стандартът подробно описва практически метод за изпитване, както и различни специални изпитвания. Стандартът определя и специфични изисквания за елементите на газовия кръг. Работата на горелката не трябва да се влияе от каквито и да е неволни действия. Всяка горелка (или група от горелки, проектирани да работят само едновременно) се контролира от спирателно устройство.

Устройството за спиране може да работи ръчно или автоматично, но спирането трябва да се извършва без закъснение. Положение „затворено“ трябва да е маркирано със запълнен кръг или с окръжност с диаметър, най-малко 3 mm.

Цялата информация върху уреда и в инструкциите трябва да бъде дадена в съответствие с изискванията на този стандарт и на езика на държавата, където уредът се пуска в експлоатация.

3. Изводи

- Систематизирани са връзки между изисквания и норми и определяне на нормите от хармонизираните стандарти за типовете продукти в групите.
- Направен е анализ, изследване, проучване и систематизация на директиви и стандарти отнасящи се до газови съоръжения.
- Представена е систематизация за групи продукти и стандарти за тях.

Работата е с финансовата подкрепа на НИС при ТУ-София, дог.№ 172ПД0014-06.

Литература:
1. БДС EN 203-1 Газови готварски уреди
2. НАРЕДБА за устройството, безопасната експлоатация и техническия надзор на газовите съоръжения и инсталации за втечнени въглеводородни газове Приета с ПМС № 243 от 10.09.2004 г., обн., ДВ, бр. 82 от 21.09.2004 г., в сила от 22.10.2004 г., изм., бр. 104 от 26.11.2004 г., изм. и доп., бр. 32 от 18.04.2006 г., в сила от 1.01.2007 г., изм., бр. 40 от 16.05.2006 г., в сила от 5.05.2006 г., изм. и доп., бр. 85 от 20.10.2006 г., бр. 64 от 18.07.2008 г., в сила от 19.08.2008 г., доп., бр. 32 от 28.04.2009 г.

SYSTEMATIZATION OF STANDARDIZED REQUIREMENTS FOR GAS EQUIPMENT, INSTALLATION AND OPERATION OF GAS EQUIPMENT

B. Ilieva, R. Yordanov, T. Tcvetkov

Abstract: *This article deals with the systematization and classification of standardized requirements for the installation, installation and operation of gas installations according to national and European legislation. European legislation covers a large body of normative acts that are used to assess the compliance of products with the safety requirements specified therein.*

Данни за авторите:
Боряна Петкова Илиева, доцент доктор инж., катедра „ОТСК” при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, тел.: 965 37-85, e-mail: bilieva@tu-sofia.bg
Румен Стойнев Йорданов, доцент доктор инж., кат. „ПТУ“ при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, e-mail: rsi@tu-sofia.bg
Тодор Антонов Цветков, докторант, магистър инж., катедра “ПТУ” при, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, e-mail: mummy_todo@abv.bg

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 2

“ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНИ ЗА АВТОМАТИЗИРАНОТО ДИСКРЕТНО ПРОИЗВОДСТВО”

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ШЕСТЕРЁН ЧЕРВЯЧНЫМИ ФРЕЗАМИ

М. Кане

Аннотация: *В докладе показана актуальность проблемы совершенствования процесса зубофрезерования цилиндрических шестерён червячными фрезами в направлении повышения его производительности. Для решения этой задачи принят метод увеличения режимов резания за счёт улучшения условий работы инструмента. Для достижения поставленной цели автором предложен новый способ зубофрезерования цилиндрических шестерён с импульсной подачей. В докладе описан этот способ, перечислены его особенности и преимущества, приведены зависимости для расчёта его основных характеристик.*

Ключевые слова: зубофрезерование цилиндрических шестерён червячными фрезами, импульсная подача, условия резания, стойкость инструмента, увеличение производительности.

1. Состояние вопроса. Задачи исследования.

Цилиндрические зубчатые колёса относятся к числу наиболее массовых, сложных и ответственных деталей машин. Нарезание зубьев этих шестерён примерно для 90% типоразмеров производится на зубофрезерных станках с непрерывной подачей заготовки или инструмента червячными фрезами. Основными недостатками этого процесса являются низкие производительность обработки и стойкость червячных фрез. По этой причине себестоимость и трудоёмкость данной операции составляет обычно 40 – 60% этих показателей для всего процесса изготовления шестерни. Точность готовых цилиндрических шестерён в значительной степени формируется на операции их зубонарезания. Наши исследования показали, что для шестерён, прошедших после зубонарезания операции шевингования, химико- термической обработки, зубохонингования или зубообкатки, вклад операции зубонарезания в дисперсии параметров качества готовых шестерён достигает 49%. Сказанное выше подтверждает актуальность задач повышения производительности и точности процесса зубофрезерования цилиндрических шестерён червячными фрезами.

2. Основные результаты

Для достижения поставленных целей нами предложено улучшить условия резания при зубонарезании путём использования импульсной подачи. В соответствии с предложенным способом [1] импульс осевой подачи заготовки 2 или фрезы 1 (рис.1) происходит в момент пересопряжения соседних зубьев фрезы с заготовкой, т.е. в момент, когда один зуб (например зуб 3) полностью (его вершина находится в точке α) или в основном (вершина в точке α') закончил резание, а следующий зуб его ещё не начал (вершина зуба 4 находится в точке b или b' вне заготовки). Данный метод может быть использован при нарезании зубьев или шлицев червячной или дисковой модульной фрезами, желательно при попутном фрезеровании.

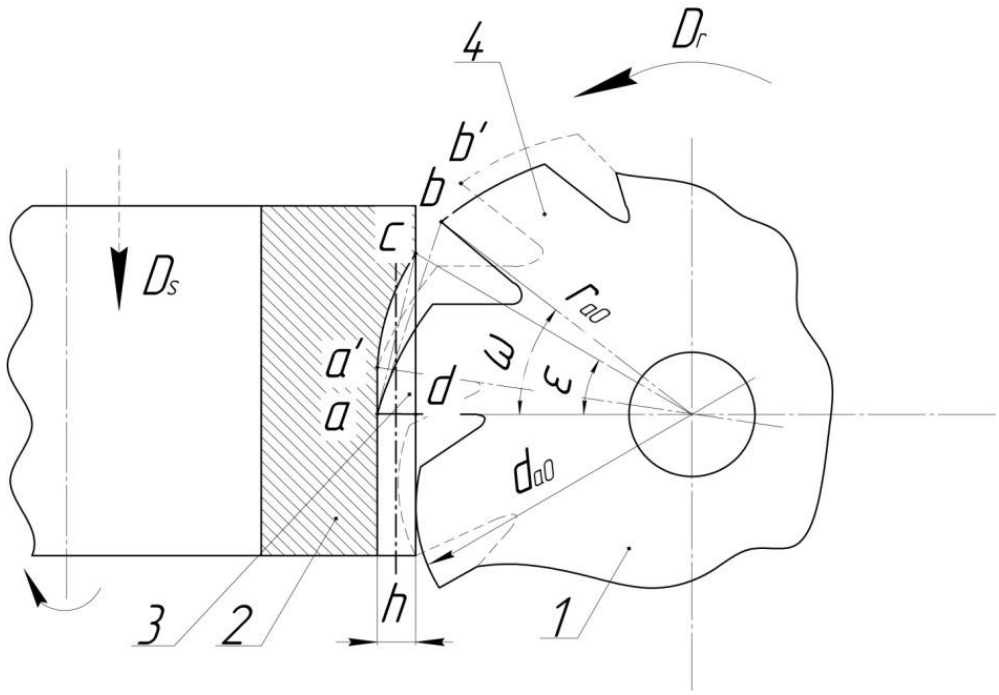


Рис.1. Схема зубофрезерования цилиндрических шестерён с импульсной подачей

Предложенный метод нарезания зубьев цилиндрических шестерён позволяет существенно улучшить условия резания по сравнению с существующими методами. Это объясняется следующим:

- После каждого импульса подачи стружку максимальной толщины снимает новый зуб фрезы, т.к. импульс подачи происходит при повороте фрезы на число зубьев К, не кратное числу зубьев фрезы z_0 .Это позволяет по сравнению с традиционной схемой обработки увеличить толщину стружки, снимаемой каждым зубом, снизить температуру фрезы и заготовки и равномерно распределить нагрузку между зубьями фрезы, так как все они совершают одинаковую работу. Экспериментальная реализация предложенного метода при зубофрезеровании червячной фрезой показала, что заготовки практически не нагревались, в то время как при традиционной схеме резания их температура достигала 50°С;
- Отсутствие относительного перемещения фрезы и заготовки в процессе резания позволяет увеличить жесткость системы заготовка-инструмент примерно на 40% по сравнению с традиционной схемой резания (во столько раз, как известно, жесткость любой системы в статике больше жёсткости этой системы в динамическом состоянии). Увеличение жёсткости технологической системы позволяет уменьшить деформации системы и вибрации при резании, повысить точность обработки.
- Увеличение толщины стружки, как известно из опыта фрезерования с попутной подачей и применения прогрессивной схемы резания, способствует уменьшению удельной силы резания и приводит к повышению стойкости инструмента.
- Резание с переменной подачей, как показали исследования для различных видов обработки [2], способствует снижению интенсивности изнашивания инструмента и повышению производительности обработки.
- Применение данного метода облегчает автоматизацию управления величиной минутной подачи за счёт изменения величины К.

Основными характеристиками предложенного способа являются:

1. Число импульсов подачи заготовки или инструмента в минуту

$$n_{имп} = \frac{n_0 z_0}{K}\ ,мин^{-1} \quad (1)$$

где n_0 – частота вращения фрезы, мин$^{-1}$; z_0 – число реек червячной или зубьев дисковой модульной фрезы; K – целое число, не кратное z_0.

2. Величина импульса подачи l , мм

$$l = S_0 \frac{n}{n_{имп}} = S_0 \frac{K}{z z_0 i}, \text{ мм} \quad (2)$$

где S_0 – подача на оборот заготовки, мм/об; n – частота вращения заготовки, об/мин; z – число зубьев нарезаемого зубчатого колеса; i – число заходов червячной фрезы

3. Допустимая продолжительность импульса подачи из условия его выполнения в момент пересопряжения соседних зубьев фрезы с заготовкой, т.е. на участке bc (рис.1)

$$t_{имп}=\frac{L}{v_r\ 1000}\ , \text{мин} \quad (3)$$

где L – длина пути вершины зуба 4 (рис. 1) фрезы, на котором происходит импульс подачи, мм; v_r – скорость вращения фрезы, м/мин.

Значение L (длина дуги bc на рис.1) с достаточной точностью может быть найдено как разность хорд ab и ac (рис.1) по формуле:

$$L=ab - ac = \sqrt{2r_{a0}h} - 2r_{a0}\sin(\pi/z_0), \text{ мм} \quad (4)$$

4. Скорость импульсной подачи, м/мин

$$V_s=\frac{l}{t_{имп.д}\ 1000}\ ,\text{м/мин} \quad (5)$$

где $t_{имп.д}$ – действительная продолжительность импульса подачи

5. Минутная подача заготовки или фрезы

$$S_{мин} = l\ n_{имп} = l n_0 \frac{z_0}{K}, мм/мин \quad (6)$$

Применение импульсного зубофрезерования для заданных размеров обрабатываемой шестерни и используемой фрезы возможно при соблюдении одного из приведенных ниже условий: L>0 или ω>ε (рис.1).

Нами выполнено экспериментальное исследование данного метода на модернизированном зубофрезерном полуавтомате мод.5Б312 на Минском заводе шестерён при обработке дет.130-1701112 (m=4,25 мм ,z=45, h=7,896 мм) с использованием червячной фрезы, имевшей z_0 = 10, r_{a0} =50 мм. Были приняты следующие режимы обработки: n_0 =100 мин$^{-1}$, v_r =30 м/мин, К=3, $n_{имп}$=333 имп/мин, S_0 =4 мм/об. При этих режимах имели место следующие параметры процесса зубонарезания с импульсной подачей: $t_{имп}$ =0,0058 с., l= 0,026 мм, V_s =0,43 м/мин, L=2,9 мм. Значения $S_{мин}$ для принятых режимов путём изменения К могут находиться в пределах 3…26 мм/мин. Анализ этих данных свидетельствует о следующем:

- Скорость движения импульсной подачи во много раз (примерно в 72 раза) меньше скорости главного движения резания. Поэтому импульс движения подачи без ухудшения условий резания может происходить с опережением, т.е. до момента, когда один зуб фрезы придёт в точку α. При этом будет лишь незначительно уменьшаться мгновенная скорость резания. На рис 1такое положение фрезы показано пунктирной линией. При этом действующая на зуб 3 сила резания должна уменьшиться до максимально допустимой с

точки зрения необходимого увеличения стойкости фрезы при использовании данного метода. Значение этой силы определяется опытным путём. Использование этого явления позволяет значительно увеличить значение L и расширить область применения данного метода данных условий (8,9 мм/мин). Это свидетельствует о более широком диапазоне изменения режимов резания у предлагаемого метода по сравнению с традиционным и расширении возможностей нового метода по увеличению производительности процесса зубонарезания.

- Максимальное значение $S_{мин,}$, которое можно достичь при использовании зубофрезерования с импульсной подачей при n_0 =100 об/мин, z=45, S_0 =0,4мм/об составляет 26 мм/мин, что примерно в 3 раза больше по сравнению с традиционным зубофрезерованием для этих же условий (n_0 =100об/мин, z_0 =45, $S_{мин}$ =8,9 мм/мин).

3. Выводы:

- Анализ процесса зубофрезерования с импульсной подачей показывает, что он позволяет по сравнению с зубофрезерованием с непрерывной подачей улучшить условия резания за счёт уменьшения удельных сил резания, температуры в зоне резания, более равномерной нагрузки на зубья фрезы, повышения жёсткости технологической системы при резании, уменьшения её деформаций и вибраций. Использование метода облегчает также автоматизацию регулирования режимов резания. Всё это способствует увеличению стойкости инструмента, повышению производительности и точности обработки.
- Экспериментальные исследования данного процесса подтвердили его эффективность: установлено уменьшение среднего износа зубьев червячной фрезы в 1,4 раза, максимально возможного износа-в 1,6 раза, интенсивности износа зубьев-в 1,8 раза, увеличение точности зубьев в 1,2 раза. За счёт интенсификации режимов зубофрезерования червячной фрезой его производительность может быть увеличена в 1,5 раза.

Литература:

1. А.с. 1255315 СССР, МКИ В 23 F 5/20. Способ фрезерования цилиндрических зубчатых колёс.
2. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания./ В.Н.Подураев – М.: Машиностроение, 1977 – 304 с.

IMPROVEMENT OF TOOTH CUTTING OF CYLINDRICAL SIXER BY WRENCHES

M. Kane

Abstract: *The report shows the urgency of the problem of improving the process of gear milling of cylindrical gears with worm cutters in the direction of increasing its productivity. To solve this problem, a method has been adopted to increase the cutting conditions due to the improvement of the working conditions of the tool. To achieve the goal, the author proposes a new method for gear milling of cylindrical gears with impulse feed. The report describes this method, lists its features and advantages, and shows the dependencies for the calculation of its main characteristics.*

Данные об авторе:

Марк Моисеевич Кане, профессор кафедры «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета», доктор технических наук, Республика Беларусь, 220013, гр. Минск, Проспект Независимости, 65 ,тел. +375 17 293 92 97,e-mail: kane_08@mail.ru

КОМБИНИРАНИ ИНСТРУМЕНТИ ЗА ПОВЪРХНОСТНО ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМИРАНЕ С РАДИАЛНО ПОДАВАНЕ

Т. Аврамова, Г. Стефанов

Резюме: *Като метод за довършващо обработване, повърхностното пластично деформиране (ППД) подобрява експлоатационните характеристики на обработените повърхнини и повишава качеството им. Освен това се постига и значително намаляване на времето за обработване в сравнение с другите довършващи методи. При използването на комбинирани инструменти се създават условия за съвмешаване на предшестващото обработване, което води до увеличаване на производителността на обработване.*

Ключови думи: Повърхностно пластично деформиране; качество на повърхнината; комбинирани инструменти с осово и радиално подаване.

1. Увод

Като метод за довършващо обработване, прилагането на повърхностното пластично деформиране (ППД), повишава качеството на обработените повърхнини и подобрява експлоатационните им характеристики. Освен това се постига и значително намаляване на времето за обработване в сравнение с другите довършващи методи [1, 4].

Съчетаването на предшестващото и довършващото обработване, (рязането и ППД) води до прилагането на комбинирани инструменти за ППД. Създават се условия за увеличаване производителността на довършващото обработване при запазване предимствата на метода ППД.

Известни са комбинирани инструменти, съставени от режещ (РМ) и деформиращ (ДМ) модул, като деформиращият модул представлява инструмент за повърхностно пластично деформиране с осово подаване на деформиращите елементи [1, 2]. Въпреки сравнително широкото им разпространение налице са някои слабости, произтичащи от схемата на обработване и вида на деформиращият модул [3, 5]:

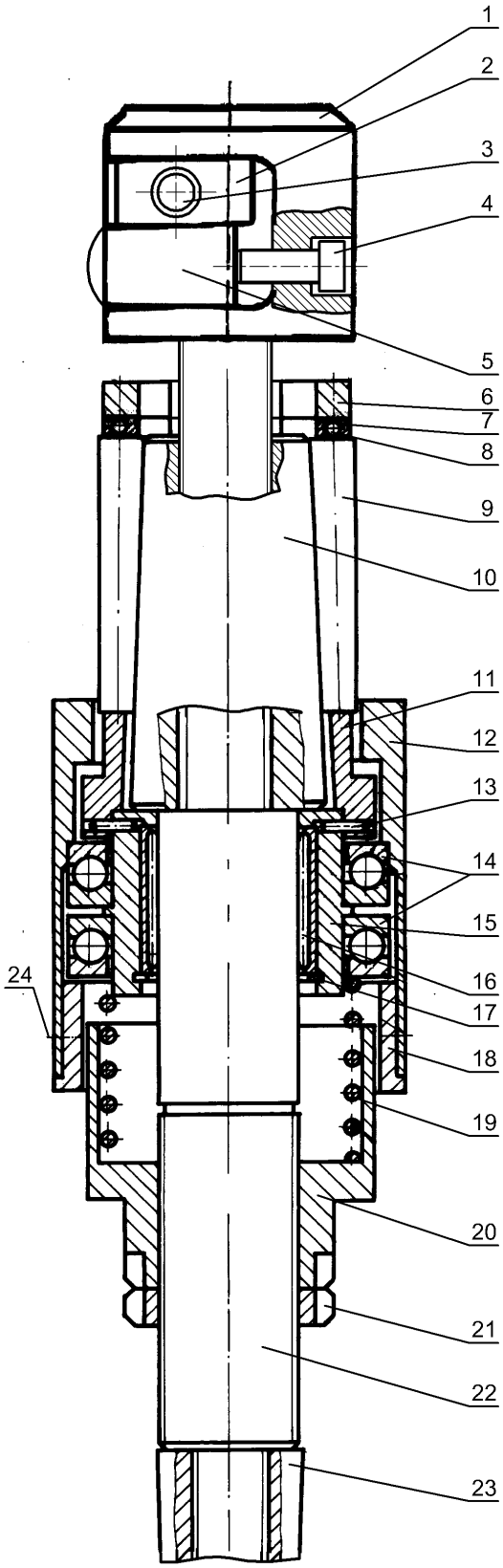
- съчетаването на двата процеса води до значителни трудности при определяне на оптимални, за всеки от тях, елементи на режима на обработване чрез едновременното им реализиране при довършващото обработване.

2. Изложение

Комбинираният инструмент, удовлетворяващ посочените по-горе условия, е показан на фиг.1. Той се състои от режещ и деформиращ модул, всеки от които е оформен съгласно изискванията на комбинираното обработване.

В деформиращия модул 1, за осигуряване производителност на процеса на рязане и като се има в предвид материала на обработвания детайл, се използва твърдосплавна пластина 5 с голям радиус на закръгление. Тя е поставена в специално гнездо, изработено в режещия модул 1. Закрепването ѝ се извършва посредством притискащ клин 3, чрез винта 2. Регулиране на размер се извършва чрез винт 4, след освобождаването на клина 3 и развиването на винт 2. След настройването на необходимия размер, неизменността на положението се установява отново чрез винта 2 и притискащия клин 3. Разстъргващият модул се закрепва към деформиращия модул посредством резба.

Деформиращият модул представлява инструмент за ППД с радиално подаване на деформиращите елементи. Те представляват дълги конусни ролки с дължина по-голяма от дължината на обработвания отвор.



Фиг.1. Инструмент за комбинирано обработване с радиално подаване

Деформиращият модул се състои от: конусни деформиращи ролки 9, поместени в прорезите на сепаратора 11, опорна капачка 12 закрепена с винтове, аксиалени лагери 14, пружина 19, регулираща гайка 20 и контрагайка 21, разположени върху опорния вал 22, иглен лагер 16, поместен във втулка 15, която чрез щифтове 13 е едно цяло със сепаратор 11, опорен конус 10, капачка 6, сачми 7, сепаратор 8 за сачми 7.

В свободния край на опорния вал 22 е изработено стъпало, към което чрез резба се сглобява опашка с необходимите за съответната машина присъединителни размери.

Показаният на фиг.1 инструмент е в неработно положение, при което размерът на деформиращият модул (диаметърът на описаната около ролките окръжност) е по-малък от окончателния диаметър на обработвания отвор.

Предимство на предлагания комбиниран инструмент е, че може да работи както в хоризонтално, така и във вертикално положение. При това той ще бъде с въртящ се или неподвижен опорен вал (респективно разстъргващ модул). При всички случаи режещият модул се настройва на размер предварително, с помощта на приспособление. При необходимост се извършва донастройване с винта 4.

При работа върху машини от групата на струговете заготовката извършва главното въртеливо движение, а инструментът – осовото подавателно.

Действието на инструмента е следното:

При навлизане в предварително стругования отвор, той работи като обикновена борщанга за чисто разстъргване, което позволява избирането на оптимален режим на рязане. Той се реализира чрез по-голямо подаване, поради използването на твърдосплавна пластина с голям радиус на закръгление. Когато челото на опорната капачка 13 достигне челото на заготовката, продължаващото подавателно движение води до преместване на опорния вал 22 спрямо сепаратора 11, при което се свива пружината 19. Опорният конус 10 избутва деформиращите конусни ролки 9 в радиално направление, при което ролките се заклинват постепенно между конусната повърхнина на опорния вал 22 и заготовката, създава се възможност за относително въртене на сепаратора спрямо опорния вал 22 и ролките извършват планетарно движение, обработвайки повърхнината едновременно по цялата дължина. Процесът ППД трае обикновено 2 – 3 пълни завъртания на сепаратора, което е пренебрежимо малко в сравнение с единичното време за извършване на прехода.

Процесът на деформиране продължава до пълното свиване на пружината 19 и опирането на регулиращата гайка 20 в челото на аксиалния лагер 14. Какъв размер ще се получи окончателно зависи както от размера на предшестващото обработване, така и от настроеният размер за ППД. Той се постига чрез преместване на регулиращата гайка 20, която ограничава хода на опорния вал 22. респективно тя увеличава или намалява стегнатостта, която се явява елемент от режима на обработване чрез ППД.

При прекратяване на обработването, инструментът се връща на бърз ход, при което под действие на пружината 19 сепараторът 11 с деформиращите ролки 9 е в изходно положение за ново обработване. При работа на разстъргващи машини, комбинираният инструмент извършва и главното и подавателното движение.

За определяне технологичните възможности на инструмента е проведено експериментално изследване с чугунени детайли, получени от завода производител с предварително пробити отвори. Обработеният отвор е с диаметър Ø60H7.

Предшестващото разстъргване и комбинираното обработване са реализирани върху универсален струг С11МВ, при което инструментът се установява в приспособление, поставено върху напречната шейна на супорта.

В режещият модул се поставя твърдосплавна пластина от Р10 (Т15К6) с радиус на закръгление на върха R = 18mm и геометрия $\alpha_o = 8°$, $\chi = 8°$, $\lambda_s = 0°$.

Използван е следният режим на рязане: скорост V = 126 m/min; подаване f=1,25÷1,5mm/tr и дълбочина a=0,2÷0,3mm.

Поради това, че инструментът за ППД е с твърдо действие, силата на деформиране се получава благодарение на отрицателната разлика между работния му размер (диаметъра на описаната около ролките окръжност) и диаметъра на отвора. Колебанието на стегнатостта се дължи на разсейването на размера от предшествуващото обработване. Броят обороти на сепаратора (m) е избран от съображения за ефективност на кратността на прилагане на деформиращото въздействие.

Като деформиращи ролки са използвани конусни такива с дължина l=90mm, голям диаметър при челото на ролките d = 0,98mm и ъгъл при върха на ролките $\alpha_p = 3°4'$.

Приложеният режим за обработване чрез ППД е: стегнатост 0,05÷0,08mm; честота 1000min^{-1} и брой обороти на сепаратора m = 3.

Като мазително охлаждаща течност е използвана комбинация от масла М10D, ЛТ-2Т и нафта в съотношение 1:1:5. Подава се чрез охладителната система на струга и същевременно помага както за отнасяне на стружките, така и за смазване на деформиращите ролки и обработваната повърхнина.

При описаните условия са обработени партида от 50 заготовки. Те са разстъргани последователно при един настроечен размер на инструмента и след контролиране на грапавостта и диаметъра е извършено ППД и отново контрол на горните характеристики на качеството.

Измерването на точността на диаметъра на отвора е извършено с индикаторен вътромер, а проверката на грапавостта по параметъра Ra чрез профиломер-профиограф „TALYSURF-6”.

3. Заключение:

Резултатите от измерването са обработени статистически с помощта на компютър и програма „BBSTAT”. Получени са следните числени характеристики:

	разстъргване	**ППД**
размах, R	0,059	0,0578
средноаритметична стойност, $\overline{X}$	0,031	0,0256
средноквадратично отклонение, $S[X]$	0,013	0,011
дисперсия, $S^2[X]$	1,44	1,26
асиметрия, $\chi_1[X]$	-0,17	-0,795
ексцес, $\chi_2[X]$	-323,33	-270,08

В съответствие с получените числени характеристики по критерия на Пирсон е доказано нормално или логаритмично-нормално разпределение.

Очевидно е, че след ППД полето на разсейване се е стеснило приблизително 1,2 пъти. Грапавостта е подобрена от Ra=3,8÷5μm до Ra = 0,5 ÷ 0,6μm, каквато не може да се осигури с досега прилаганото райбероване.

Литература:

1. Георгиева Н.А., Кършаков М.К., Костадинов С.В.: *Особености на схемните варианти за комбинирано обработване на гладки валове, обусловени от разположението на режещи елементи с праволинейни режещи ръбове в плаващия блок.* Научни трудове на РУ „А.Кънчев”, Русе, т.XXXXI, 2004, с. 139 - 146.
2. Костадинов В.С.: *Относно краищния ефект при инструменти за ППД работещи с радиално подаване.* Н.тр.ВТУ, Русе, 1986.

3. Кършаков М.К., Георгиева Н.А., Костадинов С.В.: *Инструмент за комбинирано обработване нса отвори.* „Механика на машините”, ТУ-Варна, кн.6, 2005, с.86-89.
4. Кършаков М.К., Григоров В.И.: *Моделиране разпространението на пластичните деформации при обработване с ППД с инструменти с еднократно или периодично радиално подаване.* сп. Машиностроение, 1993.
5. Стефанов Г.Д., Кършаков М.К.: *Определяне на микроструктурата и микротвърдостта на образци от цилиндрови втулки с различна довършваща обработка.* Научни Сборни доклади от ЮНС99, НИММЕСС-София, т.7, сер.1, 1999.

COMBINED TOOLS FOR SURFACE PLASTIC DEFORMATION WITH RADIAL FEED

T. Avramova, G. Stefanov

Abstract: *Like a method for a finishing processing, the surface plastic deformation improves the exploitation characteristics of the machining surfaces and increases their qualities. Moreover – it achieves sizable decrease of the machining times in comparison with the other finishing methods. The using of combined tools creates circumstances for simultaneously processing with the prior machining, which leads to augmentation of the machining productivity.*

Данни за авторите:
Таня Георгиева Аврамова, асистент доктор маг. инж., катедра ТММ, при МФ, Технически университет – Варна, тел. 0895653277, e-mail: tanyaavr@gmail.com
Господин Добрев Стефанов, доцент доктор инж., катедра ММТ, Технически университет – София, филиал – Сливен, тел. 0895586455, e-mail: gstefanovs@abv.bg

ОПРЕДЕЛЯНЕ ОБЕМНАТА ЯКОСТ НА ЗЪБА ПРИ АСИМЕТРИЧЕН ПРОФИЛ НА ЗЪБИТЕ И РАЗЛИЧНИ ВЪЗМОЖНОСТИ НА ОБРАЗУВАНЕ

Г. Цветанов, М. Ненчева

Резюме: *В настоящата статия се прави сравнение на еквивалентните напрежения на еволветните цилиндрични зъбни предавки с асиметричен профил и различни възможности за формообразуване. За отделна предавка се изследва напрежението в основата на зъба със и без наличие на неравномерна дебелина на зъба.*

Ключови думи: напрежение, асиметричен профил на зъбите.

1. Въведение

Освен качествените показатели на зъбното зацепване, които се определят от областта на съществуване, друг важен показател, оказващ влияние върху якостта на една еволвентна цилиндрична зъбна предавка, е напрегнатото и деформационно състояние на еволвентния зъб. В световната литература [1,2,3] съществува якостно оразмеряване на зъбни предавки, основано на критериите за контактна и обемна якост на зъба. При изчисляване на зъбните предавки на якост от огъване, се използват седем хипотези на абстрахиране и се прави замяна на еволвентния профил с конзолно запъната греда. Тази призматична греда има постоянен ъгъл във върха и позволява определянето на напреженията без отчитане на реалните показатели на зацепването. Чрез такава замяна е възможно установяването в първо приближение на междуосовото разстояние, ширината и основните окръжности на колелата, на база допустими напрежения. Такъв модел за якостно оразмеряване на еволвентни цилиндрични зъбни предавки в световната литература се нарича модел от нулево ниво [4, 5] и се използва само за предавки, реализирани със стандартен симетричен изходен контур, с профилен ъгъл $\alpha=20°$.

Цел на настоящия доклад е да се изследва обемната якост на еволвентни цилиндрични зъбни колела с асиметричен профил на зъбите и различна възможност за образуване.

2. Изложение

Основен геометричен параметър определящ безусловната област на съществуване се явяват началните окръжности на колелата от зъбната предавка. В зависимост от тяхното определяне се дават и две възможности на образуване на асиметричния зъбен профил, които се различават по приетата пропорционалност [6,7]:

– пропорционалност между параметрите на изходния контур
– възможност I на образуване.

При нея се приема пропорционалност на инструмента равна на отношението между кофункциите на двата профилни ъгъла на изходния контур. По този начин се постига свободно вариране на двата ъгъла на зацепване (α_w и α^*_w). Трансцедентната зависимост удовлетворяваща това геометрично условие, е:

$$\begin{vmatrix} \mathrm{inv}\alpha_w + \mathrm{inv}\alpha_w^* = \dfrac{2.(x_2 \pm x_1).(\mathrm{tg}\alpha + \mathrm{tg}\alpha^*)}{z_2 \pm z_1} + \\ + \mathrm{inv}\alpha + \mathrm{inv}\alpha^* \\ \dfrac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w} = \dfrac{\cos\alpha^*}{\cos\alpha_w^*} \end{vmatrix}, \quad (1)$$

където:

z_1 и z_2 са броят зъби на колелата от предавката, реализирана с асиметричен профил на зъбите;

x_1 и x_2 – коефициентите на изместване на инструмента за двете колела; за колело с вътрешни зъби се приема коефициентът на изместване на еквивалентното колело с външни зъби;

α и α^* – профилните ъгли на инструмента, с който се произвеждат колелата по метода на центроидното обвиване.

– пропорционалност между геометричните параметри на колелото - възможност II на образуване.

При нея се приема пропорционалност между основните окръжности на двете зъбни колела, като се реализира вариране на профилния ъгъл на инструмента. Трансцедентната зависимост даваща това условие, е:

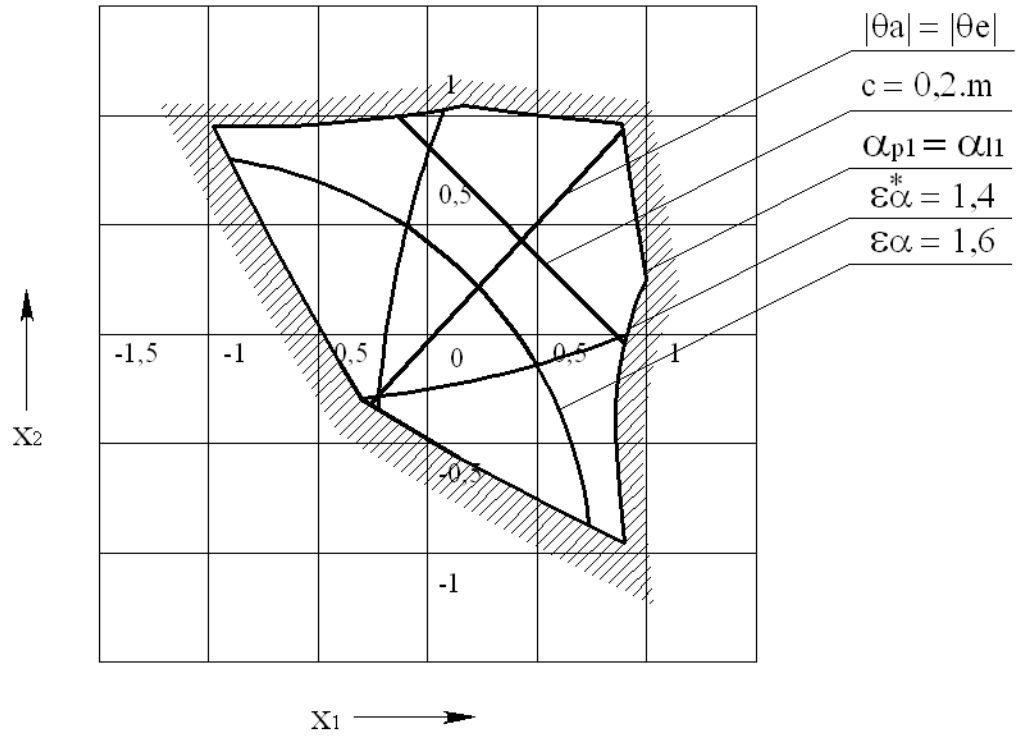
$$\begin{vmatrix} \mathrm{inv}\alpha_w = \dfrac{2.(x_2 \pm x_1).\mathrm{tg}\alpha}{z_2 \pm z_1} + \mathrm{inv}\alpha \\ \dfrac{d_{b_{1,2}}}{\cos\alpha_w} = \dfrac{d^*_{b_{1,2}}}{\cos\alpha_w^*} \\ \mathrm{inv}\alpha_w + \mathrm{inv}\alpha_w^* = \dfrac{2.(x_2 \pm x_1).(\mathrm{tg}\alpha + \mathrm{tg}\alpha^*)}{z_2 \pm z_1} + \\ + \mathrm{inv}\alpha + \mathrm{inv}\alpha^* \end{vmatrix}, \quad (2)$$

където:

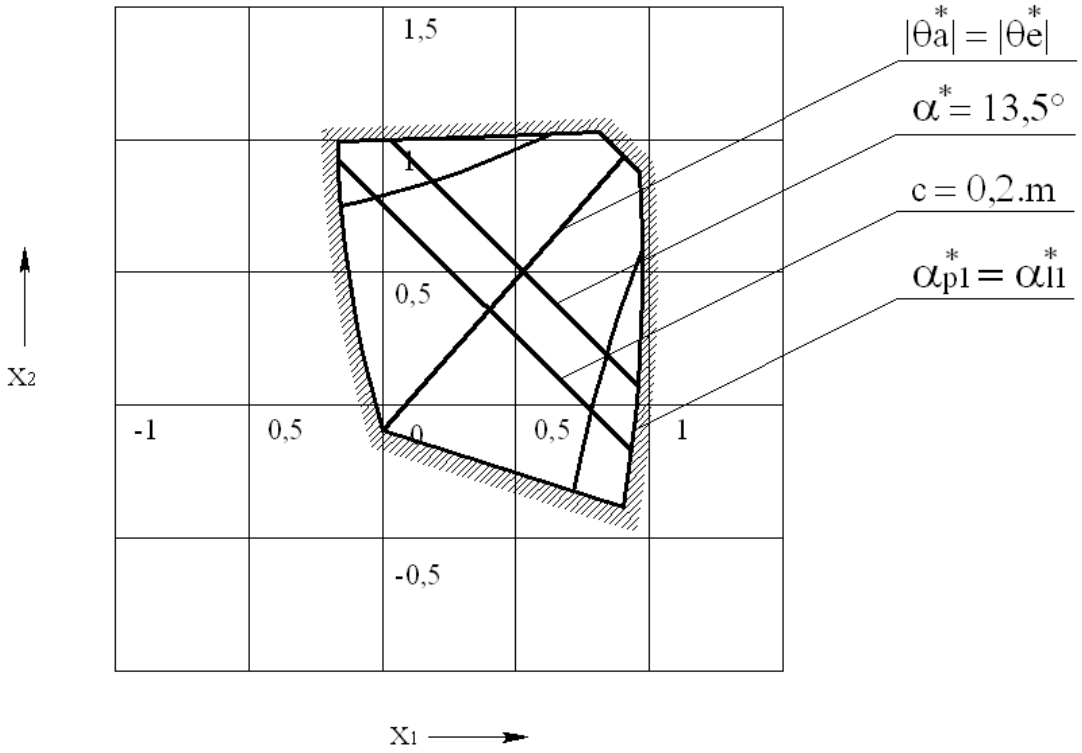
$d_{b1,2}$ и $d^*_{b1,2}$ са основните окръжности на колела 1 и 2 на зъбната предавка, съответстващи на профилен ъгъл α и α^* на инструмента от гребенен тип.

Трансцедентните зависимости (1) и (2) дават различен резултат за една и съща пропорционалност, което съответства на различни качествени и якостни показатели. С оглед на установяването на тези различни показатели е разгледана еволвентна цилиндрична зъбна предавка с асиметричен профил на зъбите и параметри: модул m=1mm; брой зъби на колело 1 – z_1=34; предавателно число u=0,92; височини на изходния контур – h_a=1 mm, h_f=1,25 mm; радиус на закръгление на главата на зъба на изходния контур ρ=0,38 mm; коефициент на пропорционалност 0,9645; ъгъл на наклон на зъбите β=0; метод на фрезоване с пълен профил.

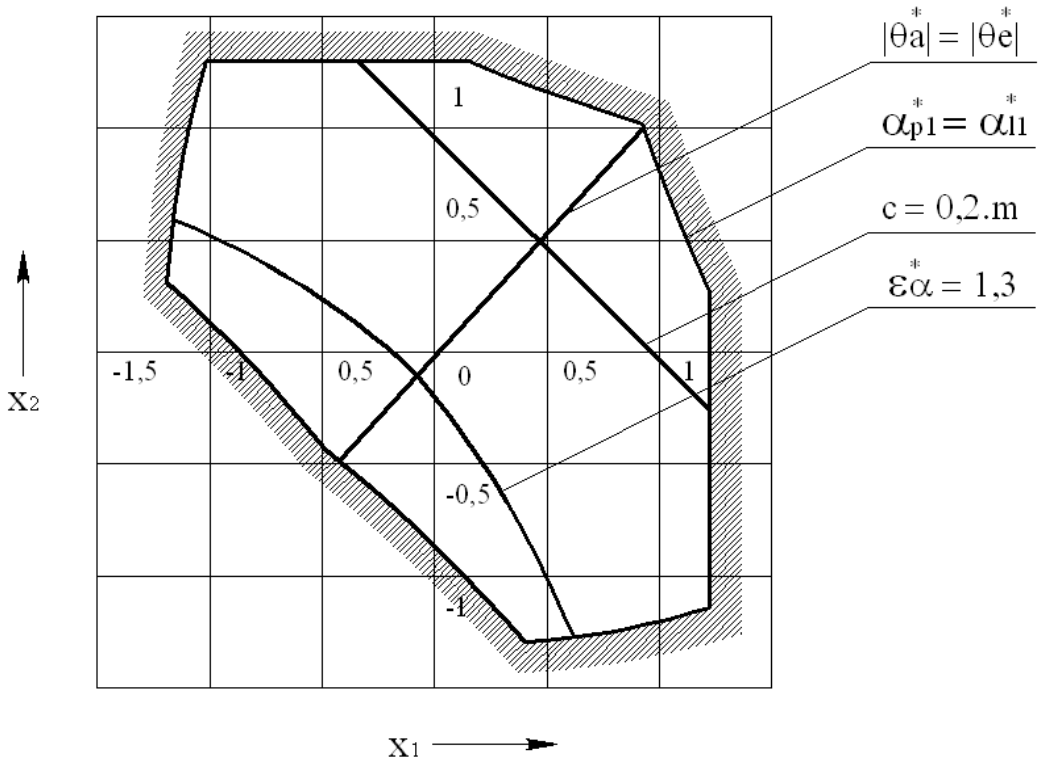
На фиг. 1 е дадена безусловната област на съществуване на реверсивната предавка с асиметричен профил на зъбите и възможност I на образуване. На фиг. 2 и 3 са представени безусловните области на съществуване при асиметричен профил на зъбите и възможност II на образуване.



Фиг. 1. Област на съществуване на реверсивната предавка с асиметричен профил на зъбите и възможност I на образуване



Фиг. 2. Област на съществуване на реверсивната предавка с асиметричен профил на зъбите и възможност II на образуване за α=var



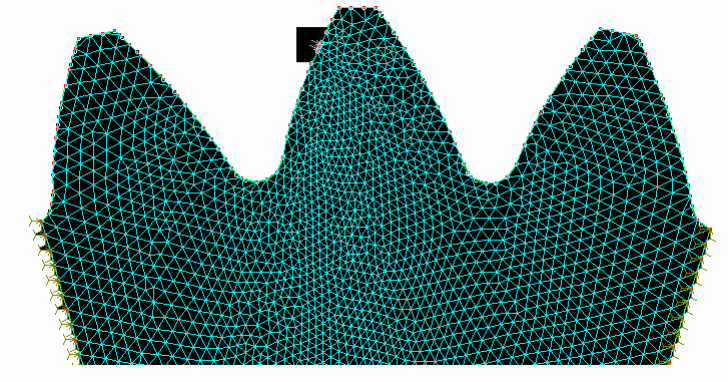
Фиг. 3. Област на съществуване на реверсивната предавка с асиметричен профил на зъбите и възможност II на образуване за α*=var

За определяне на максималните еквивалентни напрежения в основата на зъба с асиметричен профил е използван метода на крайните елементи (фиг. 4) при едни и същи коефициенти на изместване на инструмента за двете колела от предавката $x_1=x_2=0,5$.

При определяне на това равнинно напрегнато състояние се разглежда кръгов сегмент от колелото с три зъба, на който в двата края са отнети всички степени на свобода.

В табл. 1 са дадени основните качествени показатели на зъбното зацепване, които са лимитиращи за областта на съществуване на зъбната предавка при различните възможности на образуване. В табл. 2 са дадени стойностите на еквивалентните напрежения в основата на зъба при двете възможности на образуване, съответстващи на коефициентите на изместване на инструмента за стоманени зъбни колела с модул на линейна деформация - $E=2,16.10^{11}$ (N/m^2) и коефициент на Поасон - $\nu=0,29$.

Като основа за сравняване са приети качествените и якостни показатели на съответната симетрична еволвентна зъбна предавка със стандартен профилен ъгъл на изходния контур.



Фиг. 4 Схема на натоварването и ограничение на преместванията при равнинната задача по метода на крайните елементи

Като работен профил и при трите предавки е възприет стандартния профилен ъгъл от 20°. В табл. 2 са сравнени еквивалентните напрежения в основата на зъба, както за работната, така и за неработната част.

Таблица 1. Качествени показатели на зацепването при изследваната еволвентна цилиндрична зъбна предавка с асиметричен профил и различни възможности на образуване

Вид на предавката	Профилни ъгли на инструмента	Дебелини на зъбите по върховите окръжности	Челен коефициент на препокриване	Коефициенти на специфично плъзгане	
Симетрична	$\alpha = \alpha^* = 20deg$	$Sa_1 = 0,61$ $Sa_2 = 0,62$	$\varepsilon_\alpha = \varepsilon^*_\alpha = 1,56$	$\lvert\theta_a\rvert = 0,92$ $\lvert\theta_e\rvert = 0,93$	
Асиметрична Възможност I	$\alpha = 20$ deg $\alpha^* = 25$ deg	$Sa_1 = 0,52$ $Sa_2 = 0,54$	$\varepsilon_\alpha=1,55$ $\varepsilon^*_\alpha=1,42$	$\lvert\theta_a\rvert = 0,91$ $\lvert\theta_e\rvert = 0,92$	$\lvert\theta^*_a\rvert=0,62$ $\lvert\theta^*_e\rvert=0,63$
Асиметрична Възможност II	$\alpha = 20$ deg $\alpha^* = 29$ deg	$Sa_1 = 0,44$ $Sa_2 = 0,46$	$\varepsilon_\alpha=1,54$ $\varepsilon^*_\alpha=1,34$	$\lvert\theta_a\rvert = 0,90$ $\lvert\theta_e\rvert = 0,91$	$\lvert\theta^*_a\rvert=$ 0,47 $\lvert\theta^*_e\rvert=$ 0,48

Таблица 2. Еквивалентни напрежения (σ^{IV}) в основата на зъба на колелата от изследваната еволвентна цилиндрична зъбна предавка и различни възможности за образуване

Вид на предавката	Колело 1 от предавката		Колело 2 от предавката	
Симетрична	257 MPa	309 MPa	269 MPa	315 MPa
Асиметрична Възможност I	222 MPa	263 MPa	223 MPa	274 MPa
Асиметрична Възможност II	255 MPa	225 MPa	263 MPa	232 MPa

3. Изводи

Дадени са зависимостите за геометричното изчисляване на еволвентни цилиндрични зъбни предавки с асиметричен профил на зъбите и различни възможности за образуване.

Направено е сравнение между безусловните области на съществуване на конкретна предавка с асиметричен профил в полето на независимите коефициенти на изместване на инструмента.

Извършено е сравняване на качествените и якостни показатели на зъбните колела със симетричен и асиметричен профил на зъбите при конкретни коефициенти на изместване на колелата от предавката.

На база това сравняване е установено, че:

- асиметричен профил – възможност I на образуване дава по – малки еквивалентни напрежения в основата на зъба, както за работната, така и за неработната част;

- асиметричен профил – възможност II на образуване дава по – малки еквивалентни напрежения само за неработната част на зъба в сравнение със симетричния профил на зъбите.

Разликите в еквивалентните напрежения в основата на зъба при асиметричен профил на зъбите позволява двете възможности на образуване да имат различно якостно приложение в отделни механизми.

Литература:

1. БДС 17108 – 89. Предавки зъбни, цилиндрични, еволвентни с външно зацепване. Якостно изчисляване на зъбите, София, Официално издание, 1990.
2. Арнаудов К. и др. Машинни елементи, София, “Техника”1980.
3. Арнаудов Б. К. Цилиндрични зъбни предавки: Изчисляване на товароносимост, София, “ Техника “, 1975.
4. Авиационные зубчатые передачи и редудукторы – Справочник /под ред. д-р проф. Э. Б. Вулгаков/, Москва, “Машиностроение”, 1981.
5. Вулгаков Э. Б. Соосные зубчатые передачи – Справочник, Москва, “Машиностроение”, 1987.
6. Симеонов С., Г. Цветанов. Теорема за реверсиране посоката на движение при еволвентни цилиндрични зъбни предавки с асиметричен профил на зъбите, Известия на ТУ-Габрово, УИ – „Васил Априлов”, №32, Габрово, 2005.
7. Симеонов С., Г. Цветанов. Възможности за геометричен синтез на еволвентни цилиндрични зъбни предавки с асиметричен профил на зъбите, Известия на ТУ-Габрово, УИ – „Васил Априлов”, №34, Габрово, 2006.

DEFINITING OF TOOTH VOLUME STRENGTH OF ASYMMETRICAL TOOTH PROFILE AND VARIOUS FORMATION POSSIBILITIES

G. Cvetanov, M. Nencheva

Abstract: *In the report there is a comparison of the tooth volume strength of involute cylindrical gearings with asymmetrical tooth profile and various formation possibilities. For a particular gearing the volume strength of the tooth with and without the presence of irregular tooth thickness is surveyed.*

Данни за авторите:

Генади Цветанов Цветанов, доцент доктор инж., катедра „МУ” при ФМУ, Технически Университет – Габрово, Р. България, Габрово, ул. “Хаджи Димитър” № 4, тел.: 066 827 406, e-mail: gencvet@tugab.bg

Мирослава Дочева Ненчева, главен асистент доктор инж., катедра „МУ” при ФМУ, Технически Университет – Габрово, Р. България, Габрово, ул. “Хаджи Димитър” № 4, тел.: 066 827 528, e-mail: nencheva@tugab.bg

ДВУ- И ТРИКОМПОНЕНТНИ МЕТАЛНИ ПОКРИТИЯ В МЕХАТРОНИКАТА

Б. Косев, С. Къртунов

Резюме: *Двукомпонентното (Zn+ Ni) и трикомпонентното Ni-Zn-P покрития представляват иновативни решения за защита на металите от корозия. В статията се представят методи и резултати от електроотлагането им.*

Ключови думи: биметално покритие (Ni+Zn), триметално покритие Ni-Zn-P.

1. Въведение

Под корозия на металите се разбира самоволното разрушение на метала под влияние на окислението му, предизвикано от химичното или електрохимичното взаимодействие на метала с обкръжаващата го околност. Най-разпространените в практиката методи за защита от корозия се състоят в нанасянето на метални покрития. Нови методи представляват би- и триметалните покрития цинк и никел Zn+Ni и Zn Ni P [3].

2. Теоретични основи при Биметални покрития

Според съвременте научни изследвания легирането на цинкови покрития с Ni, Co, Fe, Mo повишава техните експлоатационни свойства и по-специално корозионната им устойчивост (КУ). Модифицираните добавки в процеса на електроотлагането на цинковите покрития са в широк интервал от концентрации, конкретно за Ni те са от 0,01 до 2,5 тегл. %, от 15-20 тегл. % , до 70% тегл. Никелът и цинкът съгласно диаграмата на състоянието на двукомпонентната система Zn-Ni образуват две съединения ($NiZn_8$ и Ni_5Zn_{21}) и няколко фази β, β′, γ и γ′. Интерметалидът Ni5Zn21 се топи при температура 881^0C. В областта, богата на Ni, се образува твърд разтвор с концентрации на Zn до 35,06 тегл. %. В зависимост от съдържанието на цинк и никел в електроотложеното двукомпонентно покритие фазообразуването е различно, различни са и неговите експлоатационни характеристики, съответно КУ.

2.1. Същност на процеса

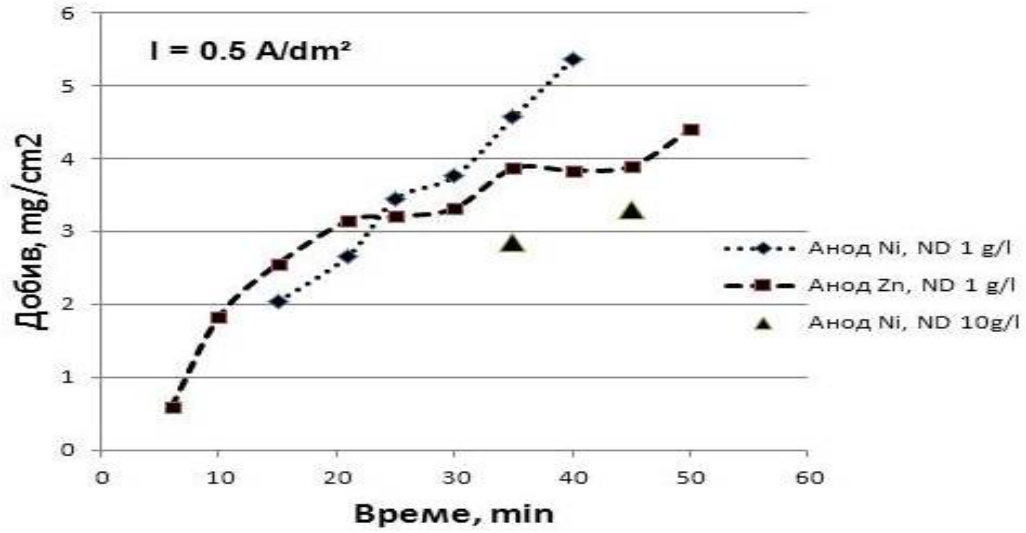
Електрохимичното отлагане на двукомпонентното покритие Ni+Zn е сложен процес, зависещ от много параметри. Получаването на покритието и неговите свойства зависят от състава на електролита, съотношението на катионите на Ni и Zn в него, вида на анода (цинков, никелов или цинков плюс никелов), плътността на тока, температурата на електролита, времетраенето на елекктрохимичния процес. При добавянето на нанодиамантени частици в електролита, с цел модифициране на покритието, от значение е и концентрацията на ND в електролизната вана. Изследван е добива на метал върху опитните образци, структурата на покритието и неговия фазов състав с рентгено-дифракционен анализ (XRD).

Изследванията на електроотлагането на покрития от Ni+Zn са проведени в амонячно-хлориден електролит с pH 6,5-6,8 и съотношение 3,61 на Ni_2+ йони към Zn_2+ йони, при което според на катода се отлага сплав със съдържание на никел от 15-25%, плътността на тока варира от 0,5-2,0 A/dm^2 при различна продължителност на процеса на галванизация – от 10 до 50-60 min и температура на електролитната вана от $35\text{-}400^0$ C. Изследванията са проведени с три вида анода: метални Ni, Zn и Ni+Zn. Опитните образци са от стомана Ст.45 с различна конфигурация: във вид на плочки 30x40 mm и цилиндри с височина 50 mm и диаметър 6 mm.

Концентрациите на нанодиамантените частици в електролита са 1,4 g/l и 10g/l. Корозионната устойчивост на покритията е изследвана в разтвор на NaCl с концентрация 3,5% при температура 350^0 C, съгласно EN ISO 10289/2006 г.

2.2. Резултати

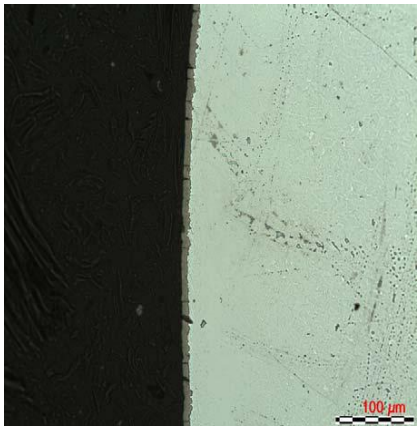
Установено е, че добивът на метал, съответно дебелината на слоя, се увеличават с повишаване на продължителността на електроотлагането при използването и на трите вида аноди (Ni, Zn, Ni+Zn) при еднакви стойности на останалите параметри на галванизация [1].



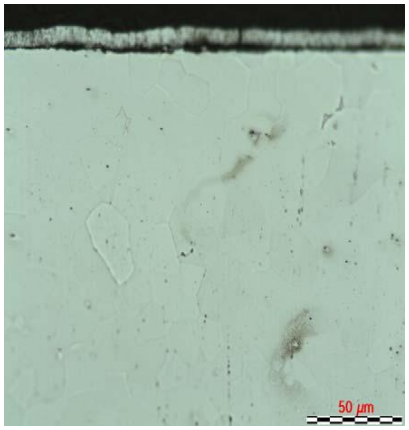
Фиг.1. Зависимост на добива на метал от времеотлагането на галванизация, видът на анода и концентрация на NDDS

От фиг.1. се вижда, че след определено времетраене (30-35) min, добивът на метал-Δg′, е по-голям при еднакви други условия при анод Ni. Добавянето на нанодиамантени частици в електролита не повишава добива на метал, съответно дебелината на слоя. Микроструктурата на бинарното покритие от (Ni+Zn) е представено на фиг. 2a и 2b. Средната дебелина на електроотложения слой, получен при оптимални условия на галванизация, варира от 3,85 μm (анод Zn), 4,40 μm (анод Ni+Zn), до 5,40 μm (анод Ni).

Използването на нанодиаманти в покритието с концентрация от 1,0g/l дебелината на слоя е с минимално увеличение (фиг. 3a.) в сравнение с покритието без нанодиаманти (фиг. 3b).

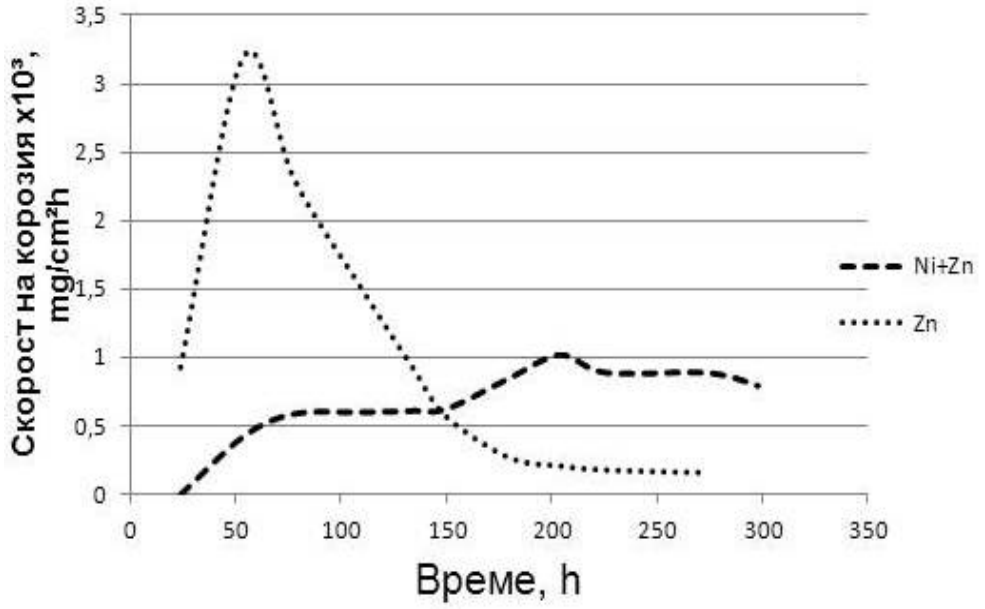


Фиг.2a. Микроструктура на покритие от (Ni+Zn) с нанодиаманти

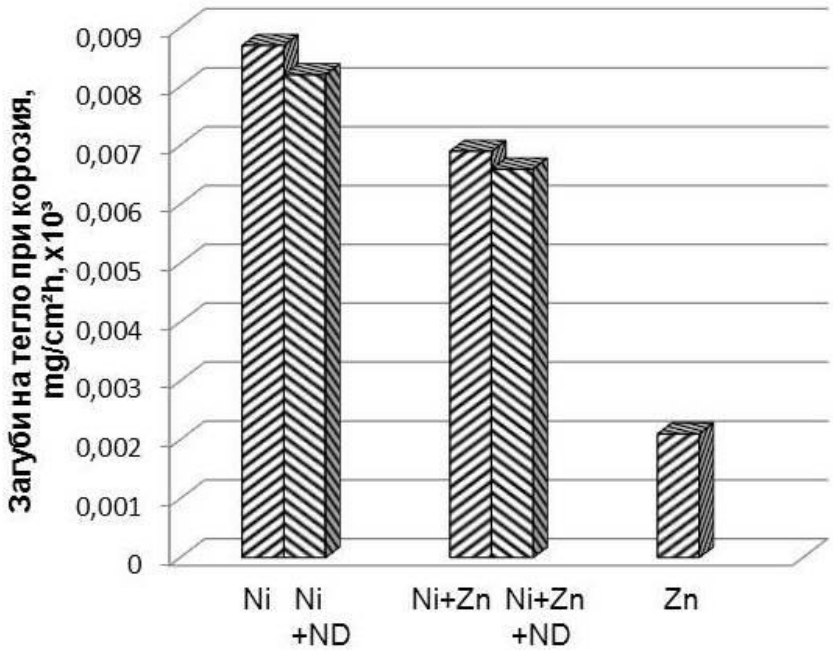


Фиг.2b.Микроструктура на покритие от (Ni+Zn) без нанодиаманти

Корозионната устойчивост на покритията (Ni+Zn), изразено в изменението на теглото на опитните образци - Δg′, е представена на фиг.3 и фиг.4.



Фиг.3. Зависимост скоростта на корозия от времето на престой на покритияот Ni+Zn и от Zn в кородираща среда



Фиг.4. Загуби на тегло при корозия на покрития от Ni, Ni+Zn, Zn с и без легиране с NDDS

От кинетичните криви на корозията на покритията (Ni+Zn) и Zn се вижда, че след първоначалния период, те имат еднаква и постоянна устойчивост в кородиращия разтвор на NaCl (3,5 тег.%). (Фиг. 3) На фиг. 4. е представена сравнителната устойчивост на покритията от Ni, Ni+Zn, без и с модификация с NDDS и Zn покрития. Времето на престой в кородиращата среда е еднакво за изследваните образци.

Вижда се , че при 114 h престой покритието Ni+Zn върху стомана има КУ по-добра от тази на покритията от Ni и по-лоша от чисто цинково покритие. Модификацията с NDDS на покритията от Ni+Zn незначително повишават КУ. При това увеличаването на концентрацията на нанодиамантените частици в електролита до 10 g/l намалява КУ четири пъти за еднакво време на престой в кородиращата среда. Същият ефект има и повишаването на плътността на тока до 1,7-2,05 A/dm^2, полученото покритие се свлича с и без модификация на нанодиамантени частици.

3. Теоретични основи при Ni-Zn-P покрития

Тези покрития могат да се използват като заместител на кадмий Cd в защитата на стомана. Нова техника за получаване на неаномални Ni-Zn-P покрития с високо съдържание на Ni ~ 74 wt% е разработена в сравнение с 15-20 wt% при конвенционален метод на полагане. Ni-Zn-P покритията се депозират, като се използва безелектричен метод; разтвор, съдържащ $NiSO_4$, комплексообразуващ агент и амониев хлорид. Промяната на концентрацията на $ZnS0_4$ в банята контролира крайното количество Zn в депозита. Съдържанието на Zn в покритието е оптимизирано въз основа на корозионната устойчивост на крайния депозит. Покритията с 16,2% тегл. Zn се откриват и показват потенциал от 20,652 V спрямо SCE, който е по-електрорегативен за стоманата и следователно може да се използва като защитно покритие на стоманата. Параметрите на отлагане като pH и температура са оптимизирани въз основа на състава на покритието и повърхностната морфология. Проучванията за корозия в корозиращата среда показват, че Ni-Zn-P покритията показват по-висока устойчивост на бариери и по-добра стабилност в сравнение с покритията с кадмий.

3.1 Експеримент

3.1.1. Приготвяне на пробата

Покриването и последващите изследвания на корозията бяха направени на нисковъглеродни, студено валцовани стоманени фолиа с дебелина 0,5 мм и площ 25 x 25 мм. Първоначално пробите от стомана бяха механично полирани последователно с по-фини класове хартия за шлифоване. След това се обезмасляват с алкохол и се изплакват с дейонизирана вода. После пробите се третират в 10% разтвор на H_2SO_4 за 1 min, за да се отстрани оксидния слой по повърхността. Накрая пробите отново се промиват с дейонизирана вода. Тази процедура се повтаря докато се получи чиста и гладка повърхност [2].

3.1.2. Приготвяне и отлагане на електролити

Ni-Zn-P композити бяха приготвени от баня, съдържаща 35 g / L $NiS0_4$, комплексиращ агент и 50 g / L NH_4CI. Натриевият хипофосфит е използван като редуциращ агент за автокаталитичния процес и като източник на P в крайния депозит. Стоманено фолио се използва като подложка. Ni-Zn-P покрития с различни количества Zn бяха получени чрез промяна на количеството на $ZnS0.H_2O$ в банята. Покриването се извършва при температура 85° C, освен ако не е посочено друго. Времето на покриване е поддържано за 1 час във всички проби. PH беше поддържано при стойност 10.5 по време на покриването. Всички разтвори бяха приготвени с реактиви с аналитична чистота и тройно дестилирана вода.

4. Изводи:

- Изследванията на материалите и електрохимичните характеристики показват, че композитите с 16,2% Zn имат потенциал, който е по-електро-отрицателен за стоманата и следователно е приложим като защитно покритие за защита на стоманата. Това оптималното съдържание на Zn в сплавта се получава, когато се

извършва покриване с концентрация на $ZnS0_4$ от 15 g / L при pH 10,5 и температура 85 °C.

- Високото съдържание на Ni ~ 74.0% на композитната сплав осигурява превъзходно съпротивление срещу корозията в сравнение с конвенционалните Zn базирани покрития, получени чрез електролиза. Проучванията за устойчивост на поляризация показват четирикратно увеличение на стойността на съпротивлението за Ni- Zn-P покритие над това на Cd.
- Ниската разлика в потенциала, който съществува между покритието и субстрата, води до по-ниска скоростта на разграждане на нанесената сплав в сравнение с Zn, Zn-Ni и Cd покрития.

Литература:

1. Нели Гидикова, Любен Лаков, Владимир Петков и др., Биметални електрохимични покрития от (никел + цинк) върху стомана, Институт по металознание, съоръжения и технологии „Акад. А. Балевски” с център по хидроаеродинамика-БАН, бул.”Шипчески проход”67, 1574 София.
2. Basker Veeraraghavan, Bala Haran, Swaminatha Kumaraguru, Branko Popov, Corrosion Protection of Steel Using Nonanomalous Ni-Zn-P Coatings, University of South Carolina – Columbia.
3. Къртунов С.,Технологични основи в мехатрониката, микро- и нано-системната техника, (учебник-монография), Габрово, УИ „В.Априлов”, 2012 година, ISBN 978-954-683-482-9.

TWO- AND THREE-COMPONENT METAL COVERING IN MECHATRONICS

B. Kosev, S. Kartunov

Abstract: *Two-component (Zn + Ni) and three-component Ni-Zn-P coatings are innovative solutions for metallic corrosion protection. The article presents methods and results of their electrodeposition.*

Данни за авторите:

Стефан Къртунов, проф. д-р, TU Hadji Dimitar Str. 4, Department MU, Mechanical Ingeneering, E-mail: skartunov@abv.bg, Tel.++35966827365, Lab. Micro- and Nanotechnologies

Богомил Константинов Косев, студент IV курс сп. Мехатроника ТУ-Габрово, Стара Загора, бул. „Цар Симеон Велики” №119 вх. В ап. 34, тел: 0895789150, e-mail: bogomil895@abv.bg

КЛАСИФИКАЦИЯ НА ПРЕСИТЕ И ИНСТРУМЕНТАЛНА ЕКИПИРОВКА ЗА ЛЕЕНЕ НА АЛУМИНИЙ ПОД ВИСОКО НАЛЯГАНЕ

С. Маджаров, П.Рачев

Резюме: *В настоящата статия са разгледани особеностите на ИЕ „пресформи” и класификация на различните преси за леене на алуминий под високо налягане. Също така са класифицирани приспособления за ИЕ който спомагат за оформяне на отливките и намаляване на следващи операции и повишаване на производителността на процеса на база условията ЛАКИ 131 – гр. Пловдив.*

Ключови думи:Класификация, инструментална екипировка, пресформи, преси за леене, елементи.

1. Въведение

Методът за леене на алуминий под високо налягане се използва от средата наминалия век. Той е подходящ за тънкостенни отливки от алуминий и леки сплави и е най-точния метод за постигане на отливки с висока точност и грапавост. Подходящ е за едросерийното и масовото производства. Този метод е претърпял много подобрения в своята история (на пресформите, пресите за леене под налягане и автоматизация на процеса по леене).

2. Изложение

Леенето под налягане на детайли от алуминий не само е един от най-използваните методи за постигане на отливки с високо качество, претърпял е много подобрения и модернизации като: усъвършенстване на инструменталната екипировка (ИЕ), автоматизиране на процеса по леене (в днешно време пресите дори са снабдени с роботизирани модули). Повишена е производителността благодарение на иновациите в самите преси и най-вече в ИЕ. Метода е насочен към едросерийното и масовото производства. Предимствата на метода са:

- висока точност на отливките и чиста повърхност;
- по-добри механични свойства на отливките;
- намалени материални разходи поради липса на формовъчни смеси, каси, модели и др.;
- по-добро използване на работните площи;
- по-висока производителност на труда;
- възможност за механизация и автоматизация на процеса;
- по-добри санитарно-хигиенни условия на труд.

Като недостатъци могат да се посочат:

- пресформите се изработват трудно и по тази причина са скъпи;
- липсва податливост и газопропускливост на металните форми;
- изисква се точен състав на метала, различни сплави в една и съща форма дават различни резултати;
- в отливката остават големи вътрешни напрежения.

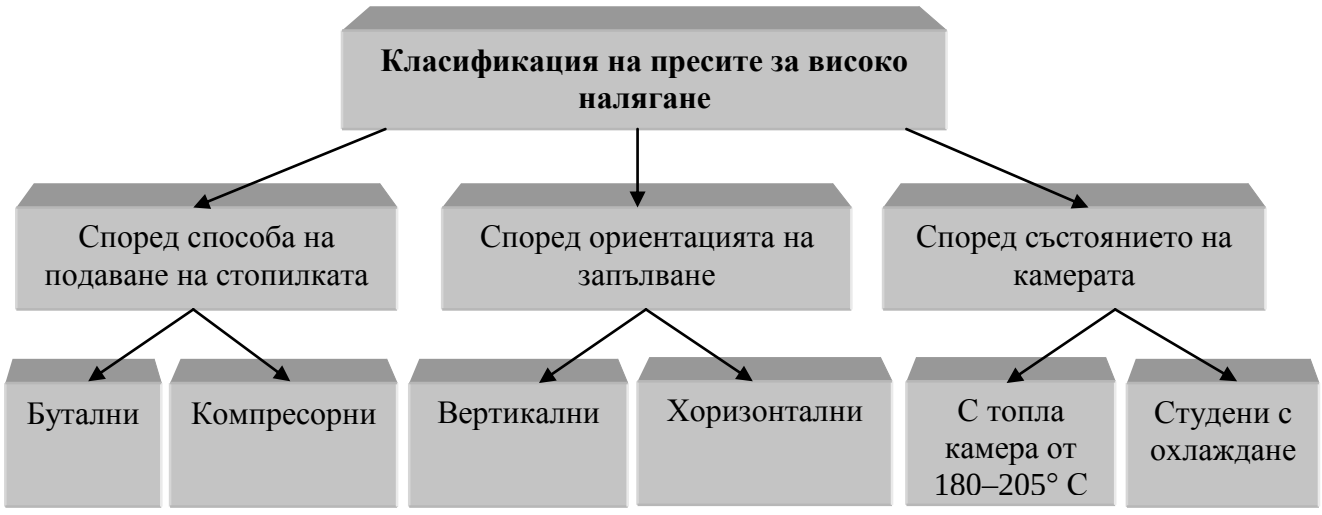
2.1. Класификация на преси, инструментална екипировка и приспособления

2.1.1. Класификация на пресите за високо налягане

Класификацията която е направена се отнася за машините за леене под налягане (фиг.1). Те са с гореща камера и биват бутални (фиг. 2) и компресорни с противоналягане (фиг.3). Буталните машини могат да бъдат с вертикална или хоризонтална камера.

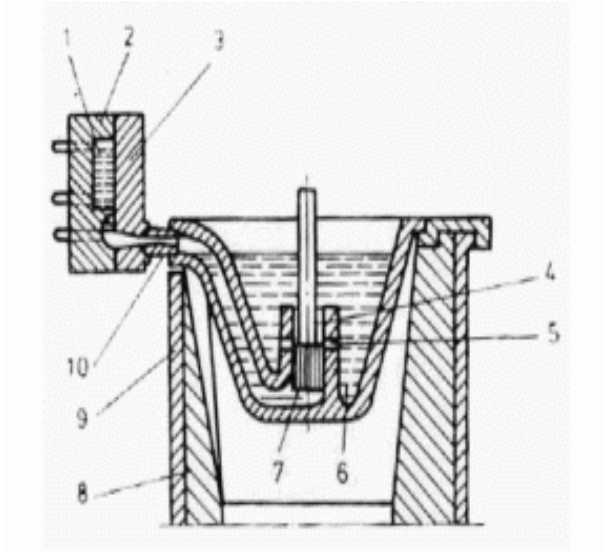
В двата случая камерата, с помощта на която разтопения метал се вкарва (впръсква) в пресформата, състои от цилиндър и бутало, задвижвано от пресовия механизъм на машината. Тя се намира в тигел с разтопен метал и се нарича гореща камера. При задвижване на буталото металът от цилиндъра през съединителен канал и накрайник (мундщук) се вкарва в предварително затворената и притисната пресформа. След втвърдяване на отливката буталото се връща, излишъкът от течен метал се стича в тигела и пресформата се отваря за изваждане на отливката. Машините с гореща камера за дребни и средни отливки от алуминиеви сплави в повечето случаи работят на автоматичен цикъл.[1]

За разлика от машините с гореща камера, тук камерата не е потопена в метала и е сравнително студена. Малкото време на контакт между метала и камерата не дава възможност за разтваряне на стоманата в наливания метал, макар температурата му да е висока. Затова тези машини са предназначени освен за леене на леснотопими алуминиеви сплави, а и за други сплави с относително по-висока температура на топене. В зависимост от положението на камерата, машините биват с вертикална и с хоризонтална камера. Задвижването на пресовото бутало става с хидравлични или пневматични цилиндри, както и при механизма за затваряне и отваряне на пресформата. Пресформата трябва да осигурява подходящо подхранване на отливката за предотвратяване на образуването на всмукнатини и появата на дефекти от възникналите вътрешни напрежения. При леене на алуминиеви сплави пресформите се нагряват до 200ºС. При машините с вертикална камера металът се налива в пресовия цилиндър. В този момент леякът е затворен от долното бутало, а пресовото бутало е извън цилиндъра. Пресформата също е затворена. При задвижване на пресовото бутало се упражнява налягане на метала в камерата, долното бутало се премества надолу, като се преодолява съпротивлението на пружината, която го поддържа, леякът се отваря и металът се вкарва в пресформата. След втвърдяване на отливката горното бутало се издига извън цилиндъра. Повдига се също и долното бутало, което отсича излишния метал, останал в цилиндъра, и го издига извън цилиндъра, откъдето той се отстранява. След това долното бутало се връща в изходно положение, а пресформата се отваря и отливката се изтласква от нея с избивачи.[2].

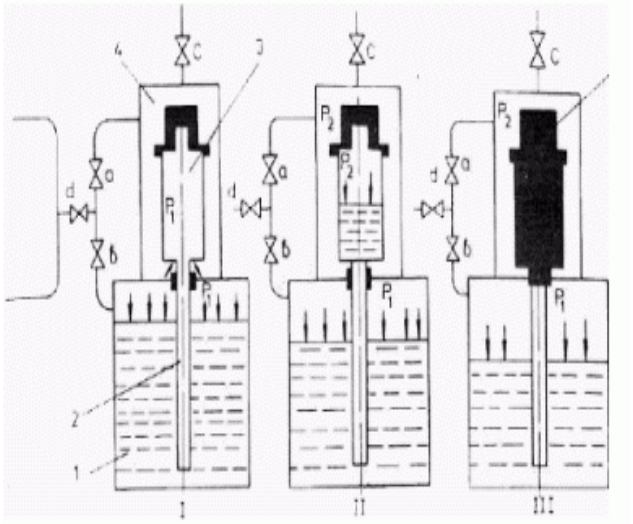


Фиг.1 Класификация на пресите

Според дебелината на отливката пресите за леене на алуминий под високо налягане започват от 2т.и достигат до 500т и по-големи. Като малките преси са пневматични а големите хидравлични.



Фиг.2 Схема на бутална машина с Гореща камера
1-отливка; 2-подвижна част на пресформата; 3-неподвижна част на пресформата; 4 -цилиндър; 5-отвор за захранване на камерата с течен метал; 6-тигел с течен метал; 7-бутало; 8-облицовка; 9-кожух; 10-наливна втулка.

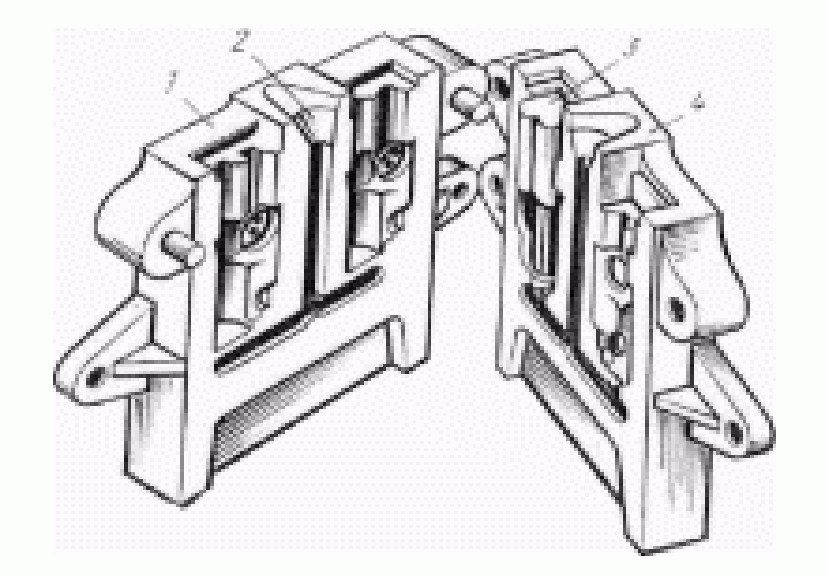


Фиг.3 Схема на леене с противоналягане
1-тигел с течен метал; 2-леякова тръба; 3-леярска форма; 4-камера

2.1.2. Класификация на инструменталната екипировка (пресформи)

В процеса на леене на алуминий под високо налягане формите които се използват са метални, разглобяеми и се използват многократно. Във времето ИЕ (пресформите) са претърпели най-голямо развитие и главно от тях зависи производителността на процеса

- Пресформи с дясна и лява форма (кокили) без избиващ блок
- Пресформи с горна и долна камера (каса) и избиващ блок

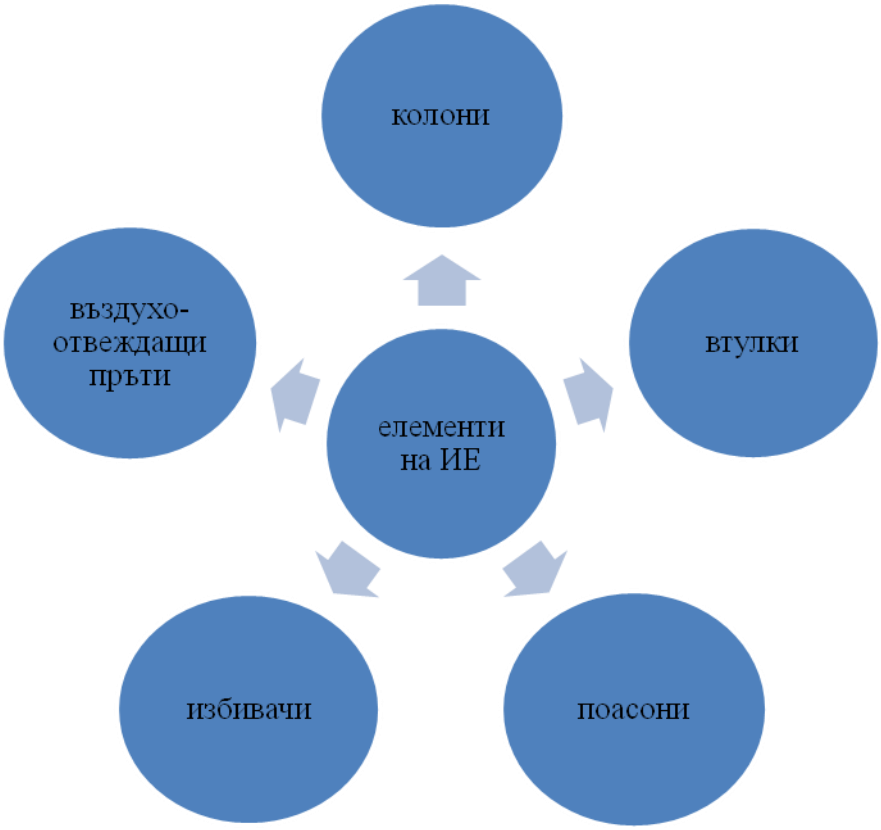


Фиг. 4 Общ вид на кокила
1 - дясна метална полуформа; 2 - леякова система; 3 - леярско сърце; 4 - лява метална полуформа.

Отливките получени чрез леене в кокили се отделят трудно. Наличието на по-големи леярски наклони в конфигурацията на отливките улеснява отделянето, но такива наклони не всякога е възможно да бъдат разполагани, а и увеличават следващата механична обработка. Всичко това налага използването на избивачи. Тук приложение са намерили пресформите с избиващ блок той представлява блок с метални щифтове, разположени проходно в стените на кокила. С единия си край те контактуват с отливката в точно подбрани за целта нейни зони. Другият им край излиза извън стената на кокила, което позволява нанасянето на удари, водещи до преместване на избивача и отделяне на отливката от самата форма. [3].

2.1.3. Класификация на елементите на ИЕ пресформи с избиващ блок

Основните предимства на леенето под налягане са: много високо качество на отливките (налягането осигурява добра запълнимост на пресформата от страна на метала, поради което получените отливки са с чиста и гладка повърхнина, и отлична размерна точност, възможно е изработването на отливки с отговорно предназначение с тънки стени и сложна конфигурация, процесът е с голяма производителност). Елементите които осигуряват технологичност на ИЕ за по малко технологично време за отливане на един детайл (втулки и колони), приспособления които формоват глухи и преходни отвори в детайла който намаляват следващите обработки (поасони), елементи който спомагат за автоматизацията на процеса по леене на метала (избивачи), елементи който спомагат за отвеждането на въздуха от формата (вентили, канали за въздух, мъртви глави, вакуум) (фиг. 5). В същото време, леенето под налягане е сложен технологичен процес, изискващ добри познания в областта на металургията на сплавта, технологията на леене, производството на прес формите и на механиката при експлоатация на машините. [4].



Фиг.5 класификация на елементите на ИЕ

3. Изводи:

Класификацията на пресите спомага да се избере точния метод и технологичен процес за едно производство, а класификацията на приспособленията (елементите) в голяма степен зависи процеса да е по технологичен. Тези елементи са унифицирани и стандартизирани с цел взаимно заменяемост и намаляване на сложността на конструкцията на формата, а от там и по-надеждна работа и по-ниска себестойност на пресформата. Предимства и недостатъци на този процес са изразени ясно, но добрия подбор на критерии по горе изброените класификации спомага работата на конструктора и личния състав. Те намаляват технологичното време, следващите обработки на детайла (отливката) и автоматизация на процеса на леене. Поради сложната изработка на пресформите и тяхната цена те се използват само за едро серийното и масовото производство.

За изследване се избира ИЕ с избиващ блок, поради сложността на конструкцията и разнообразието на елементи и приспособления. При тези пресформи има варианти за подобряване на конструкцията внедряване и подобряване на процеса на леене. ИЕ с избиващ блок ще бъде обект на следващи изследвания, като е възможно подобряване на формата и внедряване на елементи за подобряване структурата на отливката.

Литература:

1. Тончев Н.– Материалознание 2-част.Техника, София, 2001.
2. Славов Р.Р., М.И.Манолов и В.Л.Атанасова, Наръчник по леене на цветни метали и сплави, С., Техника, 1976
3. Ангелов Г.С., Леене на металите, С., Техника, 1983
4. С. Къртунов, П. Рачев – Учебник по Технологичност на конструкцията на финомеханични елементи и изделия, Габрово 1997.

CLASSIFICATION OF PRESSES AND INSTRUMENTAL EQUIPMENT FOR ALUMINUM FOUNDRY IN HIGH PRESSURE

S. Madzharov, P. Rachev

Abstract: *This paper examines the features of the pressing equipment "Press Forms" and the classification of the various presses for casting high pressure aluminum. There are also classified devices for IE that help to shape the castings and reduce the subsequent operations and increase the process productivity based on the conditions of LAKI 131 - Plovdiv*

Данни за авторите:

Стоян Василев Маджаров, инж. докторант към катедра „МТТ” при фак. МУ, Технически Университет – Габрово, Р. България, Габрово, ул. „Хаджи Димитър“ № 4, тел.: 0883394587, e-mail: s.madzharow@abv.bg

Петър Тотев Рачев, доцент, доктор инж., катедра „МУ” , Технически Университет – Габрово, Р. България, Габрово, ул. “Х. Димитър” № 4, тел. 066/ 827 365, e-mail: ra4ev_petar@abv.bg

ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ НА СИСТЕМАТА МАШИНА – ПРИСПОСОБЛЕНИЕ – ИНСТРУМЕНТ – ДЕТАЙЛ ПРИ ДИАМАНТЕНО СТРУГОВАНЕ НА ОПТИЧНИ ДЕТАЙЛИ

К. Георгиев, И. Шопов, П. Кацарова

Резюме: *Използването на диамантеното струговане за обработката на оптични детайли със сложна геометрия е все по - често срещан и все още развиващ се метод за генериране на сложни повърхнини. В настоящият доклад са разгледани отделните елементи на системата машина – приспособление – инструмент – детайл при тази обработка. Анализирани са конструкциите на отделните елементи за да се установи откъде могат да възникнат евентуални грешки и неточности при обработката на оптични детайли. Целта на тази процедура е да се насочи вниманието към проблемните елементи на системата, за да се подобри качеството на повърхнините на обработените детайли.*

Ключови думи: Диамантено струговане, оптични детайли, параметри, точност.

1. Въведение

Развитието на технологиите в световен мащаб се отразява и на оптичното производство. След допускането на технологията за диамантено струговане на свободния пазар, технологичния подем и изискванията за по-високо качество на изделията се отразяват и на този процес. Диамантеното струговане навлиза все повече и повече при обработката на оптични детайли, като дава възможност да се обработват оптични детайли с асферични повърхнини, както и повърхнини със сложни геометрични елементи (дифрактивни повърхнини). Използването на монокристален диамантен инструмент със сравнително малки размери на режещия ръб в порядъка от 0,02 до 0,5 mm, точността на машините за диамантено струговане, възможността да се обработват различни типове материали (стомани, оптични кристали, композитни материали и някои типове оптични стъкла), осигуряват голяма точност на завършената повърхнина.

Диамантеното струговане е все още развиващ се процес и представлява интерес да бъде изучаван неговият механизъм на работа с цел да се постигнат още по - високи стойности на качествените показатели на повърхнините. Към системата за диамантено струговане спадат: прецизен струг, приспособление за захващане на детайла, инструмент – монокристален диамантен нож или композитен инструмент за шлифоване и детайл за обработка – оптичен елемент от кристал, оптично стъкло или полимерен материал. Необходимо е да се направи подробен анализ на елементите на системата, с цел да се определят възможностите за влияние върху качеството на повърхнината.

В настоящият доклад са разгледани подробно елементите на системата и техните параметри. Определени са онези елементи, чрез които може да се въздейства върху качеството на повърхните на оптичните детайли получени чрез диамантено струговане.

2. Анализ на елементи на системата машина – приспособление – инструмент – обработван детайл

- **Машина –** Четири – пет осни прецизни стругове с цифрово програмно управление(CNC) използващи монокристален синтетичен диамант като режещ инструмент. В някои случаи диамантеният нож може да бъде заменен с

композитен инструмент за шлифоване, което променя процеса от струговане на шлифоване. На фиг.1 е показана машина за диамантено струговане.



Фиг.1 - Машина за диамантено струговане [1]

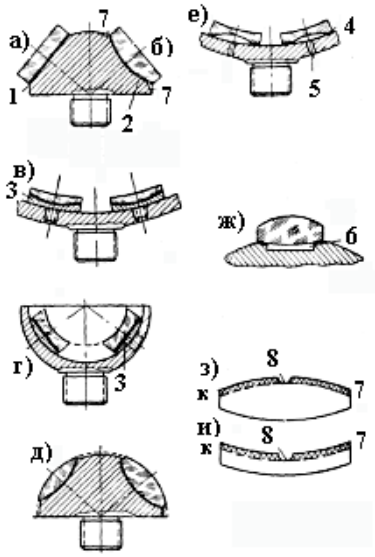
В таблица 1 са сравнени няколко машини от един и същи клас. Машините за диамантено струговане от ново поколение са оборудвани със системи за намаляването вибрациите и имат възможност за темпериране на детайла и инструмента. С цел елиминирането на вредното въздействие на външните фактори като: температура на околната среда, атмосферно налягане, влажност на въздуха и други, в документацията на машините са предписани препоръчителните им стойности.

Таблица 1. Характеристиките на машините за диамантено струговане

Характеристики		
Тип	Машини	
	Nanotech 250 UPL v2 [2]	Nanoform X [3]
Брой оси	2 - 4	2 - 4
Размер на обработван детайл	До 300mm диаметър До 150mm дължина	До 250mm диаметър До 100mm дължина
Пределна точност на машината	Грапавост на повърхнината – 2nm Точност на формата(P-V) ≤ 0.1μm	Грапавост на повърхнината – 1nm Точност на формата(P-V) ≤ 0.1μm
Резолюция при програмиране	0.01nm линейно 0.0000001° ротационно	0.01nm линейно 0.0000001° ротационно
Обороти на шпиндела	До 10000rpm	До 10000rpm

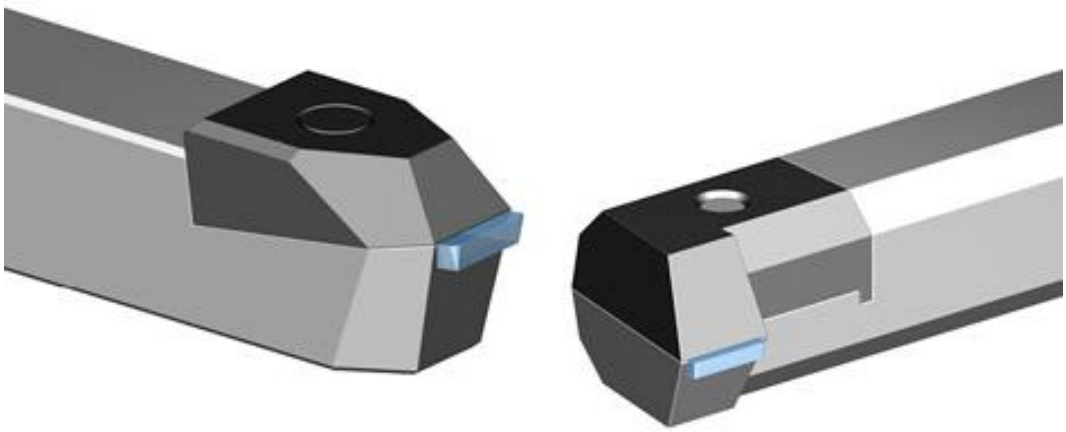
Според показаните в таблица 1 характеристики, машините от този клас са близки по възможности и осигуряват достатъчна точност от гледна точка на грапавост и отклонение от номиналния профил на детайла.

- **Приспособление –** Под приспособление се разбира устройството чрез което обработваният детайл се прикрепва към машината. Закрепването на детайлите към машината в оптичното производство се нарича блокиране. Блокирането може да бъде еластично и твърдо. При диамантеното струговане се използват няколко типа на блокиране според материала, които ще се обработва. Блокирането може да бъде чрез вакуум, еластично(чрез нанасяне на слой смола) и твърдо(чрез съответното приспособление). Тъй като чрез диамантено струговане се изработват асферични и асферични повърхнини с дифрактивни елементи, се налага да се изработват приспособленията според параметрите на детайла. При този тип обработка блокирането е от изключително важно значение, тъй като целта е да се постигнат повърхнини с голяма точност. Един от най – големите проблеми на диамантеното струговане е правилният подбор на типа блокиране. При блокирането чрез вакуум на сравнително тънки детайли може да се получат деформации по заготовката, които да дадат отражение и на завършената повърхнина. При еластичното блокиране трябва адхезивният елемент да се нанася много равномерно, с цел заготовката да се постави точно върху приспособлението и да се избегнат отклонения от формата и повърхнините и дебелината на детайла.



Фиг.2 Приспособления за блокиране на оптични детайли [4]

- **Инструмент –** В процеса на диамантено струговане се използва синтетичен монокристален диамантен инструмент. Радиуса на закръгление на режещия инструмент е от 0.02 до 0.5mm.



Фиг.3 - Инструмент за диамантено струговане [5]

Диамантения нож се състои от режещ елемент – диамантен кристал и държач. Диамантения кристал тежи 0,5 – 1,2 карата и се обработва чрез шлифоване с цел да се придадат на кристала необходимите за последващата работа ъгли на неговата режеща част.

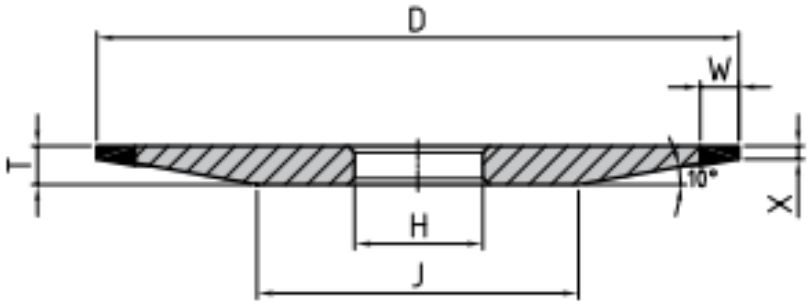
Диамантените ножове за фино струговане се използват за струговане на детайли от твърди материали и топлоустойчиви сплави: германий, силиций, алуминиеви сплави, цветни метали, бронзови заготовки, месингови повърхности, полупроводникови материали, а също керамични и други неметалически детайли и заготовки.

Скоростните режими при обработка с използване на диамантени ножове трябва включват скорост по-голяма от 100 m/min. Подаванията са малки (0,01 - 0,15 mm/об) а дълбочините на рязане са от (0,05 -0,3 mm) при висока виброустойчивост на технологичната система. Височината на грапавините след диамантената обработка е много ниска, а точността на изпълнението е висока. Това са главните преимущества при използването на метода за диамантено струговане [6].



Фиг.4 Огледални повърхности с високо качество на метални детайли, получени след диамантено струговане [7]

При обработката на свръх твърди материали като волфрамов карбид е по – удачно да се използва приспособление и инструмент за шлифоване, които са част от оборудването на машината за диамантено струговане. Инструментът за шлифоване е изграден от диамантен прах и смола. Такъв тип състав на инструмента намалява износването на инструмента в сравнение с монокристалния диамантен инструмент. На фиг.5 е показана схема на инструмент за шлифоване.

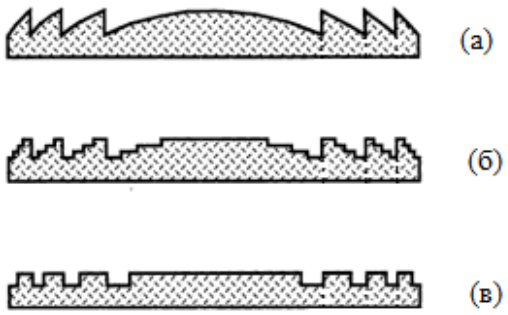


Фиг.5 - Схема на инструмент за шлифоване

На схемата:
D – Диаметър на инструмента
T – Дебелина на инструмента
H – Отвор за присъединяване
J – Диаметър преди скосяването на инструмента
W – Широчина на композитния слой
X – Дебелина на композитния слой

Правилният подбор на вида на геометрията и вида на инструмента са от изключителна важност за процеса на диамантено струговане, поради високата цена на инструмента и заготовката. Необходимото време за смяна и калибриране на машината и инструмента след смяната му е около четири часа.

- **Обработван детайл** - Поради високата цена за обработката, чрез процеса на диамантено струговане се обработват основно единични бройки или малки серии детайли. Прецизността на процеса дава възможност да се обработват детайли със сложна форма. Обработват се асферични повърхнини и асферични повърхнини с дифрактивни елементи, още наричани дифрактиви. На фиг. 6 са показани примери за видовете дифрактивни повърхнини [8].



Фиг. 6 - Дифрактивни оптични елементи:(а) с непрекъснат профил; (б) многостепенен профил; (в) бинарен профил;[8]

3. Изводи:

3.1 Подчертани са значението и перспективите за развитие на диамантеното струговане за производството на оптични детайли.

3.2 Направен е анализ на конструктивните изпълнения на отделните елементи на системата МПИД при диамантено струговане.

3.3 Може да се направи извода, че в производствени условия най –силно въздействие върху системата МПИД, респективно върху качеството на обработваните детайли може да се осъществи чрез подходящ избор и изпълнение на приспособленията, тъй като техните конструкции зависят от конкретния обработван детайл. На следващо място влияние оказва подходящия избор на инструменти и правилно подбрани режими на рязане. Сложността на детайлите и технологичността на конструкциите им също имат значение за качествен финал на диамантеното струговане.

Литература:
1. http://www.nanotechsys.com/NanotechMachines350FG.html
2. http://www.nanotechsys.com/wp-content/uploads/2009/02/Nanotech-250UPLv2-Specifications-Rev-1014.pdf
3. https://www.precitech.com/product/smallframelathesoverview/nanoform-x
4. https://bit.ly/2G2ypHB
5. http://www.diatec-pforzheim.de/monokristallin_EN.php
6. https://tdchts.ru/catalog/tokarnyj-instrument/rezcy/almaznye-rezcy
7. https://bit.ly/2jNEgIb
8. Herzig Hans Peter, Micro-Optics: Elements, Systems And Applications, April 26, 1997 by CRC Press.

CHARACTERISTICS OF THE SYSTEM: MACHINE – DEVICE - TOOLS - DETAIL IN DIAMOND TURNING OF OPTICAL COMPONENTS

K. Georgiev, I. Chopov, P. Katsarova

Abstract: *The use of diamond turning for the processing of optical elements with complex geometry is an increasingly common and increasingly evolving method for generating complex surfaces. This report examines the individual elements of the machine - device - tool - detail system. The individual element designs are analyzed to determine where errors and inaccuracies may occur in the processing of optical details. The purpose of this procedure is to focus attention on the problem elements of the system in order to improve the surface quality of the processed parts.*

Данни за авторите:

Климент Крумов Георгиев, маг. инж., докторант към катедра „Машиностроене и уредостроене” при ТУ – София, филиал Пловдив, Р. България, Пловдив, ул. "Цанко Дюстабанов" 25, тел.: 0888 53 57 47, e – mail: klimment_plovdiv@abv.bg

Иван Николов Шопов**,** доцент доктор инж., катедра „Машиностроене и уредостроене” при ТУ – София, филиал Пловдив, Р. България, Пловдив, ул. "Цанко Дюстабанов" 25, тел.: (+359 32)659659 , e – mail: ivan_chopov@abv.bg

Павлина Цанова Кацарова, доцент доктор инж., катедра „Машиностроене и уредостроене” при ТУ – София, филиал Пловдив, Р. България, Пловдив, ул. "Цанко Дюстабанов" 25, тел.: (+359 32) 659636 , e – mail: p_katsarova@abv.bg

РЕЖЕЩА ЧАСТ НА ИНСТРУМЕНТ ЗА КОМБИНИРАНО ОБРАБОТВАНЕ ЧРЕЗ РАЗСТЪРГВАНЕ И ППД С ВЪЗМОЖНОСТ ЗА АВТОМАТИЧНО ПОДНАСТРОЙВАНЕ

П. Петров, Г. Георгиев, М. Кършаков

Резюме: *Подвижният двуножов блок със срещуположни разположени режещи пластини се използва най-често за обработване на дълбоки отвори като част от комбиниран инструмент за разстъргване и повърхностно пластично деформиране. В статията е обоснована и описана конструкция на режеща част, притежаваща възможност за автоматично поднастройване в процеса на работа, осигуряващо висока точност на диаметралния размер на отворите.*

Ключови думи: подвижен двуножов блок, самоустановяване, еластична деформация, режещи пластини, осово разместване.

1. Въведение

Съществуващите инструменти за комбинирано обработване на отвори чрез разстъргване и повърхностно пластично деформиране (ППД) се състоят от режеща и деформираща части. Режещата част има решаващо значение както за производителността на обработването, така и за точността на диаметралните размери. Точността се постига чрез използване на подвижен двуножов блок (ПДБ) за разстъргване със срещуположно разположени режещи пластини, притежаващ максимално висока стабилност (коравина) при натиск, а производителността - чрез режещи пластини с много малки установъчни ъгли ($\kappa_r < 10^{\circ}; \kappa_r' < 1^{\circ}$) [3], позволяващи подаване до $f = 4mm/rev$. Ако едноименните точки от главните режещи ръбове лежат в равнини, перпендикулярни на оста на въртене съществува ограничение по отношение на големината на снеманата прибавка (0,5 – 0,7mm). Това налага предварително разстъргване на заготовките, удължаващо технологичния процес или използване на скъпо струващи тръби с по-висока точност на отворите.

В процеса на разстъргване ПДБ се самоустановява в резултат от подвижността си в радиално направление, заемайки равновесно положение. Във всички известни конструкции това положение се определя чрез транслация до равенство само на радиалните сили на рязане. На практика това условие не се изпълнява, тъй като в уравнението за равновесие участва и силата на триене между ПДБ и неговите направляващи, която се съпротивлява срещу преместването му при възникнала разлика в радиалните сили при двете режещи пластини. Това ограничава чувствителността на ПДБ и може да доведе до криволинейност на оста на симетрия на обработения отвор [3].

Важно изискване към самите инструменти за комбинирано обработване е режещата им част да има непрекъснато направляване (базиране) по цялата дължина на обработваната повърхнина. То се осъществява чрез неметални направляващи, които, заедно с деформиращата част, изпълняват и виброгасящи функции. Съществен недостатък се явява сравнително бързото износване на неметалните направляващи, което налага действия за възстановяването им и е свързано с разход на време и материални ресурси.

Друго изискване, от съществено значение за приложимостта на инструментите, е, при извеждането (връщането) им през обработения отвор режещата част да не причинява появата на следи или наранявания по обработената повърхнина.

2. Теоретични предпоставки

Подвижният двуножов блок (ПДБ) се настройва на размер предварително и размерът на статичното настройване (L_H) не се коригира през целия работен цикъл. Следователно, при обработване на партида детайли, отношението между допуска на диаметъра на отвора на заготовката (TD_0) и този на обработената повърхнина (TD) зависи от стабилността на технологичната система, която в случая включва само ПДБ и заготовката. Ако еластичните деформации на последната се пренебрегнат точността след разстъргване е толкова по–висока, колкото по–висока е неговата коравина в радиално направление.

Съществуват конструкции на ПДБ, при които горното заключение не е валидно. При тях режещите пластини са разместени в осово направление, т.е. главните им режещи ръбове (едноименни точки от тях) не лежат в равнина, перпендикулярна на оста на въртене. Разместването (X) води до нарастване на диаметъра на обработения отвор спрямо размера (L_H) в резултат от радиално изместване (Δ) на ПДБ към изоставащата пластина и се характеризира с гранична стойност ($X_{гр}$), след която изместването получава постоянна максимална стойност [2]. Причина за това е самоустановяването на блока за удовлетворяване на динамичното равновесие, а полезният ефект е изваждането на инструмента от обработения отвор без надиране на повърхнината му.

Установено е теоретично, че при обработване на партида заготовки с осово разместване на пластините $X \geq X_{гр}$ и недеформируем ПДБ полето на разсейване на заготовката може да се намали не повече от 3 пъти [1]. С увеличаване на неговата податливост точностните му възможности нарастват.

Това е обяснимо, тъй като, при деформируем блок радиалното изместване (Δ), в резултат от което нараства диаметърът на отвора се компенсира от еластичната му деформация (ε), предизвикваща намаляване на настроечния размер (L_H) (разстоянието между върховете на режещите пластини в направление, перпендикулярно на оста на въртене) на блока, водещо до намаляване на диаметъра. Следователно, като се има предвид, че с колебанието на прибавката за разстъргване се колебаят еднопосочно преместването (Δ) и силите на рязане може да се определи такава еластична характеристика на ПДБ, при която промяната на диаметъра в резултат от изместването (Δ) да се компенсира напълно от противоположно действащата деформация (ε) и допускът на диаметъра след разстъргване (TD) да не се влияе от този на заготовката (TD_0). Доказателство за това твърдение е доказаната експериментално зависимост [3].

$$TD = \frac{TD_0}{3} - \frac{4}{3}(\varepsilon_Г - \varepsilon_M), \qquad (1)$$

където $\varepsilon_Г$ и ε_M са съответно голяма и малка еластични деформации на ПДБ, получени при максимална и минимална прибавки за разстъргване, пораждащи съответните радиални сили на рязане ($F_P^{\max}$ и $F_P^{\min}$).

Очевидно е съществуването на теоретичната възможност $TD = 0$, ако разликата между еластичните деформации отговаря на условието

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_Г - \varepsilon_M = \frac{T_0}{4}, \qquad (2)$$

Това условие определя вида на еластичната характеристика на тялото на ПДБ, за получаването на която е необходимо да са известни предизвикващите горните деформации сили на рязане. Връзката между тях се вижда от зависимостите:

$$\varepsilon_M = \frac{F_P^{\min}.\Delta\varepsilon}{\Delta F_P} \quad ; \quad \varepsilon_\Gamma = \frac{F_P^{\max}.\Delta\varepsilon}{\Delta F_P}, \tag{3}$$

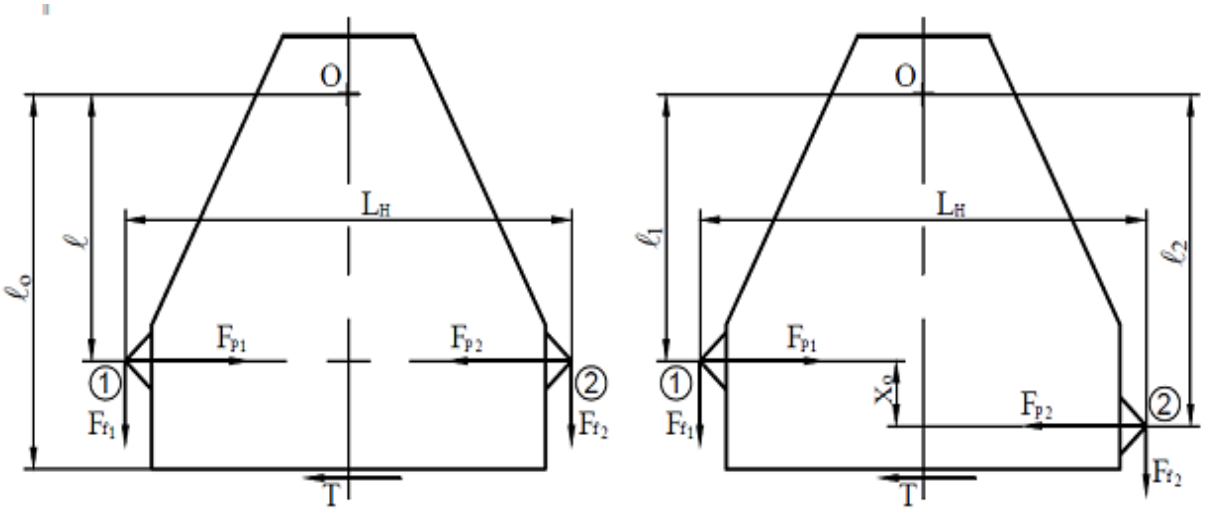
където $\Delta F_P = F_P^{\max} - F_P^{\min}$;

По този начин търсенето на максимална стабилност на тялото на ПДБ без осово разместване на пластините се заменя с постигането на регламентирана, при ПДБ с осово разместване на пластините, по-голямо или равно на граничното. При това колебанието на диаметъра на заготовката не предизвиква колебание на диаметъра след обработване ($TD = 0$), т.е. не влияе върху точността на разстъргването.

3. Определяне на формата и начина на самоустановяване на ПДБ

От казаното във въведението може да се заключи, че, за да се минимизира възможната криволинейност на оста на симетрия на отвора, е необходимо да се намали силата на съпротивление от триене (Т) в направляващите на блока или да се промени начинът на въздействие на силите на рязане. При това трябва да се има предвид, че самоустановяването на ПДБ не е свързано с равенство на силите на рязане, при всяка от пластините, а с равновесие на всички действащи върху него сили.

За да се промени начинът на въздействие на силите на рязане е необходимо да се промени конструкцията на ПДБ и принципно решение на такъв подход е показано на фиг.1. В него е заложена идеята самоустановяването на ПДБ чрез транслация в равнината на действие на радиалните сили на рязане да се замени със самоустановяване чрез ротация в същата равнина, при което в условието за равновесие на блока, освен радиалните, се включват и осовите компоненти на силите на рязане при всяка от двете режещи пластини.



а) б)

Фиг.1. Схема на ПДБ самоустановяващ се чрез ротация:
а) без осово разместване на режещите пластини; б) с осово разместване на режещите пластини.

Блокът има трапецовидна форма, в широката му част са закрепени режещите пластини *1* и *2* и притежава материална ос, позволяваща му свободно да се завърта около центъра *O*.

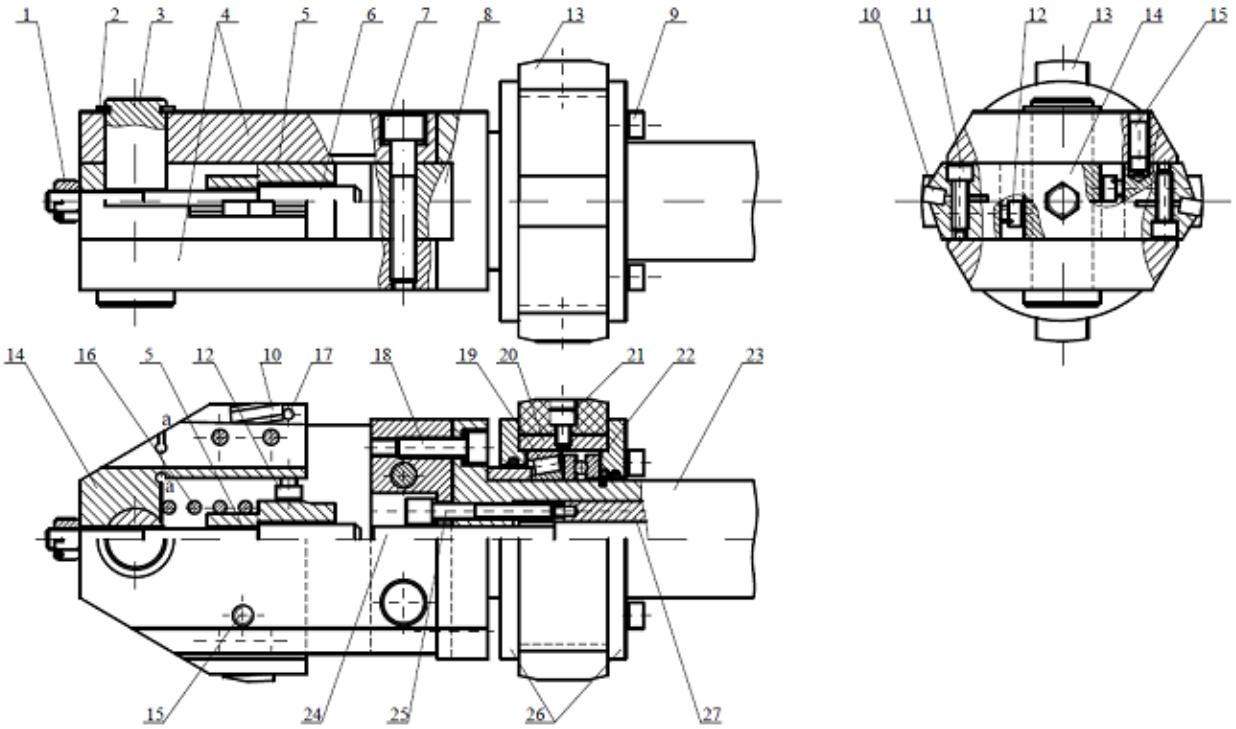
От условията за равновесие на действащите сили и моменти спрямо т.O са изведени условията за преодоляване силата на триене (T) при отсъствие или наличие на осово разместване (X_0)на режещите пластини, които имат съответния вид

$$\Delta F_f \frac{L_H}{2l_O} + \Delta F_P \frac{l}{l_O} > T\,, \tag{4}$$

$$\Delta F_f \frac{L_H}{2l_O} + \Delta F_P \frac{l_1}{l_O} - F_{P2} \frac{X_0}{l_O} > T\,. \tag{5}$$

$$\Delta F_f \frac{L_H}{2l_O} + \Delta F_P \frac{l_1}{l_O} + F_{P2} \frac{X_0}{l_O} > T\,. \tag{6}$$

От получените резултати се вижда, че, при тази конструкция на ПДБ, в условията за преместването му с цел самоустановяване, участват разликите както на радиалните, така и на осовите компоненти на силите на рязане. При практически постоянна големина на силата на триене в направляващите, това води до по-висока чувствителност при нарушено равновесие на силите на рязане както при отсъствие, така и при наличие на осово разместване на режещите пластини.



Фиг.2. Режеща част на инструмент за комбинирано обработване с регламентирана стабилност на ПДБ, самоустановяващ се чрез ротация

Описание на конструкцията на режещата част

Основен елемент на режещата част (фиг.2) е ПДБ 14 с трапецовидна форма, [3] сглобен с гарантирана хлабина между две успоредни плочи 4 и към ос 3, свързваща плочите 4 посредством зегеров пръстен 2.

В тялото на ПДБ са прорязани канали с правоъгълно напречно сечение, в които са установени режещите пластини 10. Закрепването им се осъществява чрез винтове 11, а осовото им разместване – чрез опорни щифтове 17. Размерът на статичното настройване се регулира с помощта на винтове 12, контактуващи със еластична стъпаловидна опора 5, осигуряваща регламентираната стабилност на ПДБ. Посредством избутващия прът 24 и специален болт 6 стъпаловидната опора 5 може да се премества в посока на подавателното движение, свивайки пружина 16, която възстановява показаното на фигурата положение при прибиране на избутващия прът – положението се определя чрез фиксираща гайка 1.

Плочите 4 са закрепени неподвижно към фланец 23 с помощта на челна шпонка 8 и винтове 7 и 18. Върху фланеца са поместени неметални опорни направляващи 13, закрепени към равнинни площадки върху външната повърхнина на втулка 20 чрез винтове 21. Направляващите са ограничени осово от капачки 26 , между които са поместени радиално-аксиален 19 и аксиален 22 лагери и са притиснати челно към втулката 20 чрез винтове 9.

Начинът на сглобяване осигурява безхлабинно търкаляне на лагерите при въртене на направляващите 13 заедно с повърхнината на отвора, с която контактуват в условия на стегнатост. При това силата на триене между тях възникваща от подавателното движение на инструмента създава непрекъснато осово натоварване на двата лагера в хода на обработването. При обратния ход се товари само аксиалния лагер 22.

При такова решение неметалните направляващи имат много по-висока трайност, тъй като се трият със скоростта подавателното движение, многократно по-ниска от периферийната скорост на обработваната повърхнина.

5. Изводи:

- Прилагането на подвижни двуножови блокове с регламентирана стабилност и осово разместване на режещите пластини, равно или по-голямо от граничното е нов етап в усъвършенстването на инструментите за комбинирано обработване на дълбоки отвори, в резултат от което се постига висока точност на разстъргването, която не зависи от точността на заготовките и се създават условия за еднопроходно обработване поради удвоените дълбочини на рязане.
- Създаването на подвижен двуножов блок със самоустановяване чрез ъглово завъртане спрямо държача е успешен опит за увеличаване на чувствителността на блока към нарушаване на равновесното му състояние, тъй като в условието за равновесие, освен на радиалните, се включва и действието на осовите сили на рязане.
- Изследванията са подкрепени по договор на Русенски университет "Ангел Кънчев"с № BG05M2OP001-2.009-0011-C01, „Подкрепа за развитието на човешките ресурси в областта на научните изследвания и иновации в Русенски университет "Ангел Кънчев", финансиран по Оперативна програма „ Наука и образование за интелигентен растеж“ 2014-2020”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз“.

Литература

1. Кършаков М., Георгиева Н., Петров П. Изследване поведението на подвижни двуножови блокове при разстъргване на отвори. Научни трудове на РУ „Ангел Кънчев” - Русе, 2005.
2. Петров П., Георгиева Н., Кършаков М. Влияние на стабилността на подвижен режещ блок върху точността при струговане на отвори. Сб. доклади „XXIII Международна научно-техническа конференция, АДП 2014., Созопол – юни 2014, стр. 360-365.

3. Петров П., Комбинирано обработване на дълбоки отвори чрез рязане и повърхностно пластично деформиране. Дисертация, Русе, септември, 2015.

CUTTING PART OF A TOOL FOR COMBINED TREATMENT BY BORING AND SURFACE PLASTIC DEFORMATION WITH A POSSIBILITY OF AUTOMATIC SUB-ADJUSTMENT

P. Petrov, G. Georgiev, M. Karshakov

Abstract: *The movable two-blade block with oppositely located cutting blades is most commonly used to treat deep holes as part of a combined boring tool and surface plastic deformation. The article is well-founded and described the construction of a cutting part having the possibility of automatic sub-adjustment in the process of operation, ensuring high accuracy of the diametrical size of the holes.*

Данни за авторите:

Павел Петров Петров, главен асистент доктор инж., катедра „Техническа механика” при МТФ, Русенски Университет – Русе, Р. България, Русе, ул. “Студентска” № 8, тел.: 888 474, e-mail: ppetrov@uni-ruse.bg

Георги Колев Георгиев, главен асистент доктор инж., катедра “Машинно инженерство” при Факултет „Техника и технологии“ - Ямбол, Тракийски Университет – Стара Загора, Р. България, Ямбол, ул. “Граф Игнатиев” № 38, тел.: 0887386031, e-mail: georgi.georgiev@trakia-uni.bg

Михаил Колев Кършаков, професор доктор инж., катедра „ТММРМ” при МТФ, Русенски Университет – Русе, Р. България, Русе, ул. “Студентска” № 8, тел. 888 309, e-mail: mkarshakov@uni-ruse.bg

СЪВРЕМЕННИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПОКРИТИЯ В ИНДУСТРИАЛНИЯ ДИЗАЙН

Г. Владимирова

Резюме: *Настоящата научна публикация разглежда проблемите на съвременните покрития, използвани в продукти от индустриалния дизайн. Изяснени са основните функции на покритията и са анализирани технологиите на производство. След направено обстойно проучване е предложена оптимална технология, спазваща както естетико-декоративните, така и функционално- експлоатационните изисквания за качествен дизайн – продукт.*

Ключови думи: покрития, индустриален дизайн, катафореза, съвременни технологии.

1. Въведение

Основната цел на съвременните покрития, използвани в индустриалния дизайн, е спазването както на естетическите, така и на функционално – експлоатационните изисквания на продуктите, съобразени с екологичните норми и стандарти. Те повишават естетичните, ергономичните, производствените и потребителските качества на изделията, многократно увеличавайки експлоатационния им живот, предпазвайки ги от различни външни влияния – химически, механични, атмосферни и др. Не на последно място, използването на тези покрития би довело до промяна във възприятията за материал, структура, а дори и за формоизграждане и обем на дадения продукт. Съществува и социален аспект в прилагането им, който е свързан с възможността за удовлетворяване на потребителската потребност за безопасни и щадящи природата и здравето технологии и материали.

2. Видове и основни функции на съвременните покрития за продукти от индустриалния дизайн

Технологиите за покритие на повърхности в индустриалния дизайн обхващат широк диапазон, разделени условно в две групи – метални и неметални (органични и неорганични) покрития.

- Металните покрития включват редица методи за полагане: галванотехника - горещо поцинковане, хромиране, никелиране; анодиране, безтоково метализиране, термично пръскане, плакиране, дифузионно покритие и др. Към органичните покривни системи се отнасят боите, лаковете, грундовете, антикорозионните смазки, каучуковите покрития и множество други материали, които лесно и качествено образуват устойчиви и дълготрайни защитни слоеве.
- Неорганични са порцелановите покрития, конверсионните покрития, емайлите, стъклооблицовката, силикатните облицовки, циментовите и бетоновите покрития и др.

2.1. Основни функции на съвременните покрития

- Повишаване на естетическите и експлоатационните възможности на материалите;
- Подобрение на декоративните и износоустойчивите качества на изделието;
- Съобразяване с екологичните стандарти за безопасни технологии и материали;
- Икономическа полза от технологии с минимален отпадък;
- Създаване на оптическа илюзия за друг материал или комбинация от материали;
- Високи декоративни свойства – създаване на представа за конкретна структура, блясък, плътност и др.
- Визуална имитация на декоративни техники – оцветяване, придаване на структура, състаряване и т.н. на материала.

- Повишаване на защитните качества на материала - защитните качества на дадено покритие, независимо от химическия състав и структурата му, се свеждат до две основни функции: физическа бариера, която предпазва материала от контакт с неблагоприятната среда и химическа такава, която контролира микросредата в контактната зона между материала и покритието. Всичко това е в комбинация с максимално висока адхезия.

Редица фактори могат да повлияят защитните свойства на материала. Сред тях са изборът на покритие, подготовката на повърхността, условията на приложение, инспекцията и рутинната поддръжка. Покритията служат като физическа бариера между металния субстрат и корозивната среда (атмосфера, вода, почва). Съвременните решения за антикорозионна защита се базират на стандарта ISO 12944.

3. Подготовка на повърхностите и нанасяне на покрития за индустриалния дизайн

Подготвителната обработка на повърхността може да бъде механична, химична или електрохимична. Приоритетна задача е премахването на окиси, мазнини, масла, нефт, стари покрития и замърсители (нагар, ръжда върху метала, циментено мляко върху бетона, соли върху галванизирани повърхности). Подготовката обикновено включва обезмасляване, измиване с универсални разтворители, последвано от избърсване. За целта обичайно се използват химически обезмаслители или почистване с пара.

Друга техника за подготовка е ръчното почистване - изчеткване, шкурене, изстъргване или откъртване на ръжда и замърсявания. При почистване с механизирани инструменти често използвани са електрически четки, ударни инструменти като иглени пистолети, шлифовъчни и лентополировъчни машини и др.

Един от най-ефикасните методи за отстраняване на нагар, ръжда и стари покрития е бластирането. При него се използват различни абразиви (пясък, грит или сачми) под високо налягане. Разновидност е хидробластирането, при което водоструйна машина изхвърля абразивни частици, примесени с вода, под високо налягане и при сблъсъка с повърхността те отнемат замърсяванията и налепите.

Изпръсканията от заварки, метални отломки и остри ръбове, разкрити при бластирането, трябва да бъдат допълнително заравнени, за да се осигури необходимият профил на повърхността.

Техниката на полагане на индустриални покрития зависи от вида и състоянието на повърхността, както и от специфичните условия на средата, в която ще се експлоатира продуктът. Важни фактори са температурата на повърхността и атмосферните условия по време на нанасяне.

От особена важност е и изборът на система - подходящото решение трябва да осигурява лесно нанасяне, висока покривност и нисък разход. Дву- и многокомпонентните системи изискват предварително смесване. Най-разпространените методи за нанасяне на индустриални бои, грундове и лакове са посредством четка, валяк, шприц пистолет, обикновен пулверизатор, пистолет под налягане или система за безвъздушно нанасяне.

При многослойните системи полагането на всеки следващ слой се извършва след окончателно изсъхване на предишния. Дебелината на слоя и броят слоеве трябва да са съобразени стриктно с указаните изисквания.

4. Използвани технологии в индустриалния дизайн

През 1995 г. след редица изследвания, като стандарт за качествено покритие в автомобилостроенето и оръжейната промишленост, се приема технологията *катафореза*.

Тя е базирана на технологията електрофореза, създадена преди повече от 120 г. в гр. Бирмингам. Първоначално процесът е бил анафореза (детайлът е на анода), а в последствие се трансформира в катафореза (детайлът е на катода).

Технологията автофореза, при която се разчита на разликата в електрохимичните потенциали, също има своите постижения, но процесът е трудно контролируем, поради което се налага катафорезата- при нея се получават повторяеми и надеждни резултати от функционална, естетическа и антикорозионна гледна точка.

Катафорезата представлява електрически процес, при който се извършва движение на положително заредени частици в електролитна течност посредством провеждането на електрически ток. Обработваният детайл се потапя във вана с електролитен разтвор на боя. Там той се свързва с отрицателния полюс на източника за постоянен ток. Положителният полюс се образува от няколко анода, които са разположени по стените на ваната. Под действието на електрическия ток положително заредените частици на боята се утаяват и отлагат върху отрицателно заредения детайл. При катафорезното грундиране се използват епоксидни филмообразуващи вещества, които се втвърдяват с помощтта на амини. Същите са стабилизирани преди това във водна среда, чрез неутрализиране с различни киселини. За постигането на оптимални защитни лаково-бояджийски свойства на металните компоненти в разтвора се прибавят и втвърдители.

Следващият процес – сушенето - се извършва при повишена температура от 165 до 180°C. В резултат на това се получават покрития върху металните повърхности, които се отличават с високи естетически и антикорозионни свойства. Важно е да се отбележи, че желаната комбинация от качества е възможно да се постигне дори при прилагането на тънки слоеве от около 12 микрометъра, директно върху метала без предварителна обработка. Това е много важно за изделия, които имат форма на кутия, тъй като в този случай покритието трябва да е с висока якост.

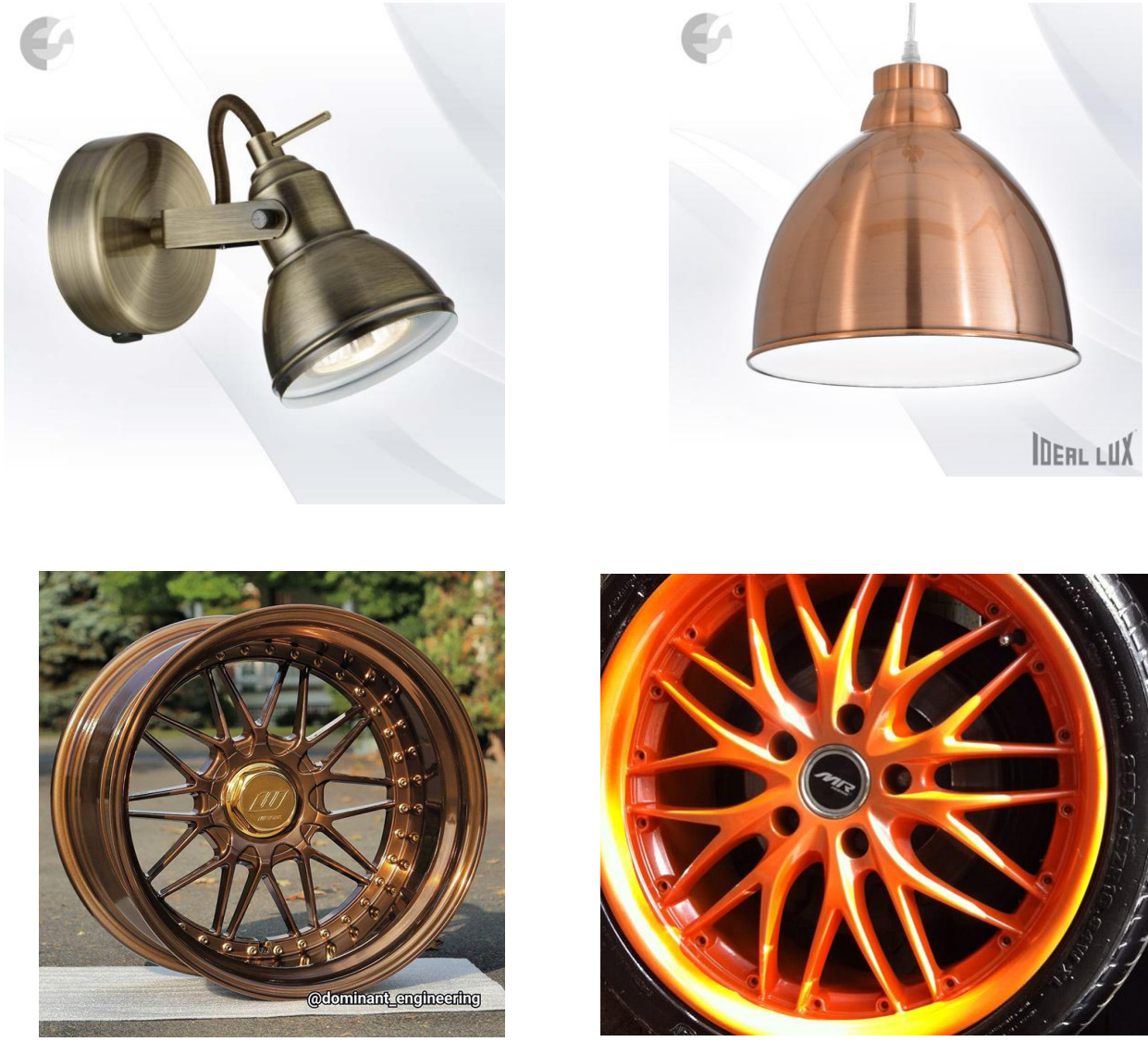
Декоративните качества на процеса катафореза, базирана на модифициран уретан с последващо боядисване, дава огромни възможности за постигане на антични и галванични ефекти при създаването на технологична линия с относително ниска инвестиция и голяма гъвкавост на цветово завършване (фиг. 1).



Фиг. 1. Цветови възможности на катафорезата

Друго предимство на технологията е създадената система за боядисване на корпусите на автомобилите по RAL системата, чрез прилагане на катафорезен процес с интегрално оцветяване.

Технологията дава възможност за 100 % покритие на детайла, като неравномерността е в порядъка на 5 % между вътрешните и външните повърхнини. Чрез регулиране на напрежението от 0 до 60 волта може прецизно да се регулира дебелината на покривния слой от 3 до 25 микрона, като по този начин се избягва ефекта на „портокаловата кора“. Ограничението на приложението на процеса в индустриалния дизайн зависи само от възможностите на дизайнера – проектант [1].



Фиг. 2. Продукти от индустриалния дизайн с използвана катафореза

Катафорезата дава възможност за комбиниране на различни цветове върху един и същи детайл. Това се осъществява след нанасянето на основния цвят, като след термокатализирана до 120-140 градуса полимеризация се отстранява чрез лазер или по механичен начин част от покритието на селектираните предварително места, на които може да се нанесе последващо катафорезно покритие в друг или контрастен цвят. Операцията може да се повтори колкото пъти е необходимо, като не се усеща тактилно граница между различно оцветените повърхности [1, 2].

Може да се създадат сложносъставни цветове чрез поетапно експониране в различните оцветители, проникващи в структурата на прозрачния филм от коагулиран върху повърхността на компонента моноуретан, който след полимеризация се превръща в полиуретан, имащ отлична степен на адхезия към основата и позволяващ последващо формообразуване на детайлите. Изискването е инструментите да бъдат покрити с технически полимери или тефлон. Покритието не понася никакви щети при огъване и леко изтегляне.

Сравнявайки технологиите *катафореза* с *прахостатичното боядисване*, първата я превъзхожда многократно, поради нанасянето на частиците чрез катафореза с размер 0,1 микрометра (за сравнение при прахостатичното боядисване частиците са между 40 и 60 микрометра), което дава възможност за съвършено следване на топографията на микропрофила на повърхнината. В резултат на това адхезията е два порядъка по-висока, а антикорозионната устойчивост – повишена с един порядък (катафорезата не оставя микро джобове, в основата на които най-често има зародиши на микрокорозия).

Процесът е подходящ и за детайли, произведени от материал с микропореста структура: като продукти, прозведени чрез леене и синтероване (прахова металургия).

Катафорезата може да бъде приложена и за покрития на всякакви микрометализирани повърхности, чрез вакуумно изпарителна или друга технология, както и върху материали като стъкло, керамика и др., издържащи полимеризационната температура от 120-140 градуса

Повече от 90 % от галваничните и полимерни покрития се правят заради естетични и декоративни изисквания. Катафорезата дава възможност чрез прилагането на един процес да се постигнат над 50 вида галванични и антични визии на покритията, като технологията е щадяща околната среда и безопасна за операторите и потребителите.

Технологията катафореза широко се използва в съоръжения и опаковки от хранително-вкусовата промишленост, като има доказано безвредни за човека качества. Тя възпрепятства предизвикването на алергични реакции при при досег на свръхчувствителна кожа с алергизиращи метали като никел, мед, кадмий и др.

Изпълнява запечатваща функция за свръхактивни метали като сребро, месинг, бронз, мед и др.

5. Изводи

- Изяснени са теоретичните въпроси, свързани с основните функции на съвременните покрития, използвани в индустриалния дизайн;
- Анализирани са данни, сравняващи съществуващи технологии за създаване на покрития в индустриалния дизайн;
- Получени са резултати, представящи оптималния метод за създаване на покрития (катафорезата), спазващ както естетическите, така и функционалните и екологичните изисквания за качествен дизайн – продукт;
- Показани са продукти от индустриалния дизайн, илюстриращи предимстата на технологията катафореза пред останалите, използвани в индустриалния дизайн.

Литература:

1. Morton, W. Cataphoresis; Or, Electric Medicamental Diffusion: As Applied in Medicine, Surgery and Dentistry, Nabu Press, 2010.
2. https://www.coventya.com/industries/

MODERN TECHNOLOGIES FOR COVERAGE IN INDUSTRIAL DESIGN ENGINEERING

G. Vladimirova

Abstract: *The present scientific paper addresses the problems of modern coatings used in industrial design products. The main functions of the coatings are clarified and the production technologies analyzed. After an extensive study, an optimal one has been proposed, that respects both the aesthetic-decorative and the functional-operational requirements for a quality product design.*

Данни за автора:

Геновева Кирилова Владимирова, главен асистент доктор инж., катедра „МЕНК” при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, e-mail: gvladimirova@tu-sofia.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ ПРИЧИНИТЕ ЗА МЕЖДУКРИСТАЛНА КОРОЗИЯ В НЕРЪЖДАЕМА СТОМАНА ОТ ХИМИЧЕСКАТА ПРОМИШЛЕНОСТ

П. Кънчев, И. Оведенска, Т. Вакарелска

***Резюме**. В настоящата статия е изследвано влиянието на механичните характеристики от микроструктурата, обезвъглеро-дяването и неметалните включвания при междукристална корозия от неръждаема легирана хромникелова стомана 03Х18Н11А използвана в химическата промишленост. Посочени са вероятните причини за възникване на междукристална корозия, пукнатини и намаляване на качеството на отговорен тръбопровод от неръждаема стомани 03Х18Н11А в химическата промишленост.*

Ключови думи: Металография, междукристална корозия, пукнатини, неръждаема стомана 03Х18Н11А, микроструктура, обез-въглеродяване, неметални включвания, причини за образуване на между-кристална корозия и пукнатини.

1. Въведение.

Металографията играе важна роля в материалознанието и е добре развит, информативен, ефективени експертен метод за лабораторни изследвания и оценка на металите. Металографското изследване използва съвременно оптично микроскопско оборудване за изследване на специално подготвени проби–металографски шлифове. Този подход има сравнително дълга история, в продължение на много години се е развивал и подобрявал, и е давал точни и добри експертни резултати. Използването на модерно металографско оборудване и съвременните компютърни технологии извежда металографията до нови нива на точност и достоверност. Металографските изследвания се провеждат на два основни етапа.

В първия етап се извършва подготовка на пробата, което до голяма степен определя точността на резултата, който трябва да се получи. Подготовката на пробата включва рязане на метала, запресоване, шлайфане и полиране, тези действия са необходими, за да се направи формата на пробата оптимална за последващ металографски анализ. В края на първи етап на подготовка на пробата-металографския шлиф, трябва да се получи идеално гладък, плосък шлиф без деформации, прегряване и драскотини.

Втората фаза на металографското изследване е действителното изследване на пробата-микрошлифа с оптичен металографски микроскоп. Провеждат се две паралелни изследвания – микроскопско изследване на микроструктурата на метала и измерване на твърдостта или микро-твърдостта на метала. Това до голяма степен помага да се установи връзката между микроструктурните характеристики на металите и техните физико-механични свойства. След установяване на закономерностите, чрез които е създадена изследваната микроструктурата, става възможно да се открият причините за влошаване на качеството или да се планира създаването или подбирането на нови сплави със зададен комплекс на необходимите физико-механични и химични свойства на металите и сплавите.

2. Сравнителен анализ на състоянието на двете тръби от неръждаема стомана 03Х18Н11А

След авария на корозирал тръбопровод в химическата промишленост са предадени проби от две тръби нова неупотребявана и стара-корозирала и дефектирала за експертен металографски анализ и оценка.

Изследвани са пробни тела, изрязани от корозирал и дефектирал тръбопровод след продължителна експлоатация Ø500x7mm, материал от стомана марка 03Х18Н11А, която е показана на фиг. 1, с цел да се определи характера на развитието на корозията в дълбочина на материала на тръбата (от външната и вътрешната повърхности) и да се проверят такива характеристики на металната тръба, като степен на замърсеност от неметални включвания, характерна микроструктура и наличие на обез-въглероден слой по повърхността на изследваната стомана 03Х18Н11А.

Изследваната тръба №1 е дефектирала в процеса на продължителна експлоатация, дебелината на нейната стена не отговаря на приетите норми, съгласно конструкторската документация.

Изследваната тръба №2 е нова тръба, която е доставена с цел замяна на корозирала и дефектиралата тръба №1. И двата вида тръби са внос от фирма доставчик на неръждаема стомана марка AISI 304L, аналог на която е стомана 03Х18Н11А, външен вид на които са показани на фиг.1 и фиг.2.

Целта на изследването е експертна оценка и изясняване на причините, довели тръба №1 до недопустимо корозиране, изтъняване, износване, дефектиране и бракуване на тръбата след експлоатация.

В процеса на извършения макроструктурен анализ и външен оглед на повърхностите (външните и вътрешните стени) на сегмента от дефектиралата тръба №1 с помощта на стереомикроскоп „Hund Wetzlab” и фото камера „Canon Power Sot” е констатитано: ~1/2 от обиколката на сегмента от дефектиралата тръба на вътрешната страна е засегната от повърхностна междукристална корозия, която е показана на фиг.3. Корозията е с междукристален характер, която е показана и на фиг.4. Средната дебелина на стената на сегмента от дефектиралата тръба в мястото на междукристалната корозия е ~ 1.1 mm, а най-тънкото място на повърхността на макрошлифа е с дебелина ~ 0.5 mm .

Направеният металографски анализ и оценка на изследваните микрошлифове подтвърждават съществуването на развита в дълбочина междукристална корозия от вътрешната страна на сегмента от авариралата и дефектирала тръба, която е показана на фиг.5. На металографския микрошлиф, направен в участъка от сегмента на дефектиралата тръба, който видимо е засегнат от междукристална коррозия, са регистрирани многобройни повърхностни огнища на нейното зараждане и развитие и на този участък, който е показан на фиг.6.



Фиг.1 Сегмент от дефектиралата тръба



Фиг.2 Сегмент от новата тръба

След полиране и проявяване на микрошлифовете с реактив „Царска вода“ е изследвана и оценена микроструктурата и на двата предоставени сегмента от тръбите: дефектирала и нова. Микроструктурата и на двата сегмента е аустенитна, при това балът на зърното на дефектиралия сегмент е 2÷3, който е показан на фиг.7, а балът на зърното на новия сегмент тръба е 8÷9, който е показан на фиг.8, съгласно скалите за определяне големината на зърната /кристалите/ при увеличение х100 по скала Б от стандарта за оценка едрината на зърната в микроструктурата.

Нито една металографска експертиза за определяне причините за разрушение на металните изделия /тръбопроводи/ не се провежда без фрактографичен анализ на повърхността на лома. Уменията за „четене на ломове” са важни и необходими за всеки експерт-металовед. При разрушаване на металния тръбопровод, повърхността на лома може да има различен релеф, характера на който може да зависи от ред различни фактори, основните от които са :

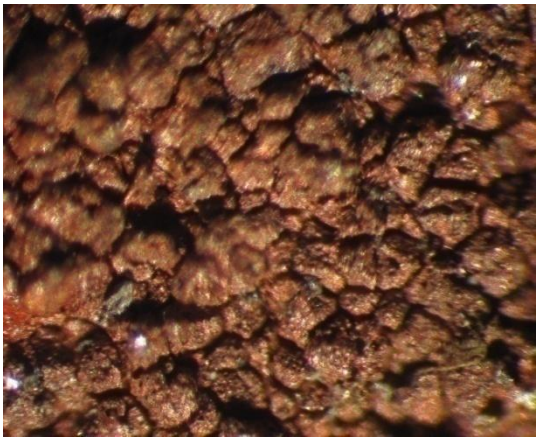
1. Температура на експлоатация на тръбопровода. Високите температури повишават дифузията и корозията.

2. Състоянието на напрежение, в което се е намирал тръбопроводът в момента на разрушение. С помощта на лома на метала може да бъде установено как е работил тръбопроводът – на огъване, на опън, на усукване, на удар и какви именно напрежения се явяват в качеството на първопричина за разрушаването на тръбопровода.

3. Важна е средата, в която е работил тръбопроводът: агресивна, течна, киселинна, основна, които са довели до разрушителна междукристална корозия.



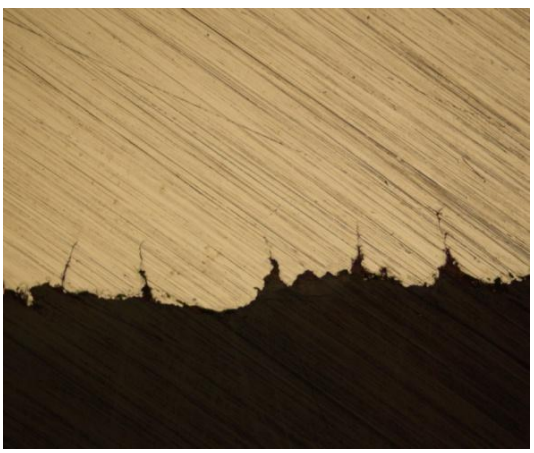
Фиг.3 Корозия на вътрешната страна



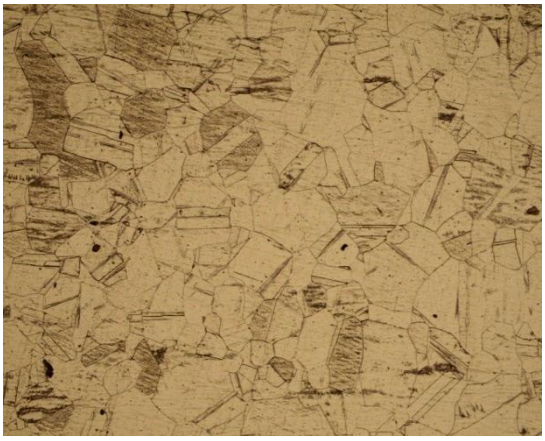
Фиг.4 Междукристална корозия



Фиг.5 Междукристална корозия



Фиг.6 Корозия на дефектиралата тръба





Фиг.7 Структура на дефектиралата тръба **Фиг.8 Структура на новата тръба**

Направената експертна оценка и металографски анализ на изследваните стомани стара-корозирала и нова и получените експериментални резултати ни дават основание за следните изводи и заключение.

Изводи:

- Корозиралата, износена, изтъняла и дефектирала тръба от неръждаема аустенитна стомана 03Х18Н11А има едрозърнеста и нехомогенна микроструктура и е вероятната причина за дефектирането, възникването и развитието на междукристална корозия, която е довела до недопустимо корозиране и изтъняване на дебелината на стената и дефектиране на тръбата.

- Дребнозърнестата и хомоенна микроструктура на новата тръба от стомана 03Х18Н11А отговаря на техническите условия за неръждаеми аустенитните тръби, и съответно е по-устойчива към развитието на междукристална корозия, което гарантира по-продължителен експлоатационен срок на тръбата.

Литература:

1. Гадалов В. Н., В. Г. Сальников, Е. В. Агеев, Д. Н. Романенко, Монография "Металлография металлов порошковых материалов и покрытий полученных электроискровыми способами", Москва, Серия "Научная мысль", издательство „Инфра-М”, 2011г.
2. Брандон Д., У. Каплан, Мир материалов и технологий. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля, перевод с английского. Москва, издательство Техносфера, 2006г.
3. Бернштейн М. Л., Атлас дефектов стали, перевод с нем. Москва, издательство „Металлургия”, 1979 г., с. 189
4. Бернштейн М. Л., А. Г. Рахштадта, Материаловедение и термическая обработка стали и чугуна, Справочник в трех томах. Т. 1: Методы испытания и исследования металлов, М., Металлургия, 1983, 362 с.
5. Гелер Ю. А., А.Г. Рахштадт , Материаловедение, Москва, Металлургия, 1989 с.455.
6. The Relation between the Structure and Mechanical Properties of Metals, Proceedings of the conference end at te National Physical Laboratory, Teddington, Middlesex, January, 1963

STUDYING THE REASONS FOR INTERCREASE CORROSION IN DIFFERENT STEELS FROM THE CHEMICAL INDUSTRY

P. Kanchev, I. Ovedenska, T.Vakarelska

***Abstract**: This paper investigates the influence of mechanical properties on the microstructure, de-carbonization and non-metallic inclusions in intercrystalline corrosion from stainless steel alloy chromium-chromate steel 03X18H11A. The possible causes of cross-corrosion corrosion, cracks and the reduction of the quality of stainless steel pipes 03X18H11A are indicated.*

Данни за авторите:

Петко Милчев Кънчев, гл. ас. д-р, катедра „Енергетика и машино-строене” при КЕЕ към ТУ - София, България,София, , бул. „Кл. Охридски” № 8 , тел. 0895-58-85-94, 0877304314, e-mail: pmk@abv.bg.

Ирина Оведенска, инж., Металографска лаборатория в АЕЦ –Козлодуй

Татяна Вакарелска, доцент, д-р, катедра „Енергетика и машиностроене” при КЕЕ към ТУ - София, България, бул. „Кл. Охридски” № 8, тел. 0895-58-98-97, e-mail: vakarelska@tu-sofia.bg.

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА МЕХАНИЧНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТ МИКРОСТРУКТУРАТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВОТО НА ЕЛАСТИЧНА РЕЛСОВА КЛЕМА СЕ-1 В ДЕНДРИТ-ЕООД

Г. Бахаров, Т. Дилов, Р. Русев, П. Келчев, П. Кънчев

***Резюме**. В настоящата статия е изследвано влиянието на механичните характеристики от микроструктурата при високо-температурна термопластична деформация и термична обработка на отговорни детайли "Еластични релсови клеми-СЕ-1” от пружиннни легирани стомани 50ХФА и 55С2А. Посочени са вероятните причини за възникване на пукнатини и намаляване на качеството на еластичните релсови клеми от стомани 50ХФА и 55С2А.*

Ключови думи: Еластична релсова клема СЕ-1, стомани 50ХФА и 55С2А, високотемпературна термопластична деформация, закаляване, твърдост, микроструктура, причини за пукнатинообразуване .

1. Въведение.

В течение на последните десетилетия, водещите световни фирми предлагат различни иновативни технологии за производство на еластични релсови клеми с повишени физико-механичните свойства на избраните от тях стомани.

Предложените пружинни стомани 50ХФА и 55С2А от фирма „Дендрит” за постигане на оптимални механични показатели, обработени чрез високо-температурна термомеханична обработка - гореща пластична деформация от 1080 °С и непосредствено закаляване от 880°... 860°С в масло с последваща термична обработка - отпуск на 520 ...575°С, които са важни за характеристиките на детайлите и за високото им качества от предложените пружинни стомани .

Както е извесно, в процеса на високотемпературна пластична деформация възникват максимални надкритични вредни опънови напрежения, които в многослуча и са източник на зараждащи се пукнатини, водещи до влошаване на качеството и извеждане от експлоатация изработваните детайли-клеми. Тези дефекти са непоправими и водят до голями загуби и бракуване на детайлите.

При избора на стомани за изработване на отговорни конструкционни детайли три от нейните механични характеристики често пъти се явяват определящи. Те са твърдостта, еластичността и пукнатиноустойчивостта. . При правилен инженерен подход първата и втората трябва да обезпечат работоспособността и дълготрайността на елементите в конструкцията, а с помощта на третата характеристика конструкторът се старае да сведе до минимум вероятността от възникване на пукнатини и крехки разрушавания и в заключение повишаване на пукнатиноустойчивостта на металите при ударно натоварване в условията на екстремни експлоатационни натоварвания. [3]

Многочислените изследвания на процесите на високотемпературна термопластична деформация и термична обработка, както по отношение на изменение на микростуктурата и механичните свойства, така и по отношение на възникващите остатъчни напрежения, позволява да се докаже, че вредните пукнатини възникват вследствие образувалите се на повърхността на детайлите опасни опънови напрежения.

Проведените изследвания показват, че именно от тази гледна точка трябва да се разглеждат факторите, които влияят на качеството на детайла еластична релсова клема, а те са: състоянието на доставка на избраната стомана, обезвъглеродения слой, значителната високотемпературна термопластична деформация, температурата и скоростта на закаляване и отвръщане, прокаляемостта и сложната форма и размерите на детайла еластична релсова клема СЕ-1.

Цел на настоящото изследване е да се извърши сравнителен металографски анализ и изследване на механичните характеристики и причините за пукнатинообразуване на отговорни детайли „Еластична релсова клема СЕ-1” от висококачествените пружинни стомани 50ХФА и 55С2А.



Фиг.1. Еластична релсова клема СЕ-1 от стомана 50ХФА.

2. Резултати от изследването.

2.1 Вид на изпитване:

Определени са вида на изпитване: геометрични размери, твърдост, якост на опън, коравина, дълбочина на обезвъглеродения слой, макро и микроструктура на „Еластична релсова клема СЕ-1” от пружинните хромванадиева стомана 50ХФА и силициева стомана 55С2А.

Експерименталните резултати получени след изпитания на якост на опън и механичните характеристики, които са показани в табл.1.

Стандартните образци за якост на опън, които са показани на фиг.2 са изпитани на стандартизирана изпитателна машина за якост на опън /Р-50/, която е показана на фиг.6.



Фиг. 2. Образци от изпитания на якост на опън от стомани 50ХФА и 55С2А

Таблица 1 Механични характеристики на детайли „Еластична релсова клема СЕ.1” от стомани 50ХФА и 55С2А

Стомана 50ХФА	**Стомана 55С2А**
Е = 2,18	Е =1,96
Тзак. = 860 °С	Тзак. = 860 °С
Тотв. = 520 °С	Тотв. = 575 °С
σв = 1320 - 1350 MPa	σв = 1190-1200 MPa
σт = 1200- 1230 MPa	σт = 1030-1045 MPa
δ = 12,0 %	δ = 12,5 %
φ = 42,0 %	φ = 48,5 %
HRC =38,0 - 42,0	HRC = 37,5-39.0
σ = 676 MPa	σ = 598 MPa
σ = 519 MPa	σ = 429 MPa

2.2 Методи на изпитване:

- Технически условия за изработване на еластичен притискащ елемент клема СЕ-1
- БДС EN ISO 6508-1-2006”Метали. Изпитване на твърдост по Роквел”
- Метали.Изпиттване на якост на опън”
- БДС 3316-78 Стомана. Определяне на обезвъглеродения слой”

2.3 Използвани средства за наблюдение, измерване и изпитване:

- шублер дигитален 150 mm и 500 mm
- твърдомер стационарен Роквел-Бринел НР-250
- електронна измервателна система „SPIDER-8”
- преобразовател за сила до 200 kN тип „HBM”C6A
- преобразовател за ход тип „HBM” WA/ 50mm
- металографски микроскоп „Jepanlan”
- обектмикрометър

Определени са вида и методите на изпитване. В нашият случай е направен сравнителен анализ и са изследвани свойствата на пружинните: хромванадиева стомана 50ХФА и силициева 55С2А за изработването на отговорни детайли „Еластична релсова клема СЕ-1” от фиг.1. Във фирма „Дендрит” за изработване на опитна серия „Еластична релсова клема" СЕ-1 е разработена оригинална технология включваща: високо-температурна пластична деформация и последващо закаляване и отвръщане от горещо валцуван прокат стомана 50ХФА с диаметър 13мм.

Таблица 1 Механични характеристики на детайл „Еластична релсова клема СЕ-1” от стомани 50ХФА и 55Г2А

№	**Показатели :**	**Проба №**	**Иска се :**	**Установено :**
1.	Притискащо усилие	№ 1	11000 N	16900 N
		№ 2	11000 N	17100 N
		№ 3	11000 N	19000 N
2.	Остатъчна деформация	№ 1	0,2 mm	0,1 mm
		№ 2	0.2 mm	0,05 mm
		№ 3	0,2 mm	0,05 mm
3.	Коравина на клема СЕ-1	№ 1	750 N/m	1141 N/m
		№ 2	750 N/m	1257 N/m
		№ 3	750 N/m	1366 N/m

Термична обработка : температура на закаляване, Т3 = 860 °С, време на задържане е 20 минути, охлаждане в машинно масло, температура на отвръщане То= 520 °С, време на задържане е 40 минути и охлаждане на въздух.

Намаляването на количеството на неметалните включвания в стоманата винаги се е считало за една от важните задачи, за повишаване на пукнатиноустойчивостта и качеството на метала. Влиянието на неметалните включвания в зависимост от тяхната природа върху процесите на разрушаването е сложно и многообразно, поради което винаги се изисква конкретно обсъждане на експерименталните резултати.

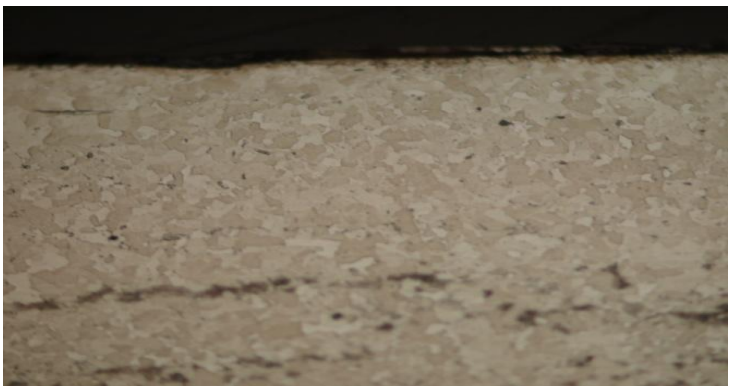
Определени са бала на вредните и крехки неметални включвания оксиди и сулфиди на металографски шлифове на хромванадиевата стомана 50ХФА, които са показани в таблица 4, съгласно БДС.

Таблица 3 Определяне наситеността от неметални включвания съгласно БДС.

№	Включвания	Стомана 50ХФА	Стомана 55С2А
1	Оксиди	Бал – 2	Бал – 2
2	Сулфиди	Бал – 2	Бал – 3
3	Силикати	Бал – 1	Бал – 2
4	Микропористост	Няма	Няма



Фиг.2 Неметални включвания: оксиди и сулфиди в микроструктурата на детайла от стомана 50ХФА.



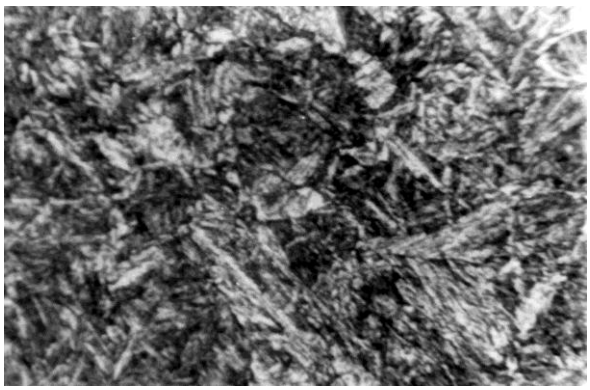
Фиг.3 Микроструктурата на обезвъглероден слой стомана 50ХФА .

Направена е металографска оценка на дълбочината на обезвъглеродения слой в повърхността на пружинните стомани 50ХФА и 55С2А. На отделни повърностни участъци са измерени недопустими стойности на обезвъглеродения слой, които вероятно влошават качеството и механичните свойства на пружинните стомани 50ХФА и 55С2А, които са показани на фиг.3.

Микроструктурата на нормализираните заготовки от пружинните стоман 50ХФА и 55С2А е перлито-феритна, на определени участъци е нехомоенна. Едрината на зърната е определена съгласно БДС и е както следва от 5 до 7 бал., която е показана на фиг.4.



Фиг. 4 Микроструктурата на стомана 50ХФА след нормализация е ферито-перлитна с непълна хомогенизация.



Фиг.5 Микроструктурата на стомана 50ХФА след закаляване в масло е мартензитна.

Констатирано е значително повишаване на хомогенността наравновесната ферито-перлитна структура след нормализация, която е определяща за оптимална термична обработка на легираната стомана 50ХФА, което се дължи на по-интензивно протичащата дифузия. Подобряват се прокаляемостта, закаляемостта, пукнатиноустойчивостта и механичните свойства /твърдостта и якостта на опън/ след оптималната термична обработка на стомана 50ХФА.



Фиг. 6. Изпитателна машина на якост на опън тип "Р50"



Фиг. 6. Еластична клема след гореща обемна пластична деформация от Т = 920°С

Изводи:

- Предложен е рационален метод за високотемпературна термомеханична обработка за подобряване на пукнатиноустойчивостта и качеството на отговорни детайли еластични клеми от легираната стомана 50ХФА и 55С2А.
- Резултатите от изследването на физико-механичните свойства при оптимална високотемпературна обемна пластична деформация на висококачествената пружинна стомана 50ХФА позволяват на потребителя да внедри метода в производството на фирма „Дендрит-Пластика”.
- Влиянието на вредните неметални включвания в зависимост от тяхната природа върху процесите на разрушаването е сложно и многообразно.

Литература:

1. Блантер М., Теория термической обработки, Москва, Металлургия,
2. Бучков Д., М. Кънев Материаловедение, София, Техника, 1998.
3. Георгиев М., Ю.Сименов, Пукнатиноустойчивост на желязовъглеродните сплави, Булвест, София, стр. 360.
4. Гелер Ю. А., А.Г. Рахштадт , Материаловедение, Москва, Металлургия, 1989 с.455.
5. Мозберг Р. К., Материеловедение, Таллин, Валгус, 1976, с.387

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE MICROSTRUKTURE IN THE MANUFACTURE OF THE ELEASTIC REMOVAL CONTAINER CE-1 IN DENDRIT-PLASTICS

G. Baharov, T. Dilov, R. Russev, P. Kelchev, P. Kunchev

Abstract *. In this paper the influence of the mechanical properties of the microstructure of the microstructure in the temperature-cracking plastic deformation and the thermal processing of the responsible parts "Elastic rail clamps-CE-1" of structural alloy chromed steel 50HFA and silicon steel 55C2A.*

The possible causes of cracks and the reduction of the quality of elastic rail clamps of 50HFA and 55C2A steel are specified

Данни за авторите:

Георги Стефанов Бахаров, доцент, доктор, инж. Изпълнителен директор на Дендрит-Холдинг

Тихомир Кирилов Дилов, инж. Управител на Дендрит-ЕООД

Руси Дойчев Русев, инж. Управител на Дендрит-Бахаров-ЕООД

Петър Иванов Келчев, инж. Управител на Дендрит-Пластика-ЕООД

Петко Милчев Кънчев, гл. ас. доктор, катедра „Енергетика и машиностроене” при КЕЕ към ТУ - София, e-mail: pmk@abv.bg

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 3

“АВТОМАТИЗИРАНЕ ПОТОКА НА ДЕТАЙЛИТЕ”

ПРОЕКТИРАНЕ НА ТРАНСПОРТЬОР НА АВТОМАТИЗИРАН КОМПЛЕКС ЗА СГЛОБЯВАНЕ НА КУТИЙКА С БРЪСНАРСКИ НОЖЧЕТА

И. Янева, Ю. Павлов, Р. Димитрова

Резюме: *В настоящата статия е направен анализ на технологичността и монтажопригодността на сглобена единица „кутийка с бръснарски ножчета” Целта е проектиране на транспортна система на автоматизиран комплекс (АК) за сглобяване на посочената единица. Разработен е концептуални модел на АК за сглобяване. Проектирани са отделните структурни единици на транспортьора, като са направени 3D модели.*

Ключови думи: транспортьор, проектиране, автоматизиран комплекс, технологичност.

1. Въведение

Технологичният анализ се извършва по методика, разработена от катедра “АДП” за оценяване на пригодността на отделните детайли за автоматично производство. Параметрите на оценката са подредени в седем степени:

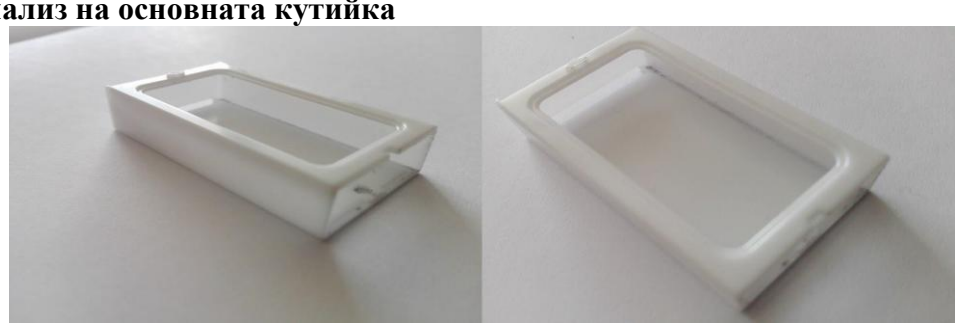
- **Степен I** – отразява диференциацията на отделните материални елементи на дискретните изделия по метода на ориентиране, тя се подразделя на пет модификации. Този признак характеризира детайли и заготовки, които трябва да се ориентират.
- **Степен II** – характеризира свойството сцепляемост на дискретните детайли при автоматичното ориентиране, захранване и транспортиране и подразделя детайлите на несцепляеми, спрегаеми, сцепляеми механически, сцепляеми под действието на поле и сцепляеми под действието на молекулярни сили. В зависимост от вида на сцепляемостта се прилагат различни методи за отсичане на детайлите.
- **Степени III и IV** – характеризират свойствата на формата на детайлите и ги подразделят на пръстови, пластинчати, дебели и тънки, равноразмерни, миниатюрни, които на свой ред могат да бъдат кръгли, некръгли, с постоянна форма и размери.
- **Степен V** – определя свойството симетрия на детайлите.
- **В степен VI** са приведени характеристики на външната форма, при което за основа на диференциране на признаците е прието наличието и формата или отсъствието на централен отвор. Централен се счита отвор, ос X на който е успоредна на дългата страна на детайла и е негова ос на ротация или на симетрия.
- **Степен VII** – характеризира допълнителни признаци на елементите на конструкцията на детайла или изделието, влияещо на сложността на автоматизацията на технологичния процес.

За всяка една от степените се проследяват отделните модификации, като движението е от ляво надясно. Когато се срещне характерният признак, се присвоява съответен код, като кодът за I степен е седемзначно число, за II степен– шестзначно число, за III степен – петзначно число, за IV степен – четиризначно число, за V степен – тризначно число, за VI степен – двузначно число и за VII степен – еднозначно число. Извършва се анализ по методиката на всеки отделен детайл, изграждащ сглобената единица, за да се намери кодовото число “b_i”. След което се определя кодовото число на сглобената единица [2, 3].

Устройствата за транспортиране са предназначени за автоматично пренасяне и фиксиране на обработваните детайли при многопозиционните средства за нискостойностна автоматизация [1]. Отличителна особеност на много конструкции на транспортьори, освен изпълнението на функциите по преместване на заготовките, представлява възможността за образуване на междуоперационни запаси, осигуряващи независима работа на технологичните единици в една автоматична линия [2].

2. Анализ на технологичността на обекта на изследване

2.1 Анализ на основната кутийка



Фиг. 1 Основна кутийка

Табл. 1 Анализ на технологичността на основна кутийка

I	Асиметрия на външната конфигурация Неметални	2	0	0	0	0	0	0	
II	Свързващи се / Зацепващи се		5	0	0	0	0	0	
III	Свойствата на формата не влияят			0	0	0	0	0	
IV	Три и повече манипулационни бази Симетрични				1	0	0	0	
V	Ос на въртене и равнина на симетрия					1	0	0	
VI	С централен сляп отвор Гладък						5	0	
VII	Сляп отвор Отвор напречно на главата							7	
		2	5	0	1	1	5	7	21

$b_1=21$

Висока сложност на автоматизация. Необходимо е да се извърши щателен анализ на детайлите по отделните параметри на елементите на конструкцията, отчитайки сложността на технологичния процес и създаване на средствата за автоматизация. Необходимо е също да се провери технико-икономическата целесъобразност на проектното решение [2, 3].

2.2 Анализ на комплектуващия детайл



Фиг.2 Комплектуващ детайл

Табл.2 Анализ на технологичността на комплектуващ детайл

I	Асиметрия на външната конфигурация Неметални	2	0	0	0	0	0	0	
II	Несвързващи се		0	0	0	0	0	0	
III	Свойствата на формата не влияят			0	0	0	0	0	
IV	Три и повече манипулационни бази, несиметрични				2	0	0	0	
V	Ос на въртене и равнина на симетрия					1	0	0	
VI	Без централен отвор						0	0	
VII	От едната страна Централен, челен издатък /канал/ жлеб							4	
		2	0	0	2	1	0	4	9

$b_2 = 9$

Детайлите и монтажните компоненти са с достатъчно проста форма. Операциите ориентиране, захранване, базиране, транспортиране и отвеждане на детайлите лесно се автоматизират. Известни са технически решения [2, 3]. На челото си детайлът има два симетрично разположени отвора и издатък. По главната ос, само от едната си страна, има издатък.

2.3 Анализ на едно опаковано ножче



Фиг.3 Опаковано ножче

Табл. 3 Анализ на технологичността на опаковано ножче

I	Неметални Без необходимост от ориентация	1	0	0	0	0	0	0	
II	Несвързващи се		0	0	0	0	0	0	
III	Свойствата на формата не влияят			0	0	0	0	0	
IV	Три и повече манипулационни бази, симетрични				1	0	0	0	
V	Няколко оси на въртене					0	0	0	
VI	Без централен отвор						0	0	
VII	Без допълнителни признаци							0	
		1	0	0	1	0	0	0	2

$b_3 = 2$

Детайлите и монтажните компоненти са с достатъчно проста форма. Операциите ориентиране, захранване, базиране, транспортиране и отвеждане на детайлите лесно се автоматизират. Известни са технически решения [2, 3]. Детайлът представлява тънка метална пластина, опакована в плътна дебела хартия, която не позволява срязване. Поради наличието на външната обвивка, намаляваща феромагнитните свойства на основния детайл, той се разглежда като неметален.

2.4 Анализ на картонения етикет



Фиг.4 Картонен етикет

Табл.4 Анализ на технологичността на картонен етикет

I	Неметални Без необходимост от ориентация	1	0	0	0	0	0	0	
II	Несвързващи се		0	0	0	0	0	0	
III	Свойствата на формата не влияят			0	0	0	0	0	
IV	Три и повече манипулационни бази, симетрични				1	0	0	0	
V	Няколко оси на въртене					0	0	0	
VI	Без централен отвор						0	0	
VII	Без допълнителни признаци							0	
		1	0	0	1	0	0	0	2

$b_4 = 2$

Детайлите и монтажните компоненти са с достатъчно проста форма. Операциите ориентиране, захранване, базиране, транспортиране и отвеждане на детайлите лесно се автоматизират. Известни са технически решения [2, 3]. Детайлът представлява парче твърда хартия (картон).

2.5 Анализ на сглобената единица

След като е разгледан всеки от детайлите, използвани в сглобената единица може да се определи технологичността на конструкцията. Кодовото число b_i се определя по формулата:

$$b_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^{k} \left(\frac{b_i \cdot n_i}{q}\right) \quad 1$$

Където: bi е кодовото число на i детайл; ni – брой детайли от един вид в една сглобена единица; q = общ брой детайли в една сглобена единица. [2, 3].

За $b_{\text{ср}}$ се получава:

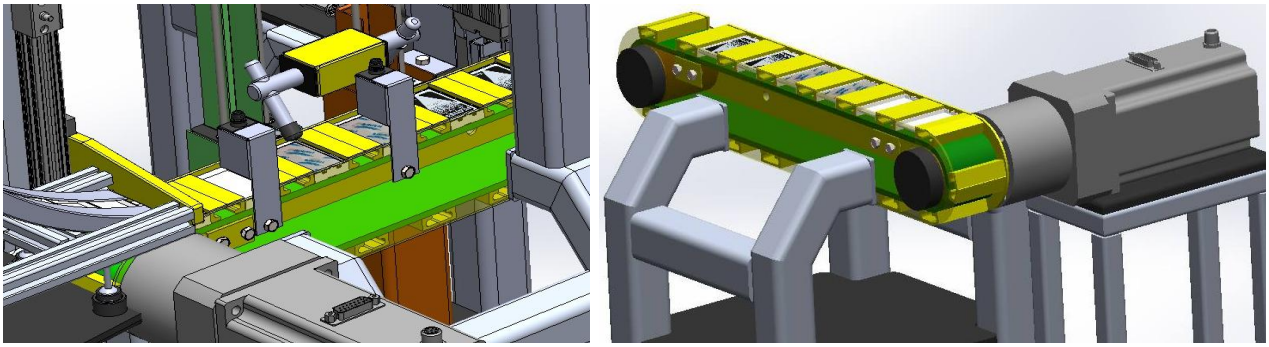
$$b_{\text{ср}} = \left(\frac{21 \cdot 1}{8}\right) + \left(\frac{9 \cdot 1}{8}\right) + \left(\frac{2 \cdot 5}{8}\right) + \left(\frac{2 \cdot 1}{8}\right) = 5.25 \quad 3$$

Следва да се направи изводът, че детайлите и монтажните компоненти са с достатъчно проста форма. Операциите ориентиране, захранване, базиране, транспортиране и отвеждане на детайлите лесно се автоматизират. Известни са технически решения [2, 3]

При b_3 има 5 броя детайли, защото в един комплект ножчетата са именно 5. Това увеличава и общия брой детайли в конструкцията от 4 на 8.

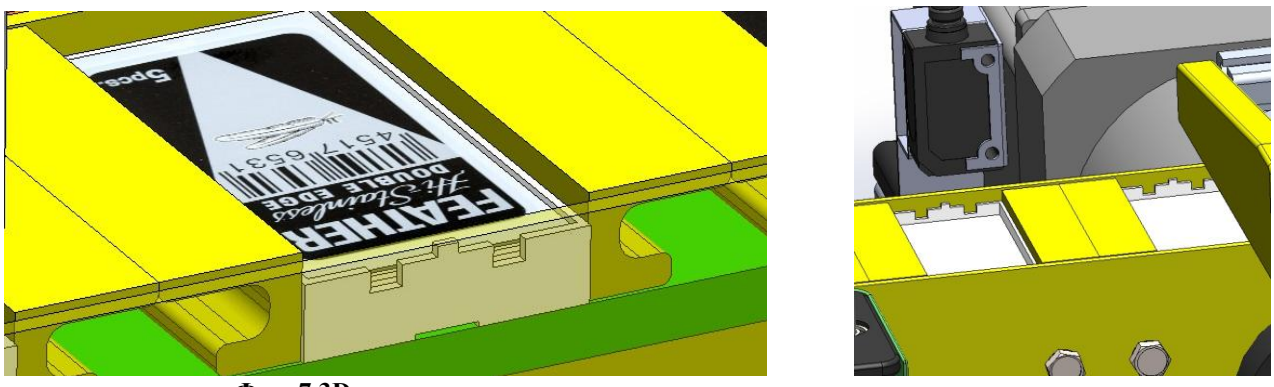
3. Проектиране на транспортна система

Проектиран е транспортьор, част от концептуалния модел на АК за сглобяване на посочената единица, като са разработени 3D модели. На фиг.6 е показан 3D модел на транспортьора в новопроектирания АК.



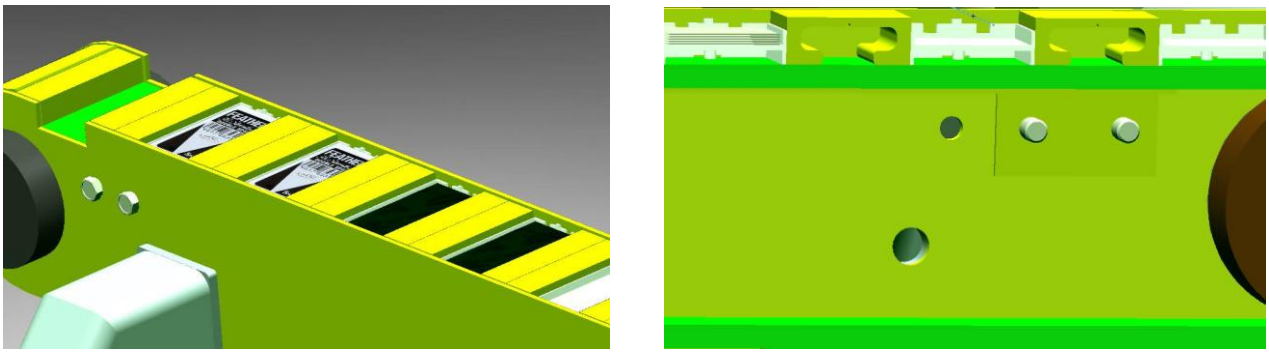
Фиг. 6 3D модел на транспортьор в новопроектирания АК

Дистанционерът представлява лентов транспортьор, задвижван с помощта на стъпков двигател и две ролки. Върху гумената лента са закрепени дебели пластини с П-образно сечение, но долната страна – по-къса. С това се избягва деформирането им при преминаване през дъгата на транспортьора. Пластините са поставени така, че между гърбовете на всеки две да се образува „гнездо“. Върху горната повърхнина на транспортьора се образуват шест гнезда – по едно за всяка контролна или монтажна позиция. Разстоянието между две гнезда е равно на широчината на едно. Под гумената лента в горната част на транспортьора е монтирана метална пластина с четири сгъвки и 4 отвора за захващане. Тя обхваща всички позиции, с цел предотвратяване на провисване на лентата и по-висока стабилност в позициите за монтаж.



Фиг. 7 3D модел на гнездо от дистанционера и позиция за контрол

От двете си страни дистанционерът е затворен. Страниците са изработени от листов материал и имат отвори на съответните места за различните сглобки. В единия си край страниците имат изрязани срещулежащи правоъгълни отвори. Те служат за реализиране на последната работна позиция в АК.



Фиг. 8 3D модел дистанционера

Стабилността на дистанционера по време на работа е осигурена от профилна конструкция. Към нея са монтирани антивибрационен работен плот и части от работните единици на отделните позиции. Планка изработена от лазерно изрязан и огънат листов материал е прикрепена към едната стена на дистанционера. В горната й част е монтиран оптоелектронен сензор SOEG-E-Q20 на фирма „Фесто“. С помощта на лазер сензорът измерва разстоянието до най-близката повърхнина. Следи се дали то е по-голямо от предварително зададена константа, равна на разстоянието до повърхнината на детайла. При отчитане на резултат, по-голям от константата, до системата достига информация, че лазерът е достигнал дъното на гнездото и съответно в него няма детайл.

Литература:

1. Малаков И., Нискостойностна автоматизация на дискретното производство, Издателство на ТУ - София, 2009 г.
2. Чакърски Д., Т. Вакарелска, Автоматизиращи устройства, Издателство на ТУ – София, 2008 г.
3. Димитрова Р., Г. Хаджикосев, Ръководство за лабораторни упражнения по автоматизация на дискретното производство, Издателство на ТУ - София, 2013 г.

DESIGN CONVEYOR AUTOMATION SYSTEM FOR ASSEMBLING BOX OF RAZOR BLADES

I. Yaneva, Y. Pavlov, R. Dimitrova

Resume: *In this paper an analysis of the technology and the suitability of assembled unit "box with barber blades". The purpose is to design a transport system of an automated complex (AK) for assembling the said unit. A conceptual model of assembly AK is developed. The different structural units of the conveyor have been designed, making 3D models.*

Данни за авторите:

Ивана Янева, бак. инж., студент в кат. АДП, МФ, ТУ-София
Юри Павлов, бак. инж., студент в кат. АДП, МФ, ТУ-София
Ренета Димитрова, доц. доктор инж., катедра „АДП” при МФ, ТУ – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, тел. 965 38-46, e-mail: rkd@tu-sofia.bg

КЛАСИФИЦИРАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКИТЕ СРЕДСТВА ЗА АВТОМАТИЗАЦИЯ НА СКЛАДОВИТЕ ПРОЦЕСИ ЗА ЗИМНИ СПОРТНИ СТОКИ

Л. Вълчков

Резюме: *Съвременният етап от еволюцията на логистиката в началото на XXI век се характеризира с два основни фактора: глобализацията на световната икономика и глобалната научно-техническа революция, които пораждат нови потребности на клиентите от логистични услуги и разнообразни форми за тяхното удовлетворяване. В настоящата статия на база направен анализ на технически средства за автоматизация се предлага нова класификация, адаптирана за нуждите и спецификата на зимни спортни стоки. Класификацията е приложени при модернизацията на дистрибуционния център за зимни спортни стоки на Амер Спортс АД.*

Ключови думи: логистика, дистрибуционен център, логистични процеси, складовите процеси, зимни спортни стоки, технически средства за автоматизация.

1. Въведение

В края на 90-те години на XX век еволюционният процес при логистиката се характеризира с нейната водеща роля в разработването и внедряването на международни програми и проекти. Този период някои автори наричат "период на глобализация", в който "интегралната парадигма на логистиката поражда нова идеология за управление на логистичните процеси и бизнеса като цяло - Supply Chain Management - управление на веригата на доставките. В академичните среди няма единомислие по отношение на определението и съдържанието на понятието "управление на веригата на доставките". В редица изследвания този термин се използва като синоним на термините "логистика" или "интегрирана логистика", докато сега акцентът върху съдържателното тълкуване на тази идея пада върху възприемането й като съвременна концепция на бизнеса [1].

Основна роля в интегрираната логистика заема дистрибуционната логистика. Тя може да бъде представена като свързващо звено между производството и пазарите на предприятието. Тя обхваща всички складови и транспортни стъпки на стоките до клиента [2]. Нейната основна задача е да осигури необходимия продукт в точното време на правилното място в необходимото количество и желано качество и в същото време да намери оптималния баланс между дефинираното качество на доставката, което си е поставило предприятието или е изискано от клиента, и разходите свързани с изпълнението на доставката [5].

Задачата на дистрибуционната логистика може да бъде обобщена като оптимално обслужване на избрани дистрибуционни канали [5].

Едни от основните проблеми за решаване в дистрибуционната логистика са [3]: избор на място за изграждане на дистрибуционен център или складово стопанство; складиране и съхранение на продукцията; изпълнение на поръчката; комисиониране и опаковане; товарене и обезопасяване на товара; транспортиране.

От основните проблеми за решаване в дистрибуционната логистика може да се направи извод, че организацията на процесите в складовото стопанство заема важна роля в нея.

Една от възможностите за повишаване на ефективността на процесите в складовото стопанство е автоматизацията на складовите процеси.

Автоматизираният процес елиминира опасността от грешки, възникващи при ръчно изпълнение на процедурите в склада, повишава продуктивността и нивото на обслужване.

Това, от своя страна, понижава разходите и води до повишаване на производителността в цялото предприятие.

Целта на доклата е да се анализират известни класификации на технически средства за автоматизация и да се предложи класификация адаптирана за нуждите и спецификата на зимните спортни стоки, с цел оптимизиране на складовите процеси.

2. Разработване на нова класификация

2.1. Класификацията на базовите данни за складови системи

Оптимизацията на процесите в складовото стопанство трябва да бъдат не само точно и ясно систематизирани, но и ефектът от тяхното прилагане да може да бъде контролиран. Освен това, поради факта, че дистрибуционната логистика е последното звено в производствения процес, е необходима и много добра координация с другите звена на предприятието. Базовите данни за логистични системи биват използвани за параметризация на складовите процеси и потока на материалите, както е показано в Таблица 1 [4].

Таблица.1. Параметри за определяне на складовите процеси и потока на материалите

Важни параметри при организацията на логистични процеси	
Статични параметри	**Динамични параметри**
Брой артикули	Доставки/ден
ABC - разпределение	Изпратени поръчки/ден
Обща средна наличност	Брой пренареждания/ден
Брой палети/артикул	Товарообработка/година
Брой палети/опаковъчни единици	Времево покритие на складовите наличности
Капацитет на складовата база	Брой поръчки/ден
Капацитет на местата за складиране	Брой позиции/поръчка
Разходи/артикул	Брой позиции/ден
Разходи на база ABC - разпределение	Брой изваждания/позиция
Разходи за общата средна наличност	Тегло/изваждане
Разходи за наличност/артикул	Разходи/стойност на складовата наличност
	Разходи за цялостната товарообработка

Ефективността в складовите процеси зависи в голяма степен и от стратегиите за избор и разпределение на складовите места. Таблица 2 показва стратегиите за разпределение на складовите места [4].

Анализът на Таблица 1 и Таблица 2 показва, че поради не вземането под внимание на взаимосвързаността на продуктите в класификацията на базовите данни за складови системи, се затруднява, както параметризирането на складовите процеси, така и стратегиите за разпределение на складовете места.

Поради отсъствието на тази информация взаимосвързаните продукти не могат да бъдат складирани в оптимална близост. Това от своя страна намалява потенциала за оптимизация на времето за комисиониране.

Добавянето на взаимосвързаността на продуктите към базовите данни за складовите системи не само ще осигури възможната оптимизация на времето необходимо за комисиониране, но и ще направи възможно прилагането на нов вид стратегия за разпределение на складовите места, при която взаимосвързаните продукти ще бъдат складирани в оптимална близост един до друг.

Разширяването на класификацията на базовите данни за складови системи с взаимосвързаността на продуктите може да доведе не само до повишаване на удовлетвореността на клиентите чрез намаляване на времето за доставка, но и до намаляване на разходите на фирмата за доставка на клиентската поръчка.

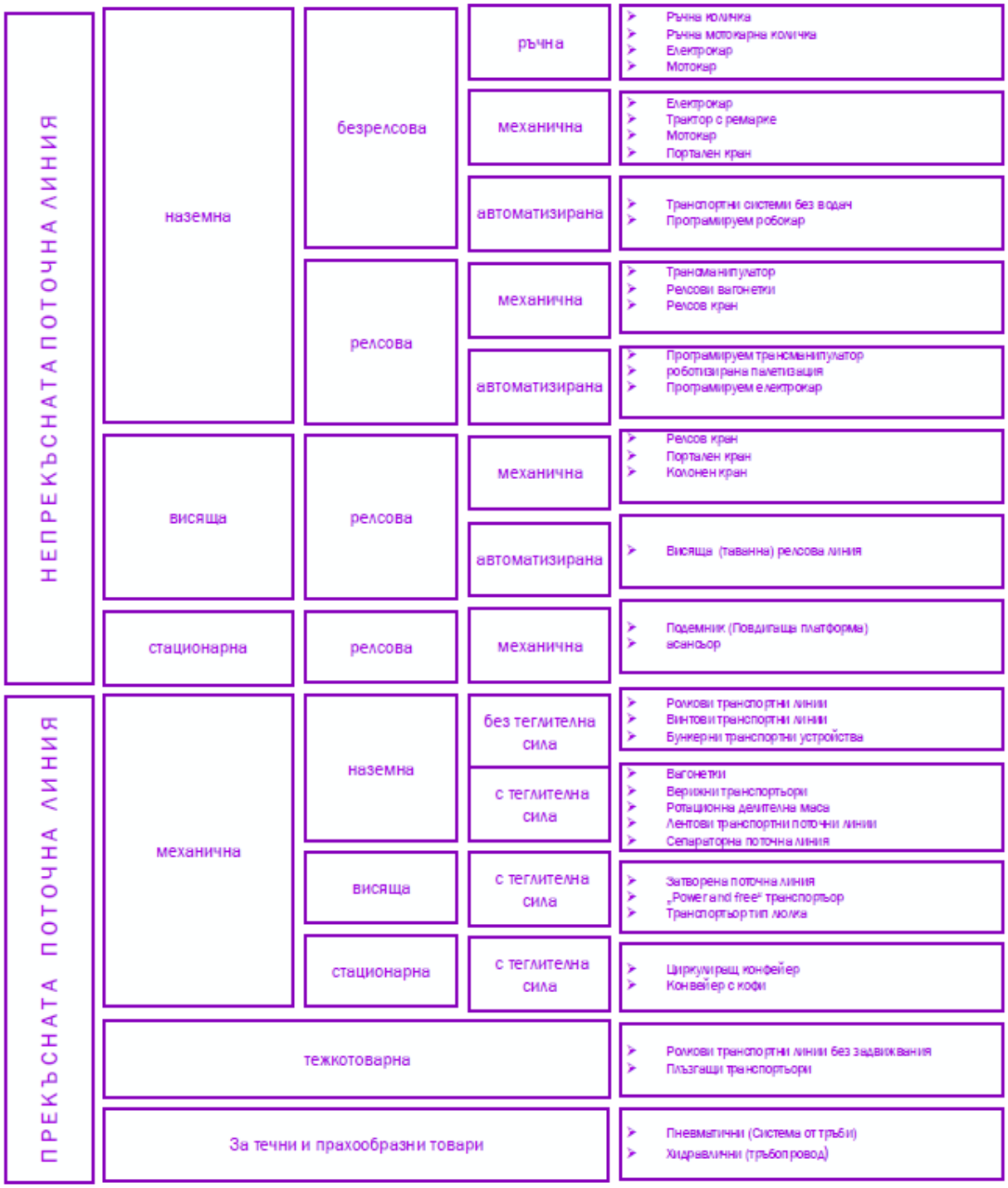
Таблица.2. Стратегии за управление на складовите процеси.

Стратегия	Стратегии за разпределение на складовите места			
	Дефинирано разпределение на складовите места	Свободно разпределение на складовите места в дефинирана зона		Свободно разпределение на складовите места
	Складиране на дефинирани места	Зоново разпределение	Странично разпределение	Хаотично разпределение
Описание	Дефинирано складово място за всеки артикул	Складиране на товарните единици според честотата на обработка	Складиране на товарните единици от даден артикул в различни работни коридори	Складиране на товарните единици на произволно избрани места
Предимства	Артикулите могат да бъдат складирани в определена последователност (според теглото – от тежък към лек, болтове към шайби)	Увеличение на стокообработката	- Увеличение на капацитета в следствие на паралелно складиране - Осигуряване на достъпа до артикула при техническа неизправност на подемно-транспортна машина	- Увеличаване на използваемостта на складовия капацитет - Възможност за точно ABC зоново разпределение

2.2. Класификация на техническите средства за автоматизация.

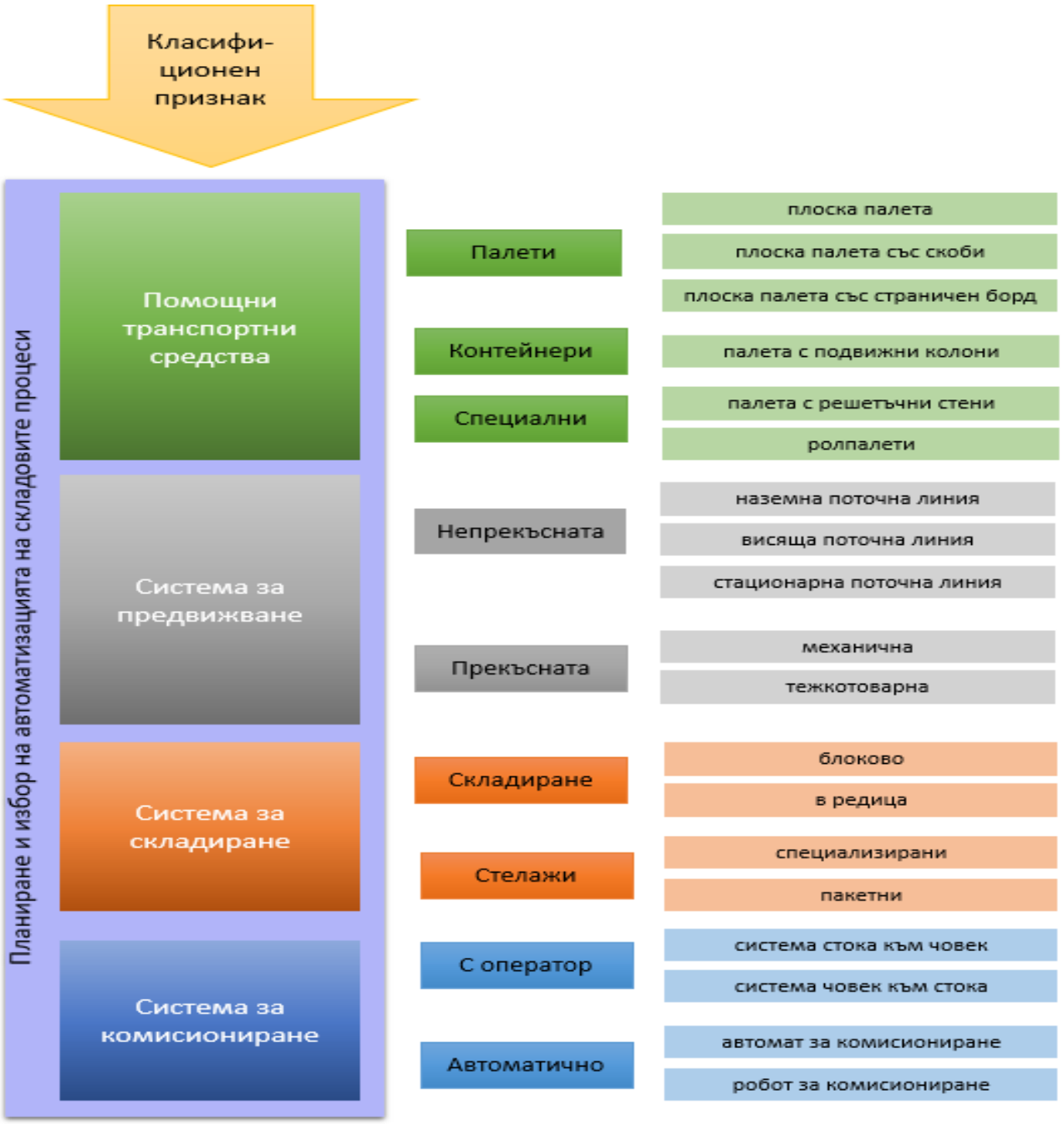
Фигура 1 предлага класификация на средствата за вътрешнозаводски транспорт, които се делят на два основни дяла: прекъсната и непрекъсната поточни линии. От своя страна поточни линии се разделят на следните видове: наземна, висяща и стационарна.

Машините и съоръженията за непрекъснат транспорт се характеризират с това, че пренасяните от тях товари образуват по дължината на транспортното трасе един постоянно движещ се поток като при тях захранването и разтоварването стават без прекъсване на работното движение. Основните предимства на този вид машини са високата им производителност, резултат от принципа на тяхното действие, постоянният равномерен поток на транспортирания товар и постоянната им производителност независимо от транспортното разстояние. Изборът на подходяща машина за непрекъснат транспорт става по някои основни технически фактори, като вид и свойства на транспортираните товари, необходима производителност, вид на транспортното трасе и начин и място на захранване и разтоварваве, характер на производствения процес и технологичните операции, които трябва да се извършат по време.



Фиг. 1. Средства за вътрешнозаводски транспорт [3].

На база направен анализ на технически средства за автоматизация се предлага нова класификация фиг.2, адаптирана за нуждите и спецификата на зимни спортни стоки. Класификацията може да се използва при планиране и избор на автоматизация на складовите процеси.



Фиг.2. Класификация на тех. средства за автоматизация за зимни спортни стоки.

4. Изводи

- Установена е ролята на дистрибуционната логистика.
- Определено е значението на базовите данни за системите за управление на складовите процеси.
- Предложена е класификация на технически средства за автоматизация на логистични бази за зимни спортни стоки, която е използвана при модернизацията на дистрибуционния център за зимни спортни стоки на Амер Спортс АД. В зависимост от необходимостта могат да бъдат избрани системи за придвижване, системи за складиране, системи за комисиониране. При тях може да се избере и допълнителна или специални помощни транспортни средства, за да се елиминират някои от особеностите на зимните спортни стоки затрудняващи автоматизацията.

Литература:
1. Атанасов Б., Логистиката като научно направление и инструмент на практиката, Сп. „Известия на ИУ-Варна”, бр. 2/2010г.
2. Pfohl, H.-C.: Marketing – Logistik; Mainz, 1972.
3. Schulte, C. Logistik, Wege zur Optimierung der Supply Chain. Verlag Franz Vahlen München, 2013.
4. ten Hompel, M., Schmid, T., Nagel, L. Materialflusssysteme. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007
5. ten Hompel, M., Sadowsky, V., Beck, M., Kommissionierung, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011.

CLASSIFICATION OF THE TECHNICAL PROVISIONS FOR THE AUTOMATION OF WINE PROCESSES WAREHOUSING PROCESSES

L. Valchkov

Summary: *The modern stage of the evolution of logistics at the beginning of the 21st century is characterized by two main factors: the globalization of the world economy and the global scientific and technological revolution that raises new customer needs regarding logistics services and a variety of possibilities for their satisfaction. In the present article, based on the analysis of technical means for automation, a new classification is proposed, adapted to the needs and specifics of winter sporting equipment goods. The classification has been applied to the modernization of the distribution center for winter sports equipment goods.*

Данни за автора:
Лало Кунчев Вълчков, маг.инж., докторант, катедра „АДП” при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул.“Кл. Охридски” № 8 e-mail: lalo.valchkov@amersports.com

РАЗРАБОТВАНЕ И ИЗБОР НА ОПТИМАЛЕН ВАРИАНТ НА АВТОМАТИЧНА ЛИНИЯ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА ДЕТАЙЛ “КАПАК

П. Рачев, С. Маджаров

Резюме: *В настоящата статия са разгледани два варианта на автоматична линия за обработване на детайл „Капак“. Направено е сравнение на двата варианта и е избран по-добрия на база на определени критерии за оценка.*

Ключови думи: автоматична линия, технологичен процес, автоматичен комплекс.

1. Въведение

Важен показател за икономическите и качествените страни на всяко съвременно производство е неговата степен на автоматизация. Основна роля в автоматизацията на малките и средни производства изпълняват средствата за нискостойностна автоматизация.

В настоящата разработка са показани два варианта на автоматична линия за обработка на детайл „капак” с осигуряването на необходимата производителност и намаляване на брака. Автоматичните линии са изградени на агрегатно модулен принцип с използване на максимален брой нормализирани единици и елементи.

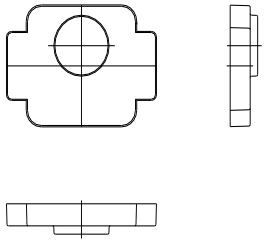
2. Изложение

2.1. Обединяване на детайлите по операции, типове операции.

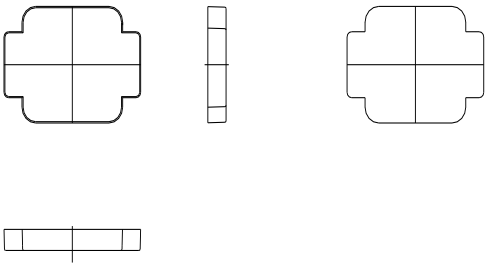
На база на направен анализ на конструкциите на различните типове капаци е направено обобщение по конструктивно технологичните им параметри. Заготовките за всички видове детайли се разделят на два типа.

- **Първи тип заготовки:**

Това са заготовки за детайл преден капак фиг. 1.



Фиг.1. Заготовка за детайли тип „заден капак“



Фиг.2. Заготовка за детайли тип „преден капак“

- **Втори тип заготовки:**

Това са заготовки за детайл заден капак фиг. 2. Те се различават от заготовките за детайл преден капак по това, че липсва цилиндричната част на едното чело на заготовката.

Еднотипността на заготовките позволява по-лесната им манипулация. Въз основа на това заготовките ще се ориентират и подават от две вибробункерни захранващи устройства (ВБЗУ) съответно един за заготовките за детайл преден капак, а другият за заготовките за детал заден капак.

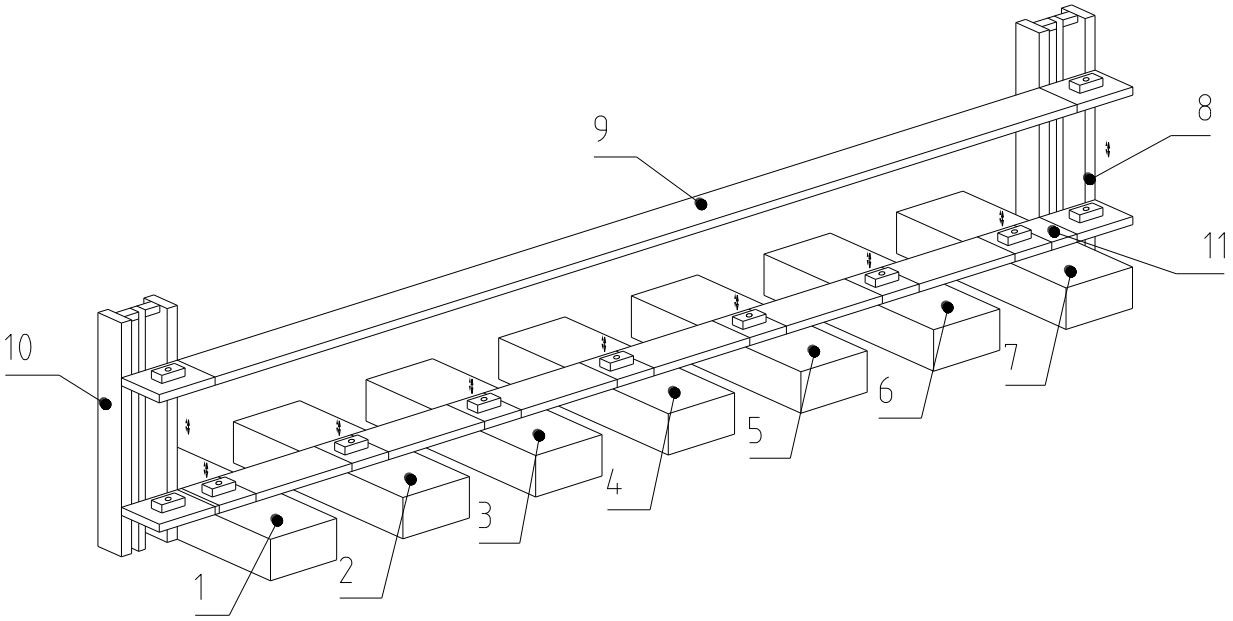
Зареждането на заготовките в приспособлението ще се извършва от шест осен робот със стойка, на която ще са монтирани четири хващача за захващане на четири детайла едновременно. По този начин ще се намали времето за разтоварване на обработените детайли и зареждане на заготовки.

Еднотипността на двата типа заготовки позволява да се разработят сходни ориентиращи елементи за ВБЗУ. Това намалява себестойността на ориентиращите устройства.

На база на разработени технологични процеси за обработване са създадени обобщените технологични схеми на съответно първи, втори тип детайли. От тях се вижда, че автоматичната линия ще разполага с една зареждаща позиция и шест работни позиции. Всяка една работна позиция се състой от два триосни модула. В зависимост от необходимите режими на работа на тези триосни модули се поставят или обикновени шпиндели или високооборотни електро шпиндели. [1,2]

2.2. Първи вариант [3,4]

На фиг. 3. е показан първи вариант на автоматична линия.



Фиг. 3. Първи вариант

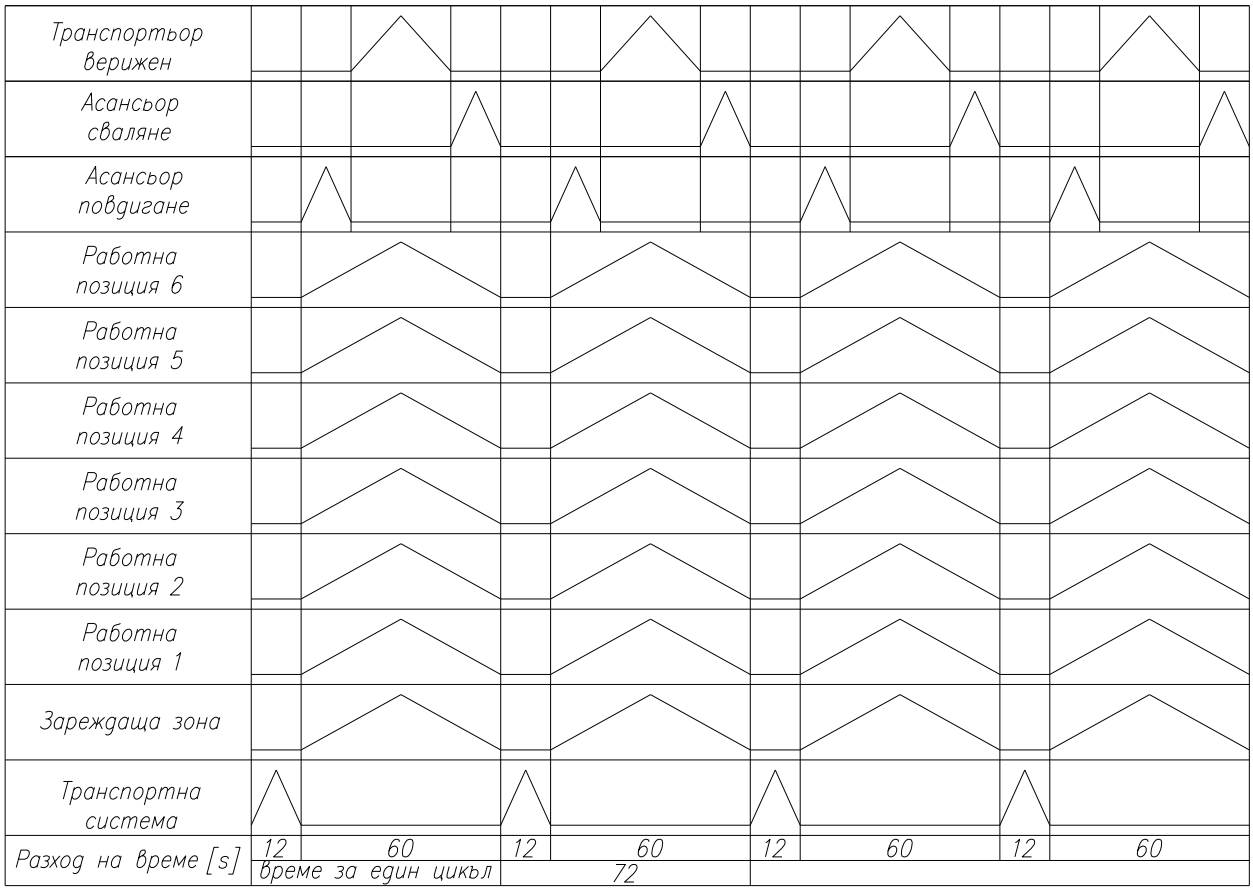
1.Зареждаща зона.2. Работна позиция – 1. 3. Работна позиция –2. 4. Работна позиция – 3. 5. Работна позиция – 4. 6. Работна позиция – 5. 7. Работна позиция – 6. 8. Асансьор за повдигане на прибори с обработени детайли. 9.Транспортьор. 10. Асансьор за сваляне на приборите. 11. Транспортна система.

Транспортната система (11) прави една стъпка и премества приспособлението една стъпка напред. На зареждаща зона (1) се обслужват приспособленията. Снемат се готовите детайли и се зареждат заготовки. На зареждащата зона е разположена позиция за базирането му с шестосен робот с монтирана стойка с четири паралелни хващача. По този начин се зареждат едновременно четири броя детайли, което намалява времето за обслужване. Заготовките постъпват от два ВБЗУ един за заготовките за детайл заден капак и един за преден капак. Готовите детайли се отвеждат от линията по лентов транспортьор.

На работните позиции (2, 3, 4, 5, 6 и 7) има базираща позиция и по два триосни модула. За всички позиции общо има шест базиращи позиции и дванадесет триосни модула.

След като приспособлението премине през всички работни позиции отива на асансьор (8) който го повдига до верижният транспортьор (9).

- **Определяне на производителността**



Фиг.4. Циклограма на първи вариант.

На фиг. 4. е показана циклограмата на работа на първи вариант. При него един работен цикъл е с времетраене $t_ц = 72[s]$.

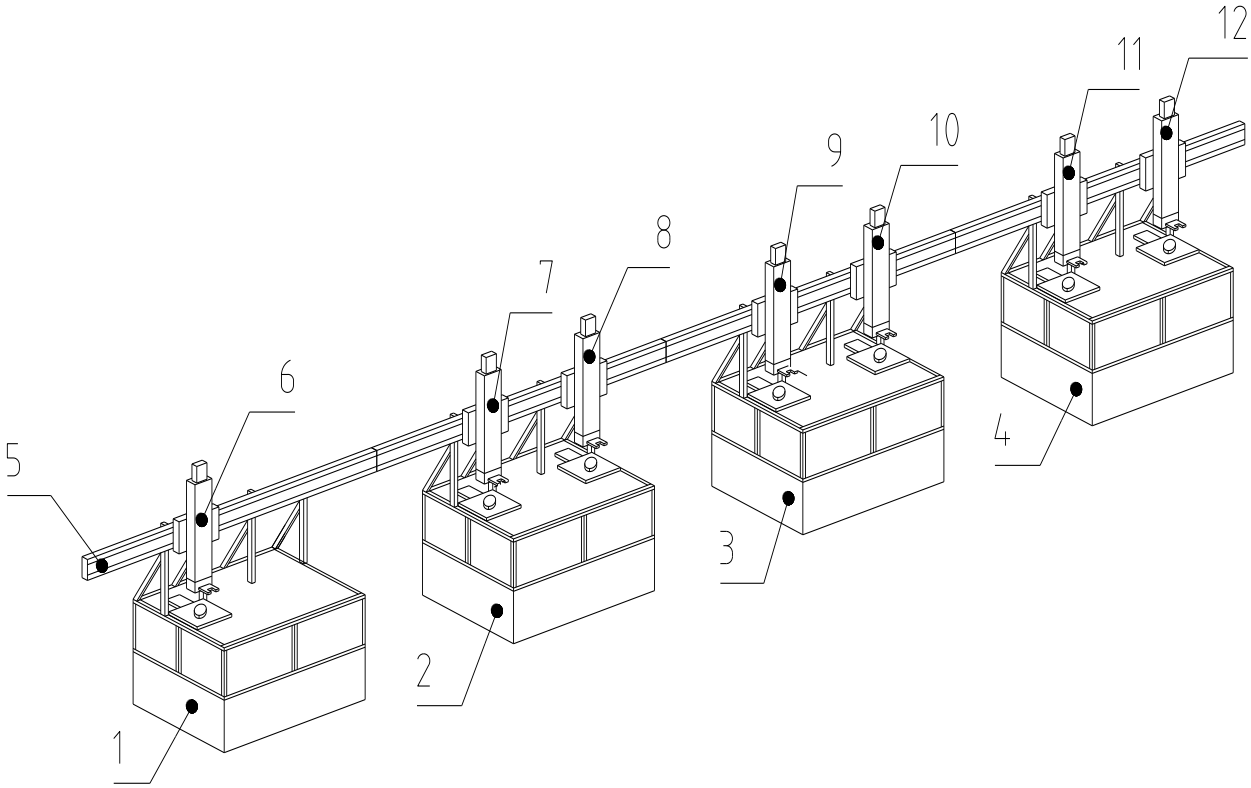
$$П = \frac{Д_р.Ч_с.С.\eta.К}{t_ц}.z = \frac{22.8.3600.0,6.0,85}{72}.4 = 17952\ бр/м$$

$$П_{общ} = 2.П = 2.17952 = 35904\ бр./м.$$

където : $П$ – месечна производителност при едносменен режим на работа; $П_{общ}$ – месечна производителност при двусменен режим на работа; $Д_р$ – работни дни за един работен месец; $Ч_с$ – работни часове за една работна смяна; $С$ – секунди в един час; η – коефициент на готовност; $К = 0,85$ – използване на сменното време; $t_ц$ – циклово време; z– брой обработени детайли за един цикъл.

2.3. Втори вариант [3,4]

На фиг. 5. е показан втори вариант на автоматична линия.



Фиг. 5. Втори вариант

1.Зареждаща зона; **2.** Работна станция – 1; **3**.Работна станция – 2; **4**. Работна станция – 3; **5**.Транспортна система за портални манипулатори; **6**. Портален манипулатор за зареждаща зона;**7**. Портален манипулатор за първа работа позиция; **8.** Портален манипулатор за втора работа позиция; **9.** Портален манипулатор за трета работа позиция; **10**. Портален манипулатор за четвърта работа позиция; **11.** Портален манипулатор за пета работа позиция;**12**. Портален манипулатор за шеста работа позиция.

На зареждаща зона (1) се обслужват приспособленията. Снемат се готовите детайли и се зареждат заготовки. На зареждащата зона е разположена позиция за базиране им. Шест осен робот който едновременно зарежда четири броя детайли. Заготовките постъпват от два ВБЗУ. Готовите детайли се отвеждат от линията по лентов транспортьор.

От зареждащата зона до работните станции (2, 3, и 4) приспособленията се манипулират от портални манипулатори (6, 7, 8, 9, 10, 11 и 12) ,които се движат по общата транспортна система (5). След като се обработят всички детайли, приспособлението се връща до зареждащата зона чрез порталните манипулатори.

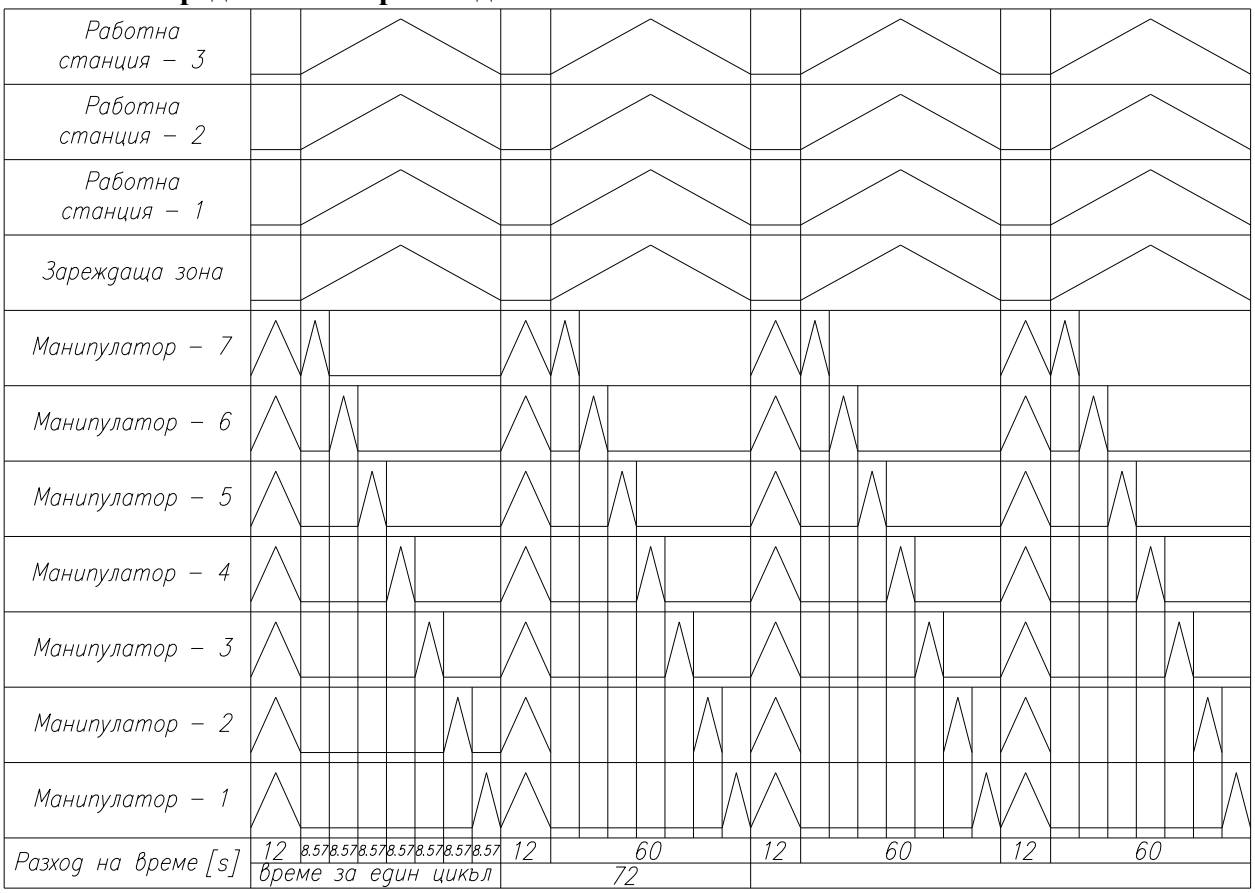
Работните станции съдържат две базиращи позиции . Също така има и по два триосни модула за всяка една базираща позиция.

На фиг.6. е показана циклограмата на работа на втори вариант. При него един работен цикъл е с времетраене $t_ц = 72[s]$.

$$П = \frac{Д_р.Ч_с.С.\eta.К}{t_ц}.z = \frac{22.8.3600.0,6.0,85}{72}.4 = 17952\ бр./м$$

$$П_{общ} = 2.П = 2.17952 = 35904 бр./м$$

- **Определяне на производителността.**



Фиг. 6. Циклограма на втори вариант

3. Оценка и избор на вариант за проектиране.

Един метод за избор на вариант е сравняването на всички варианти в табличен вид (табл.1.), като по вертикалата се нанасят вариантите, а по хоризонталата признаците, по които се оценяват. Оценката е по десетобална система и отразява до колко дадения вариант отговаря на дадения признак. След оценяването на вариантите се сумират оценките им и се избира варианта с най-голяма оценка, тъй като той отговаря до най-голяма степен на критериите за оценка и следователно на изискванията към поставената задача.

Табл. 1. Таблица за сравняване на вариантите.

Варианти / **Критерии**	**Вариант 1**	**Вариант 2**
Производителност	7	7
Заета площ	8	8
Простота на конструкцията	3	8
Надеждност	6	6
Себестойност	9	4
Качество на готовото изделие	7	7
Цена	8	4
Сумарен коефициент	48	44

Избира се за разработване вариант 1 тъй като той отговаря до най-голяма степен на изискванията към автоматичната линия. Той има най-голям сумарен коефициент равен на 48.

Предимствата на варианта са:

1. Производителност съвпадаща с желаната от възложителят.
2. Сравнително малка площ, тъй като системата се затваря във височина и по този начин не заема голяма площ.
3. По – евтина конструкция.

4. Изводи:

- Избраният вариант отговаря до най-голяма степен на изискванията на възложителя на заданието;
- Поради икономическите особености не е подходящо да се изграждат автоматични линии с висока себестойност и голям срок на откупуване;
- Използването на автоматичната линия ще позволи да се повиши надеждността и качеството на произведената продукция.
- Използването на обслужващ персонал ще се сведе до минимум, с което се намалява влиянието субективният фактор.

Литература:

1. Гановски, В.С., И.К.Бояджиев, Т.Д.Нешков, Ц.Л.Цветков. Механизация и автоматизация на монтажните процеси в машиностроенето. София, Техника. 1986.
2. Бляхеров, И.С., Г.М.Варьяш, А.А.Иванов и др. Автоматическая загрузка технологических машин. Справочник. Под общ. ред. И.А.Клусова. Москва, Машиностроение. 1990.
3. Гановски. В., Д. Дамянов, Д. Чакърски. Основи на автоматизацията, роботизацията, и ГАПС. Техника. София 1994.
4. Чакърски Д., Н. Тодоров. Автоматизация на проектирането. Техника, София 1994.

DEVELOPMENT AND SELECTION OF AN OPTIMAL VARIANT ON AUTOMATIC LINE FOR TREATMENT OF DETAIL COVER

P. Rachev, S. Madzharov

Abstract: *This article discusses two variants of an automatic line for processing a “cover”detail. A comparison was made between the two option and a better one was selected on the basis of certain evaluation criteria.*

Данни за авторите:

Петър Тотев Рачев, доцент, доктор инж., катедра „МУ” , Технически Университет – Габрово, Р. България, Габрово, ул. “Х. Димитър” № 4, тел. 066/ 827 365, e-mail: ra4ev_petar@abv.bg

Стоян Василев Маджаров, инж. докторант към катедра „МТТ” при фак. МУ, Технически Университет – Габрово, Р. България, Габрово, ул. „Хаджи Димитър“ 4, тел.: 0883394587, e-mail: s.madzharow@abv.bg



ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 4

“ПРОМИШЛЕНИ РОБОТИ И РОБОТИЗИРАНИ КОМПЛЕКСИ”

MOBILE SERVICE ROBOT FOR PEDAGOGICAL REHABILITATION IN SPECIAL EDUCATION

R. Zahariev, N. Valchkova

Abstract: *The article presents the created original method of conduct research into the adoption of robotic technologies and AnRI robots in special education by disabled children and young people, in the same time and pedagogical specialists for the implementation of the EC-FUNDED MARIE CURIE PROJECT H2020-MSCA-RISE-2017, No 77720 "CybSPEED: Cyber-Physical Systems For Pedagogical Rehabilitation In Special Education. In creating the Robot called "AnRI" (Anthropomorphic Robot Intelligent) used the experience from building the previous one from series Robco.*

Keywords: Robotics, Sensors Systems, Service Robot, Mobile Robot.

1. Introduction

As stated in Cybernetics, man is a purposeful system, to which behavior is determined by the set of tasks. The process of successful pursuit and achievement of the set goals, without prejudice to the pre-set restrictions, is determined to a large extent by the learner's desire and interest. The learner's interests are a powerful stimulus in the processes of education, learning the information on the path of pursuing the strategic task. At the modern stage of human society development, with the introduction of new ultramodern technologies, including robotics, it is possible to challenge the interest of the learners, thereby enlivening the perception of such important information in the process of education.

Pedagogy, as it is known, is based on several science fields. But in this article, the word “pedagogy” everywhere means science about the art of upbringing. The upbringing of the order is also sufficiently meticulous. Many types are known: mental, moral, physical, ideological, patriotic, aesthetic, artistic, musical and legal. The more developed a society, the more important a role it plays in it. This article talks about the education of children, but it is fully applicable and can be useful in the process of educating young people. However, in every process of upbringing [1], there is something in common, something useful and we can approach it on the basis of the nature of man, which is way the meaning of the word education.

In the extremely complicated process of education, an essential point is the definition of clear street work and tactical goals. With a certain clarity, the teacher should be aware of the goals set and be able to create an interest and desire in learners to absorb information based on key elements. These elements are also keywords that make it easier for learners to perceive the matter and create the prerequisite for higher learning efficiency. According to Mervyn Minsky's Theory of frames, the information can be organized by the robot in separate frames, each subsequent frame inserted in the previous one clarifying and specifying it and thus progressing to a deep penetration of the problem. The information displayed in this way by a robot will cause a certain interest in learners, which will be a powerful stimulus in the role of absorbing matter on the way to reaching the goals.

2. Formulation of Specific Requirements by Users for Robot"AnRI"

The present project aims to systematically examine the peculiarities of the adoption of robotic technologies in Special Education by young people and pedagogical specialists and in particular, in the following aspects:

- Socializing role of robotic technology - there is evidence that robots do not enhance isolation (as can be expected) but instead play a role as a social mediator - robot communication is easy, accessible and fun and helps to strengthen relevant skills.

- Three measured object as a service robot with a certain degree of autonomous behavior and skills for verbal or non-verbal communication with young people is, in principle, a new impetus whose perception compared to traditional objects deserves more careful and systematic research in a new theoretical framework;
- The theoretical framework of this project is the system of special school education in which specialists, teachers, youth and robots cooperate to overcome the main difficulties accompanying the learning process such as: distraction, functional illiteracy, lack of cognitive motivation, inadequate social motivation - both in the mainstream school and in the special education.

The study aims to provide an effective experimental use of an innovative model to overcome the social exclusion of people with disabilities (with a special focus on young people), ensuring a decent and independent life by piloting an intelligent modular service mobile robot **«AnRI»** carrying out an adequate pedagogical process of working with learners and provoking their cognitive motivation. Besides, it is specific to the mobile service robot that it can "live" in the home of disabled people and support them throughout the day. They will be able to remind them when to take their medication, serve food and drink, include electronic devices, alert you to a possible deterioration in their health, and contact their doctor or with "EMERGENCY". This activity can be carried out in the middle of the special school education, as well as supporting the educational process and with its presence it strengthens the interest of the trainees.

The opportunity to explore European experience and sustainable cooperation between the beneficiaries and partners of the CybSPEED project will contribute to the introduction of an innovative model of the educational process. The generation of knowledge and know-how in the field of pedagogical rehabilitation of people with disabilities will help improve existing technical tools in this area and identify the needs of people with special needs.

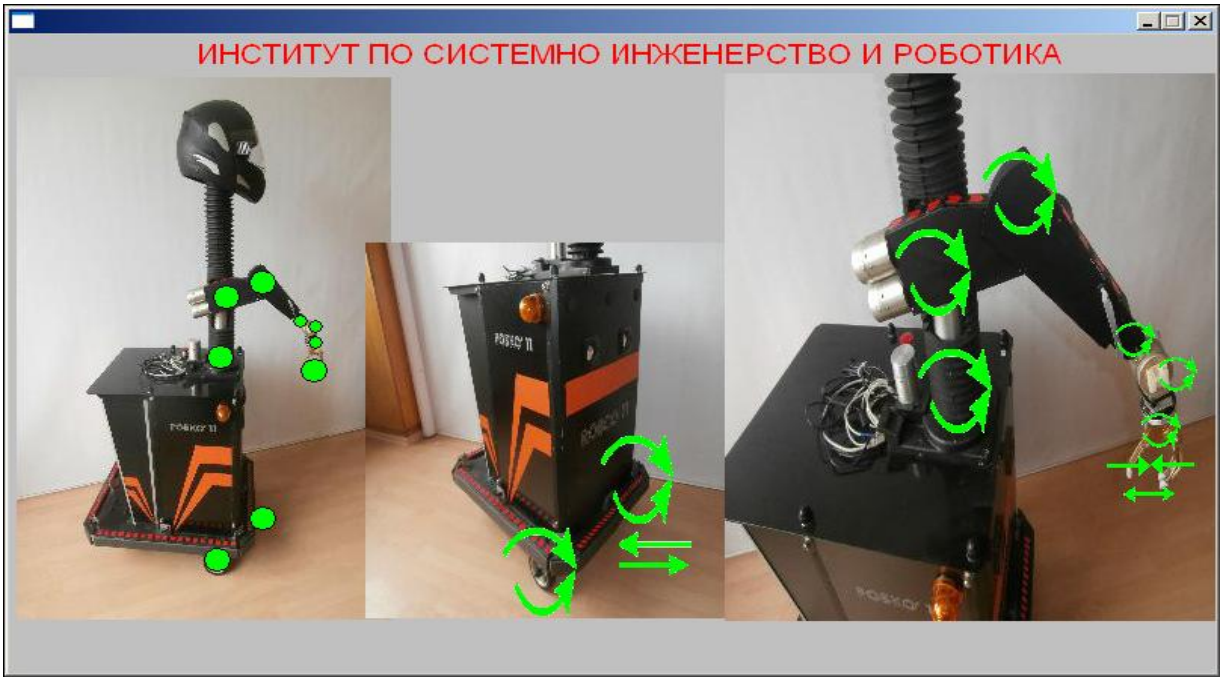


Fig.1. Robot "AnRI-0" with Different Degrees of Mobility

The research, testing of the disability with robot and knowledge sharing will provide partners with completely new tools and forms of intervention for the pedagogical process in special education in organizations of people with disabilities and will contribute to the improvement of existing practices.

In view of the specific resource of the IR-BAS, which will apply innovative European practices, we consider that not only this innovative element, the use of the "**AnRI**" (Fig.1) robot, but also new cognitive solutions are proposed for the social problems that will be realized in cooperation with the professional team of Social Services Day Center “Sv. Nedelya”, Sandanski.

The Drive of the robot "AnRI-0" is realized based on "servo" controllers with feedback from incremental sensors, (Fig.2) located in each degree of mobility of the manipulator. Regional levels are equipped with electromagnetic brakes and drive wheels of the platform are equipped with worm gearboxes that do not allow movement back using their braking effect. On the Robot is mounted sensor, representing a **Scanning Laser Interferometer** of company Hokuyo Automatic Co. LTD, Japan by which is possible to observe changes in the environment. With his help to obtain the details of the perceived obstacles and on this basis a decision was taken by the robot for planning a safe path of travel with the ability to avoid collisions.

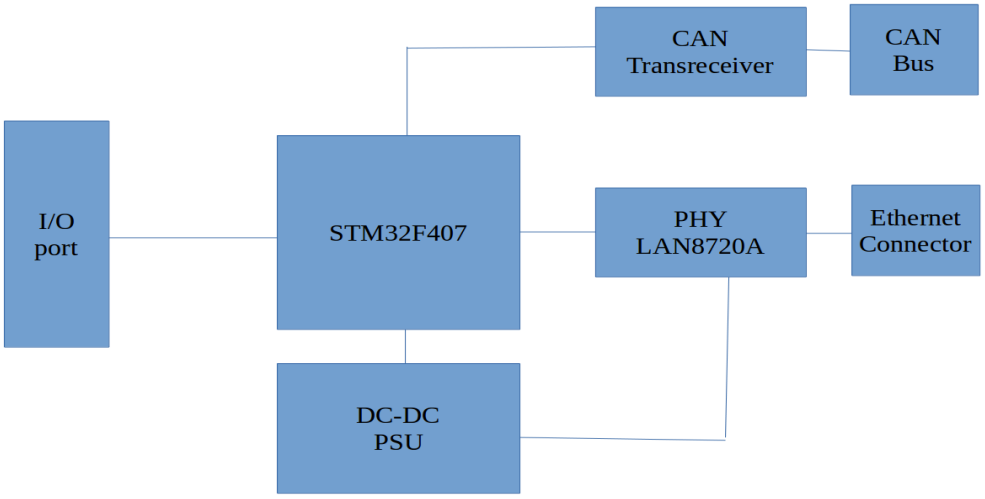


Fig.2. Block diagram of control board

The main features of the boards are: Wide voltage DC input (5-36V); 10/100 Mbit Ethernet interface; Nine digital & five analog I/O pins; CAN & RS-485 bus; PI, I2C and UART are available on pin headers; Micro SD card slot for data storage; Real time clock (RTC) with battery back-up. The PCB board is designed using the “KiCad” open source software. It has a small footprint: 67x86 mm and it can be fitted in standard DIN rail case. Board firmware was developed using open source software tools and libraries. The programming was done using “Geany” integrated development environment, based on “GCC ARM embedded compiler” [8] and “Make” files. Communication with peripheral modules of MCU is done via “STM32 Cube HAL library”. The network communication was implemented using lwIP lightweight TCP/IP stack [3]. On the screen with the information from the scanner laser interferometer are visible the coordinates of the points in the environment, which represent obstacles [2].

By integrity procedure of specialized software module, data is read and loaded into another such module that is process leads to the recognition of the resulting "pseudo" image of the environment, this information is updated interactively every 60 milliseconds. All information is in CPU module, where planning and safe trajectory of movement of the robot [4]. The resulting picture of the environment is verified using data from ultrasonic and infrared sensors, which is built and confirm or deny the existence of certain obstacles. The used algorithm provides that in case of unclear picture information received from the scanning laser interferometer, is possible to use TV system type KINECT, while is realized monitoring an object from the environment and define its geometry characteristics.

Failing to plan a safe path of travel in the mode "real time", having to stop the movement of the robot to take a decision and then started again, his movement is already under way on a new, corrected safe trajectory.

3. Requirements for Functional Characteristics of the „Anri” Robot.

The aim of this activity is to investigate the extent to which the developed robot contributes to the realization of the pedagogical process in the special education and to ensure a decent and independent life (focusing youths) on people with disabilities. The functional characteristics of the robot will be analyzed in terms of objectives set for serving disadvantaged people. Here are some specific features, such as:

- Opportunities for planning a safe trajectory of movement in the conditions of the dynamically changing environment in which the young person is in a disadvantaged position.
- Effective use of sensor information from "infrared" sensors and "ultrasonic" sensors as well as "limit switch" sensors and video camera, embedded in the robot to prevent collisions in the work environment.
- Opportunities for performing a "escort" function of the serviced person within the Center.
- Ability to build databases with the inclusion of libraries from ready-made programs to perform standard tasks.

During the experimental use of the robot a report will be prepared with the results of the robot application.

4. Conclusion

General conclusions and recommendations from the experiments and tests of the optimal behavior of the Robot in the training conditions of disadvantaged people can be done to improve the robot's work.

At the same time, analyzes can also be made on the observations about the robot's preferred behavior from the point of view of the trained youth. This will create new ideas for robot upgrading and its functional characteristics to better meet the specific requirements of people with disabilities. During an exploration phase, evidence is accumulated to support competing place estimates.

Reference:

1. Tchakarsky D. Design and Implementation of Automated Mechatronic Systems in Discrete Production. J. “Scientific Announcement”, ISSN 1310-3948, Intern. Conference „Automation Discreet Production”, Sozopol, 2014, pp. 27-32.
2. Zahariev R., N. Valchkova. Assembly Mechatronic System with Flexible Organization. IFAC Multitrack Conference on Advanced Control Strategies for Social and Economic Systems, September 2-4, 2004, Vienna University of Technology. Vienna, Austria. pp. 54-57., 10.2007, ISSN 1310-3946 pp. 54-57.
3. Paunski Y., Zahariev R. Service robots control system, based on “Arm cortex M” architecture microprocessor system, Pr. TUSofia, XXVI International Conference „ADP-2017“, 22-25 June, 2017, Sozopol, Bulgaria, pp. 300-304.
4. 4.Angelov G., Zahariev R. „Research and realization of TCP/IP communication with user interface in service robot, based on ROS node“, Pr. TUSofia, XXVI Intern.Conference „ADP-2017“, 22-25 June 2017, Sozopol, Bulgaria, pp.304-308.

МОБИЛЕН СЕРВИЗЕН РОБОТ ЗА ПЕДАГОГИЧЕСКА РЕХАБИЛИТАЦИЯ В СПЕЦИАЛНОТО ОБУЧЕНИЕ

Р. Захариев, Н. Вълчкова

Резюме: *В статията се представя създаденият оригинален метод за провеждане на изследвания в областта на роботизираните технологии с роботи „AnRI” в специалното образование на деца и млади хора с увреждания, както и на педагогически специалисти в изпълнението на проект EC-FUNDED MARIE CURIE PROJECT H2020-MSCA-RISE-2017, N077720, "CybSPEED: Кибер - физични системи за педагогическа рехабилитация в специалното обучение. При създаването на робота „AnRI”(Антропоморфен робот интелигентен)беше използван натрупания опит при разработката на роботите от серията „Робко”.*

Authors Data:

Roman Zahariev Zahariev, Professor, Dr, eng. Dpt. Director, Institute of Robotics, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia 1113, “Acad. G. Bontchev” Str. Bl.1., Phone: (02)872 35 71, E-mail: roman. zahariev@abv.bg

Nina Foteva Valchkova, Assoc. Professor, Dr, eng., Institute of Robotics, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia 1113, “Acad. G. Bontchev” Str., Bl.1., E-mail: nvalchkova@abv.bg

АНАЛИТИЧНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ДИАПАЗОНА ЗА ИЗМЕНЕНИЕ НА ОТНОСИТЕЛНАТА ИНТЕНЗИВНОСТ ПРИ ОБСЛУЖВАНЕ НА МАШИНИ В РТМ

Ч. Костадинов, И. Пеева

Резюме: *В настоящата статия са разгледани особеностите при определяне на диапазона за изменение на относителната интензивност при обслужване на машини в РТМ. Предложен е начин за аналитично и графично определяне на този диапазон. Представено е решението за РТМ съставен от 4 машини обслужвани от 1 робот.*

Ключови думи: аналитичен модел, моделиране, относителна интензивност на обслужване, РТМ.

1. Въведение

Допустимото минимално натоварване на технологичните машини може да бъде получено при известни обем на производство и срокове за изпълнение на производствената програма. За определяне на допустимото минимално натоварване на робота могат да се използват икономически критерии. При зададен брой машини в модула и допустимо минимално натоварване $[H_M]$ на една машина може да бъде намерена аналитично или графично стойността $[\rho]_{max}$, представляваща горна граница на диапазона за изменение на относителната интензивност $\rho = t_{обсл} / t_{обр}$ [5].

При зададено минимално допустимо натоварване $[H_P]$ на робота аналитично или графично може да се получи стойността $[\rho]_{min}$, представляваща долна граница на диапазона на изменение на ρ.

Колкото броят на машините в РТМ става по-голям, толкова се стеснява възможният диапазон за изменение на отношението ρ на времената за работа и обслужване.

2. Теоретични основи при разработване на аналитични модели на РТМ

Условията за ефективно използване на оборудването в роботизирания модул налагат изисквания за достигане на натоварвания, по-големи от минимално допустимите натоварвания на машините $[H_M]$ и робота $[H_P]$. Ако разпределенията на случайните времена $t_{ОБР}$ и $t_{ОБСЛ}$ са експоненциални ($M/M/1$), задачата за определяне на относителната интензивност може да бъде решена аналитично на база теорията на масовото обслужване. За целта се използват зависимости (1) и (2), които позволяват определяне на ρ при зададени натоварвания [5].

$$H_M = \sum_{i=0}^{m} \frac{(m-i)P_i}{m} \quad (1)$$

$$H_P = 1 - P_0 \quad (2)$$

В табл. 1 са дадени зависимостите за определяне на P_0, P_1 …… P_m за съответния РТМ от m машини, обслужвани от 1 робот. На тяхна база може аналитично да се определят зависимостите за натоварванията на машините и обслужващия робот (табл. 2).

Табл.1

m	P_0
1	$\frac{1}{1+\rho}$
2	$\frac{1}{1+2\rho+2\rho^2}$
3	$\frac{1}{1+3\rho+6\rho^2+6\rho^3}$
4	$\frac{1}{1+4\rho+12\rho^2+24\rho^3+24\rho^4}$
5	$\frac{1}{1+5\rho+20\rho^2+60\rho^3+120\rho^4+120\rho^5}$
6	$\frac{1}{1+6\rho+30\rho^2+120\rho^3+360\rho^4+720\rho^5+720\rho^6}$
7	$\frac{1}{1+7\rho+42\rho^2+210\rho^3+840\rho^4+2520\rho^5+5040\rho^6+5040\rho^7}$
8	$\frac{1}{1+8\rho+56\rho^2+336\rho^3+1680\rho^4+6720\rho^5+20160\rho^6+40320\rho^7+40320\rho^8}$

m	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
1	ρP_0							
2	$2\rho P_0$	$2\rho^2 P_0$						
3	$3\rho P_0$	$6\rho^2 P_0$	$6\rho^3 P_0$					
4	$4\rho P_0$	$12\rho^2 P_0$	$24\rho^3 P_0$	$24\rho^4 P_0$				
5	$5\rho P_0$	$20\rho^2 P_0$	$60\rho^3 P_0$	$120\rho^4 P_0$	$120\rho^5 P_0$			
6	$6\rho P_0$	$30\rho^2 P_0$	$120\rho^3 P_0$	$360\rho^4 P_0$	$720\rho^5 P_0$	$720\rho^6 P_0$		
7	$7\rho P_0$	$42\rho^2 P_0$	$210\rho^3 P_0$	$840\rho^4 P_0$	$2520\rho^5 P_0$	$5040\rho^6 P_0$	$5040\rho^7 P_0$	
8	$8\rho P_0$	$56\rho^2 P_0$	$336\rho^3 P_0$	$1680\rho^4 P_0$	$6720\rho^5 P_0$	$20160\rho^6 P_0$	$40320\rho^7 P_0$	$40320\rho^8 P_0$

Задавайки минимално допустимите натоварвания на оборудването при конкретен модул с $m > 2$ машини, за определяне на допустимия диапазон на ρ се налага решаване на степенни уравнения от по-висок ред. Това е свързано с известни затруднения, поради което вариант за практическа работа е използването на номограми, по които може да се отчитат подходящи стойности за отношението ρ при различни РТМ.

Табл. 2

m	H_m	H_p
1	P_0	$\frac{\rho}{1+\rho}$
2	$P_0+\frac{P_1}{2}$	$\frac{2\rho+2\rho^2}{1+2\rho+2\rho^2}$
3	$P_0+\frac{2P_1}{3}+\frac{P_2}{3}$	$\frac{3\rho+6\rho^2+6\rho^3}{1+3\rho+6\rho^2+6\rho^3}$
4	$P_0+\frac{3P_1}{4}+\frac{2P_2}{4}+\frac{P_3}{4}$	$\frac{4\rho+12\rho^2+24\rho^3+24\rho^4}{1+4\rho+12\rho^2+24\rho^3+24\rho^4}$
5	$P_0+\frac{4P_1}{5}+\frac{3P_2}{5}+\frac{2P_3}{5}+\frac{P_4}{5}$	$\frac{5\rho+20\rho^2+60\rho^3+120\rho^4+120\rho^5}{1+5\rho+20\rho^2+60\rho^3+120\rho^4+120\rho^5}$
6	$P_0+\frac{5P_1}{6}+\frac{4P_2}{6}+\frac{3P_3}{6}+\frac{2P_4}{6}+\frac{P_5}{6}$	$\frac{6\rho+30\rho^2+120\rho^3+360\rho^4+720\rho^5+720\rho^6}{1+6\rho+30\rho^2+120\rho^3+360\rho^4+720\rho^5+720\rho^6}$
7	$P_0+\frac{6P_1}{7}+\frac{5P_2}{7}+\frac{4P_3}{7}+\frac{3P_4}{7}+\frac{2P_5}{7}+\frac{P_6}{7}$	$\frac{7\rho+42\rho^2+210\rho^3+840\rho^4+2520\rho^5+5040\rho^6+5040\rho^7}{1+7\rho+42\rho^2+210\rho^3+840\rho^4+2520\rho^5+5040\rho^6+5040\rho^7}$
8	$P_0+\frac{7P_1}{8}+\frac{6P_2}{8}+\frac{5P_3}{8}+\frac{4P_4}{8}+\frac{3P_5}{8}+\frac{2P_6}{8}+\frac{P_7}{8}$	$\frac{8\rho+56\rho^2+336\rho^3+1680\rho^4+6720\rho^5+20160\rho^6+40320\rho^7+40320\rho^8}{1+8\rho+56\rho^2+336\rho^3+1680\rho^4+6720\rho^5+20160\rho^6+40320\rho^7+40320\rho^8}$

На фиг.1 графично са показани измененията на относителната интензивност ρ (съответно за всеки от разглежданите роботизирани технологични модули) от граничните стойности за допустимите минимални натоварвания на машините и робота в разглеждан РТМ. Ясно се вижда, че стойностите $[H_P]$ и $[H_M]$ определят допустимата област $[\rho]_{min} \sim [\rho]_{max}$. При високи изисквания към натоварването на машините или на робота е възможно задачата да няма решение ($[\rho]_{min} > [\rho]_{max}$).

За подпомагане аналитичното решаване на описаната задача е необходимо използване на приложен математически софтуер.

Средното време за обслужване $t_{ОБСЛ}$ трябва да бъде в границите, зададени чрез минимално допустимите натоварвания на машините $[H_M]$ и робота $[H_P]$ (фиг. 1).

$$t_{\text{ОБСЛ}}^{min} = t_{\text{ОБР}}[\rho]_{min},\ t_{\text{ОБР}} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} t_{\text{ОБР}}{}^{mi} \quad (3)$$

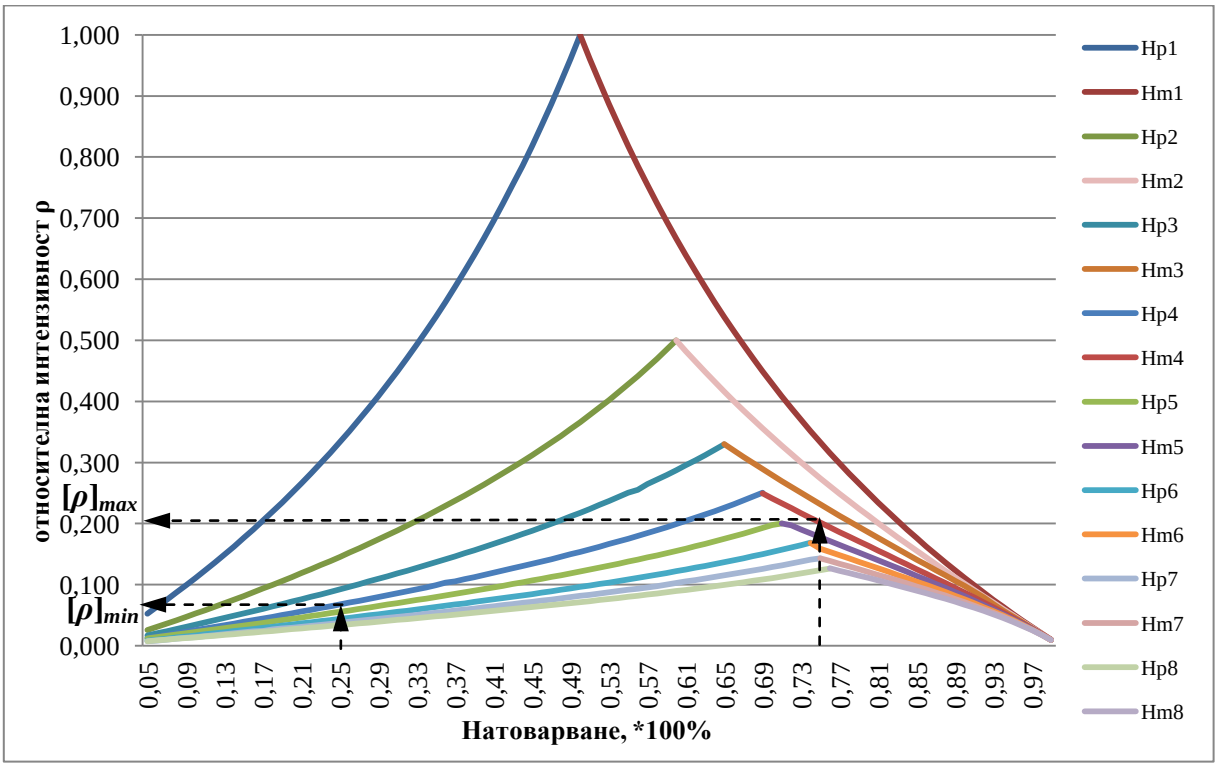
$$t_{\text{ОБСЛ}}^{max} = t_{\text{ОБР}}[\rho]_{max} \quad (4)$$

$$t_{\text{ОБСЛ}}^{min} \le t_{\text{ОБСЛ}} \le t_{\text{ОБСЛ}}^{max} \quad (5)$$

Удовлетворяването на зависимост (5) позволява оптимален избор на обслужващ робот по зададените критерии за ефективност. Ако в реални производствени условия при дадена структурно-компоновъчна схема на РТМ и цикъл на обслужване тази зависимост не е спазена, следва да бъдат направени препоръки относно възможни корекции на скоростите на движение по отделните степени на подвижност, които при зададена траектория на обслужване биха довели до промяна на времето за обслужване.

Положителен резултат може да се постигне и чрез оптимизиране циклограмата на робота по пътя на възможно съвместяване на движения.

Поставеното условие може да се използва като критерий за избор на структурно-компоновъчна схема на РТМ или за избор на обслужващ робот при прието компоновъчно решение.



Фиг. 1 Определяне на относителната интензивност ρ при зададени ограничения на натоварванията на машините $[H_M]$ и обслужващият ги робот $[H_P]$

3. Аналитично определяне на допустимия диапазон на изменение на относителната интензивност ρ

Прогнозните стойности на натоварването на основното и спомагателно оборудване в РТМ при различни условия на работа може да се използват като критерии за ефективност при избора на оптимален компоновъчен вариант. При един и същ брой машини, те зависят от относителната интензивност (ρ), определена от отношението на времената за обработване и обслужване при определен структурен вариант. Задаването на допустимите минимални стойности за натоварванията при проектиране на РТМ позволява определяне на диапазон за изменение на ρ, покриващ заложените критерии.

Изведените в табл. 2 аналитични зависимости при различен брой машини може да бъдат записани най-общо, като:

$$\rho_{min} = f([H_P]) \tag{6}$$

$$\rho_{max} = f([H_M]) \tag{7}$$

При зададени натоварвания, неизвестни в тези уравнения са относителните интензивности. Наличието на реални корени на двете уравнения и стойности $[\rho]_{min}<[\rho]_{max}$ позволява целенасоченост при търсене на решение за структуриране на модул с подходящ обслужващ робот.

Например, при РТМ изграден от 4 машини, обслужвани от 1 робот като се използват данните от таблици 1 и 2 за ρ_{min} се получава следното уравнение:

$$\rho_{min}: \quad [H_{P_4}] = \frac{4\rho + 12\rho^2 + 24\rho^3 + 24\rho^4}{1 + 4\rho + 12\rho^2 + 24\rho^3 + 24\rho^4} \tag{8}$$

След като се извършат необходимите преобразувания то се превръща в:

$$24([H_p] - 1)\rho^4 + 24([H_p] - 1)\rho^3 + 12([H_p] - 1)\rho^2 + 4([H_p] - 1)\rho + [H_p] - 1 = 0 \tag{9}$$

Като се използват данните от таблици 1 и 2 за ρ_{max} се получава следното уравнение:

$$\rho_{max}: \quad [H_{M_4}] = \mathrm{P}_0 + \frac{3\mathrm{P}_1}{4} + \frac{2\mathrm{P}_2}{4} + \frac{\mathrm{P}_3}{4} \tag{10}$$

След като се извършат необходимите преобразувания то се превръща в:

$$24[H_M]\rho^4 + 6(4[H_M] - 1)\rho^3 + 12([H_M] - 1)\rho^2 + 6(2[H_M] - 1)\rho + [H_M] - 1 = 0 \tag{11}$$

Тези две уравнения (9) и (11) имат по един реален положителен корен, което гарантира, че решението им винаги ще бъде част от кривата за ρ_{min} (H_{Pi}) или ρ_{max} (H_{Mi}) от фиг. 1.

За намиране на реалните корени на нелинейните уравнения (9) и (11) може да се използва различен математически софтуер [1, 2, 3 ,4]. Изведените уравнения са решени чрез приложен продукт OKTAVE [4]. При зададени стойности $[H_{P4}]$ = 0,25 и $[H_{M4}]$ = 0,75 уравненията имат по един реален корен, съответно – ρ_{min} = 0,068 (9) и ρ_{max} = 0,202 (11). В рамките на получения диапазон следва да се търси подходящо компоновъчно решение и цикъл на обслужване, осигуряващи критериите за ефективност.

Аналогично може да се изведат аналитичните зависимости и решат съответните уравнения за останалите разгледани варианти на РТМ с m на брой машини, обслужвани от 1 робот.

Тези зависимости може да се ползват и при решаване на обратната задача, при която за определен и структуриран РТМ, на който са известни разположението на машините и робота, неговите траектории и скорости, да се определят времената на машините, при които се гарантира, че РТМ ще работи ефективно.

Като се използват зависимостите за диапазона на ρ могат да се определят граничните стойности на времена на машините:

$$t_{\text{ОБР}min} = \frac{t_{\text{ОБСЛ}}}{[\rho]_{max}} \quad (12)$$

$$t_{\text{ОБР}max} = \frac{t_{\text{ОБСЛ}}}{[\rho]_{min}}. \quad (13)$$

Това позволява определяне на подходяща група детайли за обработване, чиито времена $t_{ОБР}$ (определени при разработване на технологичния процес) са в диапазона $[t_{ОБР}]_{min}$ ~ $[t_{ОБР}]_{max}$, за които се постига ефективно използване на структуриран РТМ.

4. Изводи

- Изяснени са някои теоретични въпроси, свързани с моделиране на автоматизирани производствени системи от машини, обслужвани от един промишлен робот;
- Изведени са функционални зависимости между натоварването на основно и спомагателно оборудване и относителната интензивност на заявките и тяхното обслужване при РТМ с 1 – 8 машини, обслужвани от един робот;
- Намирането на подходящ диапазон за изменение на относителната интензивност при даден структурен вариант на РТМ позволява целенасочен избор на спомагателно оборудване и негови технически параметри, при конкретни условия на работа.

Литература:

1. https://keisan.casio.com/exec/system/14001198732812
2. http://www.1728.org/cubic.htm
3. https://www.mathpapa.com/algebra-calculator.html
4. http://www.octave.online.org
5. Костадинов Ч. Вероятностно моделиране, анализ и прогнозиране на производителността на производствени системи с паралелна структура. Дисертация, РУ, Русе, 2017.

ANALYTICAL DETERMINATION OF THE RANGE FOR MODIFICATION OF RELATIVE INTENSITY AT SERVICE OF THE MACHINES INTO RTM

C. Kostadinov, I. Peeva

Abstract: *This paper features some specifics of determining the range for modification of relative intensity at service of the machines into PTM. A way to analytically and graphically determine this range is proposed. A decision is made for a PTM consisting of 4 machines serviced by 1 robot.*

Данни за авторите:

Чавдар Георгиев Костадинов, доктор, инж., РУ „А. Кънчев” – Русе, България, Русе, ул. „Студентска” № 8, тел.: 082 888742, e-mail: chkostadinov@uni-ruse.bg

Иванка Василева Пеева, доцент, доктор, инж., катедра ТММРМ при МТФ, РУ „А. Кънчев” – Русе, България, Русе, ул. „Студентска” № 8, тел.: 082 888 712, e-mail: ipeeva@uni-ruse.bg

ИНДУСТРИЯ 4.0 – НОВИ КАЧЕСТВА НА РОБОТИТЕ С ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ

Д. Авишай, В. Павлов, Г. Павлова, Г. Каши

Резюме: *Изкуственият интелект е фактор в бъдещото развитие на световното общество. Форумите на Четвъртата индустриална революция, дават направления за насоките на развитие. В настоящата работа се третират промените в индустриалните роботи и как те се отразяват на производството. Въвеждат се нови понятия като кинематичен, технологичен и структурно-функционален интелект. Анализира се свързаността на интернет, кибер-физически системи и предаването на управленчески команди от "машина на машина".*

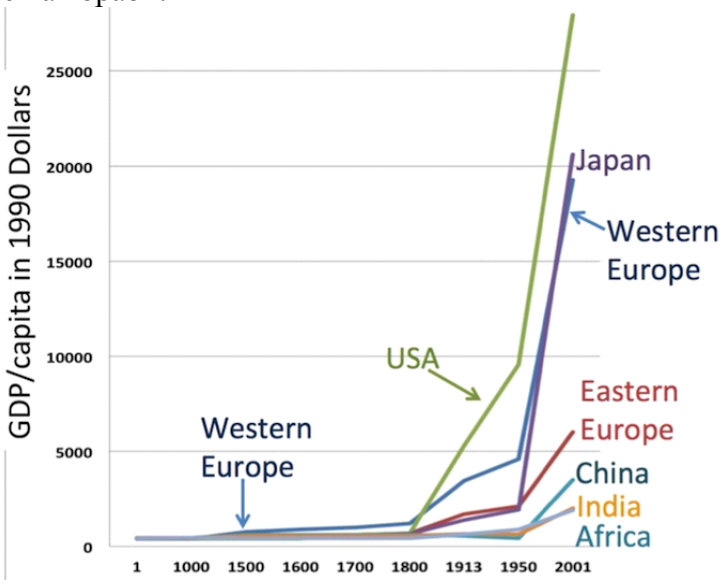
Ключови думи: индустриална революция, робот, изкуствен интелект, автоматизация, закони, адаптация, колаборативна роботика.

1. Увод

Контактите и общочовешките връзки в едно съвременно развито общество са едни от най-необходимите и чувствителни параметри за контрол и комфорт. Контролът, защото комуникиращото общество обменя знания и опит, и се саморегулира. Комфортът, защото добрият контакт осигурява култура на удобството. Тези фактори пряко и косвено са свързани с производството.

В по-далечен план, целта за постигане на бързото благоденствие е демонстрирано в графиката наречена “хокейният стик” публикувана от Дерек Томсън през 2012 година ползвайки данни от Ангъс Мадисън – (фиг.1) [1].

Графиката показва Брутния вътрешен продукт (БВП) на глава от населението от година 1 до 2001, разпределени по региони. Моментът, в който западна Европа е започнала да задминава Китай е онова мъничко повдигане нагоре по синята линия, някъде около 1500 г., когато европейците започват да въвеждат търговския капитализъм. Те създават и въвеждат мореплавателни и финансови технологии, позволяващи да се пренасят огромни количества стоки чрез използване на кораби.



Фиг.1 Графика "хокейният стик"

Но това леко повдигане е нищо в сравнение със скока нагоре, направен през XIX век, когато в Европа и много по-активно в САЩ се въвежда индустриалния капитализъм. Хората се научават да създават продукти бързо и евтино, чрез въвеждането на индустриално производство. Този процес става най-осезаем с появата на микроконтролера и утвърждаването на електронната ера на машините и роботиката.

2. Индустриални роботи и изкуствен интелект (ИИ)

Интеграцията между две относително автономни и динамично развиващи се области - роботика и изкуствен интелект, дава нови качества и възможности за приложение в производството [5]., и в много други области. В индустрията роботите изпълняват две основни функции - спомагателни и технологични операции. Заедно с технологичните машини и съоръжения, и друго спомагателно обзавеждане те формират структурното изграждане на дадено производство, което е подчинено на типа организация, и функционални изисквания за производителност, и качество на произвеждания продукт. Три са качествата, отличаващи индустриалните роботи с изкуствен интелект от конвенционалните. Те притежават кинематичен, технологичен и структурно-функционален интелект.

На тази основа се изграждат хардуерните и софтуерни изисквания към изкуствения интелект. За движението на роботите (изпълняващи предимно спомагателни операции), е необходим “кинематичен интелект”, който оптимизира движението и прави възможна колаборативна работа (colaborative work) между роботите, както и между роботи и хора на едно работно място без конфликтни ситуации. На практика се стимулира възможност за когнитивна взаимност при изпълнение на производствено технологични или спомагателни операции.Тези възможности позволяват концентрация на операции на едно работно място, спестяване на работна площ и намаляване на времето за транспортиране, което води до пряко увеличаване на производителността, и на качеството. Кинематичният интелект е свързан преди всичко с използване на “база знания”. Задачата е решима с подходящо обучение на роботите и на хората, които ще работят съвместно.

Следните синтезирано функционалните задачи, решават кинематичния интелект:

- Прецизно и адаптивно позициониране и/или следене на траектория с гарантирана желана скорост на изпълнителния орган.
- Избор на оптимална траектория в среда с неподвижни препятствия.
- Спиране на движението при непредвидена поява на обект в работната зона и вземане на решение за последващо действие след премахването му.
- Геометрична адаптация при следене на контур или търсене на съвпадане на оси при монтажни и други операции.

“Технологичния интелект” се подчинява от една страна на “база знания” за конкретната технология и “база данни”, които се натрупват в процеса на работа и отчитане на качеството на изпълнение. Тези параметри предизвикват необходимостта от предвидливо организиране на самообучение.

Синтезирано функционалните задачи, кито се решават технологичния интелект са следните:

- Въвеждане на теоретичните и/или експериментални знания за конкретната технология, която ще изпълнява робота;
- Констатиране на отклонения от зададените начални условия при изпълнение на технологичната операция и вземане на решения за възможни промени с цел запазване на заложените качествени показатели (технологична адаптация);
- Следене и поддържане на външната среда в граници, гарантиращи качество на изпълняваната технология;

Кинематичния и технологичния интелект на роботите дават възможност за структуриране по нов начин на производството и постигане на по-висока производителност, и качество на крайното изделие. Организацията на обработваемите обекти в технологичен процес е три вида: неорганизирана, полуорганизирана и напълно организирана. Предмет на производството с интелигентни роботи са в полуорганизирана среда т.е. обектите са в едно от устойчивите си положения. Първоначално внедрената роботика изискваше напълно организирана работна среда, което предполага всеки обект да има точно определено място. Това от своя страна изисква да се спазва определена конфигурация на процесите без промяна на планирана манипулация, огромна предварителна подготовка и строга технологична дисциплина. В допълнение процеса се нуждае от внедряването на допълнителни устройства (магазини, бункери и т.н.), които най-често са нестандартни, проектирани за конкретен обект и процес. На практика тези ограничения и изисквания намаляват гъвкавостта и производителността.

Структурно-функционална гъвкавост:

Индустриалните роботи притежаващи изкуствен интелект дават нови възможности при структуриране на производството. Колаборативната работа (работа на едно работно място на роботи и хора, на повече от един робот и прилагане на оперативно изпълнение в релативното пространство), базира нови възможности за изпълнение на функционалната задача, за пестене на място и повишена гъвкавост при организиране на технологичната последователност.

Реализирането на тези нови функционални възможности се базират на новите компютърни технологии. Една от тях е “Cloud computing” (облачна технология). Тя е основана на идеята за обединяване изчислителната мощност на много компютърни устройства в система, в това число и световните мрежи със свободен достъп. Това не изключва вътрешно офисна мрежа с по-голяма затвореност. Пример за малък, затворен рояк (Cloud) е например офис от 25 компютърни устройства, свързани по между си, върху които потребителите споделят компютърни ресурси, програми и приложения, инсталирани върху всички компютри в системата. Друг пример за “затворен Cloud” (Private Cloud) е клъстър от няколко физически машини, върху които са създадени например 20 виртуални машини (Virtual Machine) и потребителите работят върху тях.

При сега съществуващите "умни машини", в това число и роботи, контролерите или "мозъците" все още се намират в корпусите, което силно ограничава капацитета им. С напредъка в областта на информационните технологии (и по-специално в безжичните комуникации и виртуализацията) "умът" на роботите вече не е задължително да е само във физическото им тяло, а може да бъде хостван в облачна инфраструктура. Роботите ще могат да се възползват от цялото обучение, което е било събрано от една голяма група от устройства ефективно да обработват и асимилират огромни обеми данни в контекста на още по-богато, съхранявано в облака познание. В централизирана среда могат да се съхраняват алгоритми за управление на високо ниво да се предоставя достъп до тях чрез интернет, като за алгоритми с висока изчислителна сложност или използване на голям обем памет могат да се ползват платформи в изчислителни облаци.

3. Производство, интернет на нещата, кибер-физически системи и изкуствен интелект.

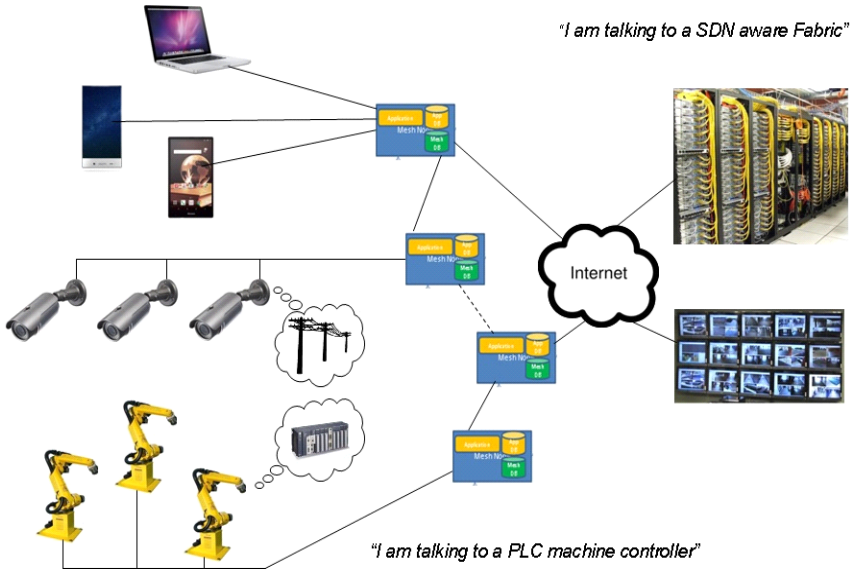
Четвъртата индустриална революция се характеризира с масово прехвърляне на интелектуалната дейност и вземане на някои решения (до сега запазена дейност за човека) на информационните системи. Комуникацията “машина на машина” (Machine to Machine - M2M) става все по-желана практика. Човекът ограничава физическата си дейност в производството, повече “наблюдава”, управленска, логистична и поддържаща функции [2].

Интернет на нещата (Internet of Things - IoT) и Кибер-физическите системи (Cyber-Physical Systems - CPS).

Как работи Интернет на нещата? IoT взаимодейства с глобалната безжична мрежа, при което “умните” устройства се свързват помежду си и позволяват управление от разстояние, ползвайки правила заложени предварително в логистичен контролер. Ако се направи аналогия между управлението на роботите и човешкия мозък, то във физическото тяло на робота ще остане само краткотрайната му памет, а контекстната зависимост на паметта и самата дълготрайна памет ще могат да бъдат изнесени в облачна среда. Краткотрайната памет ще обезпечава функционалността на робота в случай на по-дълготрайно прекъсване на облачната услуга. Колкото “по-умен” е роботът по отношение на възможностите му за вземане на решения, толкова повече такава мощ от облака ще му е потребна, за да може да изпълнява сложни изчислителни задачи като обработка на изображения, гласово разпознаване, сравняване на данни и вземане на решения с висока латентност.

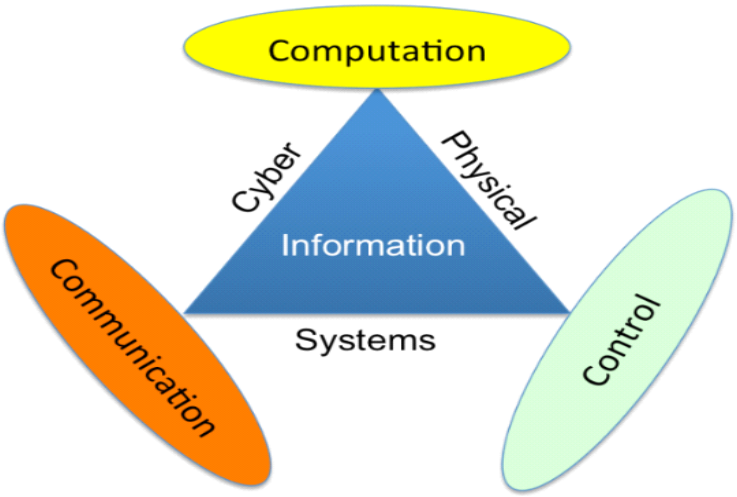
Приложенията му са практически неограничени, от управление на светлината, топлината и влажността в дадено помещение, до управление на сложни транспортни, и производствени задачи. В последните години IoT намира все по голямо приложение в обществено социалните процеси и индустриалното производството. Дистанционното програмиране, активиране, контролиране и поддържане на определени производствено технологични процеси, извършвани от машини и устройства почти без човешка намеса, винаги е била мечта на напредничавата инженерна мисъл. Системата обладаваща IoT предразполага към директно комуникиране и контролиране на производството.

Прилагането на различни комуникационни устройства за контакт (камери, сензори и др.) и постоянна обратна връзка, както и активната обмяна на информация двустранно, подсигурява въвеждането на различни по тип и способности логистични системи на управление (фиг.2).



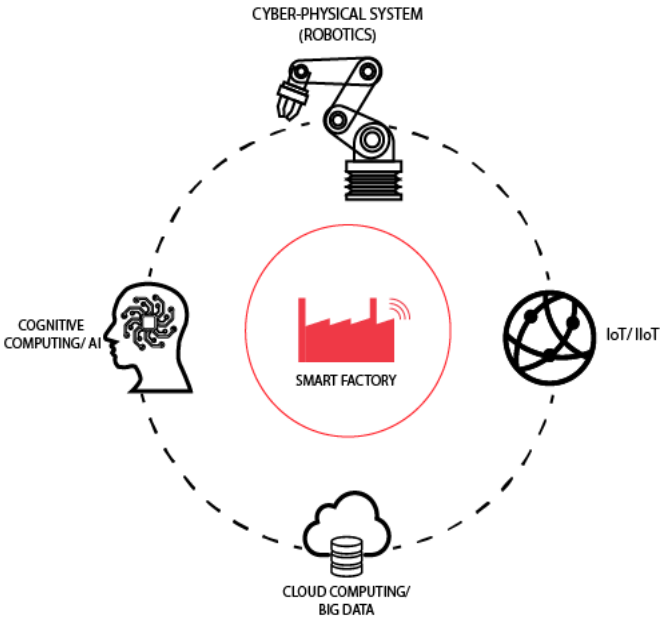
Фиг.2 Структура на IoT

Предимство на IoT е единната централната комуникация на мрежата в интернет, която универсализира нестандартните управляващи системи в единна. От своя страна единната система с по голяма точност контролира, до колко е разумното приложима определена логика, и как да се използват резервите. В тази посока съществена роля имат “Кибер физическите системи” (Cyber-Physical Systems - CPS) (фиг.3).



Фиг.3 Кибер физични системи - CPS

Всъщност CPS са умните реални комуникационни устройства свързани в система контролирана централно. За да се осъществи подобен контакт и задействат физическите възможности на устройствата първо условие е дигитализацията. Дигитализираните устройства са пъргави, гъвкави и най-важното лесни за управление. Развитието на автоматизацията и роботиката предоставят на съвременното производство и индустрията гама от разнообразни умни високопроизводителни устройства, ползващи дигитални управления, и намиращо се в постоянен комуникативен контакт (фиг.4).



Фиг. 4 Комуникационни връзки

Цялостната комуникация и контрол изисква умно, и безпогрешно управление. Логиката на управление прилага световния опит и знания. Това са огромни библиотеки с дигитални бази данни, намиращи се в облачните технологични сървъри. Единствено компютъризирани системи могат да ги обработват и прилагат. Такова управление се нуждае от прилагането на много целеви интелигентни системи, които да могат гъвкаво да прилагат вземане и осъществяване на разумни, логистични решения. Тук е мястото за въвеждане на производствено логичен изкуствен интелект.

Разбира се ИИ трябва да е програмиран интерактивен за човека и даващ възможност за когнитивен контакт на машината, и човека, във всеки нужен момент, за да се подсигури пълен и сигурен контрол над машината и активна поддръжка.

4. Производство чрез “Machine to Machine” - M2M.

M2M е следващата стъпка в развитието на Четвъртата индустриална революция. За прилагане на подобна система е нужно по-съществено ползване на методите на ИИ. Добре организираният ИИ в малки модули, приложим на ниски нива в CPS, създава условия за поемане на управлението на рутинно повтарящи се технологични производствени операции и процеси. Така може да се премине към умни, самоуправляващи се гъвкави цехове, или обработващи центрове, например за металообработка или монтаж. Но истинското приложение ще е най- хуманно и безопасно за човечеството, когато такива системи заработят в химическата и енергийната промишлености, където условията са неблагоприятни за човека. Промишлеността дава широки възможности за приложение на подобни системи. Например, ядрено-енергийното производство, каучуковата промишленост, производството и пакетирането на азотни торове и химикали и др.

Разбира се тук възниква въпросът до каква степен може да се има доверие на ИИ. Не би ли бил саморегулиращ се интелект опасен за глобалното човечество и в частност за обикновения човек. Ето тук е мястото на международните общности, да подготвят и съобразят закони, които да са инструмент за човешки контрол над машинният интелект. Разбира се, не би трябвало да се позволи този контрол да е едноличен. Такава целта на ежегодно провеждащите се международни срещи в Давос, Швейцария. Не бива да се мисли, какви могат да са последствията от безконтролното разпространение и ползване на машинен интелект, който може да определя дейността на важни за човечеството или отделния индивид процеси.

В момента обмяната на информация между хора и машини е огромна и трудно контролируема. Примери са социалните мрежи за контакт. Това е лошо от една страна поради постоянно нарастващото компютърно усъвършенстване. От друга страна, поради постоянното напредване на изкуствения интелект и самообучаващите се машини, което може да размие границите между факт и фикция. Тези неща могат да се намесят в бъдеще, в което, “всеки може да направи дадено нещо да изглежда, сякаш се е случило, независимо дали то наистина се е случило, или не”.[3]

Какво представлява платформата M2M?



Фиг.5 Комуникация M2M

Комуникационна система позволяваща обмен на информация и команди между машини и устройства без намеса на човек (фиг.5). Като пример за прилагане на тази платформа понастоящем е информацията, която камери предават на компютри, които обработват, записват и запазват информацията.

M2M е значителна част от технологията IoT, което увеличава приложимостта и в роботиката, логистиката, здравеопазването, интелигентните градове, отбраната, интелигентните мрежи и промишлената автоматизация.

5. Заключение

Необходимо е да се обърне внимание на правната страна при прилагането и използването на разгледаните по-горе системи. Опасността от бързо подвижната информация на различни по дължина разстояния за минимално време, хакерската намеса, лесният достъп до информация, от която зависи сигурността на хората и света, недостатъчният опит при ползването на информация и комуникиране, предизвикват липса на комфорт в човешките общества. Това, че с помощта на дрон може да се снима безпроблемно в личната област на хората е най-малкият проблем. По-важно е, как и от кого трябва да се опазва комуникационната информация за управление на CPS и IoT.

Според младия историк Ювал Ноа Харари, не може просто да се спре технологическия прогрес. Дори и ако една страна прекрати изследванията на изкуствения интелект, други ще ги продължат. Реалният въпрос е, какво да правим с технологиите. Една и съща технология може да се използва за много различни социални и политически цели. Ако погледнем към XX век, се вижда, че с едни и същи технологии – например електричеството и железопътния транспорт – може да се създаде, както комунистическа диктатура, така и либерална демокрация. Същото важи и за изкуствения интелект. Така че хората трябва да се фокусират върху въпроса, как да повлияят на направленията, в които те ще се развиват.[4]

Литература:

1. Джонатан Хейт , Как капитализмът променя съзнанието.
2. Румен Атанасов, Четвърта индустриална революция.
3. Charlie Warzel, He Predicted The 2016 Fake News Crisis. Now He's Worried About An Information Apocalypse. BuzzFeed News Reporter, February 12, 2018.
4. Yoval Noah Harari, Homo Deus: A Brief History of Tomorrow, Harvill Secker, 2015.
5. Д. Авишай, В. Павлов, Г. Павлова Четвъртата индустриална революция – изкуствен интелект, роботи и автоматизация, XXVI МНТК “АДП-2017”

INDUSTRY 4.0 – THE NEW QUALITIES OF THE ROBOTS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE

D. Avishay, V. Pavlov, G. Pavlova, G. Kashy

Summary: *Artificial Intelligence is a factor in the future development of global society. The Fourth Industrial Revolution Forums provide guidelines for development. This article deals with changes in industrial robots and how they affect production. New concepts such as kinematic, technological and structural-functional intelligence are introduced. It analyzes Internet connectivity, cyber-physical systems, and the transmission of command lines from machine to machine.*

Данни за авторите:

Давид Авишай, доктор инж., Академичен инженерно-технически колеж Афека – Тел Авив, Израел, отдел за механични инженерни системи, ул. Бней Ефраим № 218 , Тел Авив, e-mail: davishay@afeka.ac.il

Веселин Павлов, професор, доктор инж.,пенсионер от катедра „АЕЗ”, ФА, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, тел.: 965 36 79, e-mail: vpavlov@tu-sofia.bg

Галя Павлова, докторант, катедра ИТИ, ФКСТ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8 e-mail: racheva@tu-sofia.bg

Гай Каши, доктор инж., Азриели Академичен Инженерен Колеж – Йерусалим, Израел, отдел за индустриално инженерство и мениджмент, ул. Яков Шараибом № 26 – Йерусалим, Израел: gkashi@bgu.ac.il

МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА РЕАЛНИ ИЗПИТАНИЯ НА ТЕЛЕ-УПРАВЛЯЕМИЯ СЕРВИЗЕН МОБИЛЕН РОБОТ “РОБКО 17”

Н. Шиваров, Н. Шиваров, Д. Чикуртев, Е. Марков, И. Рангелов

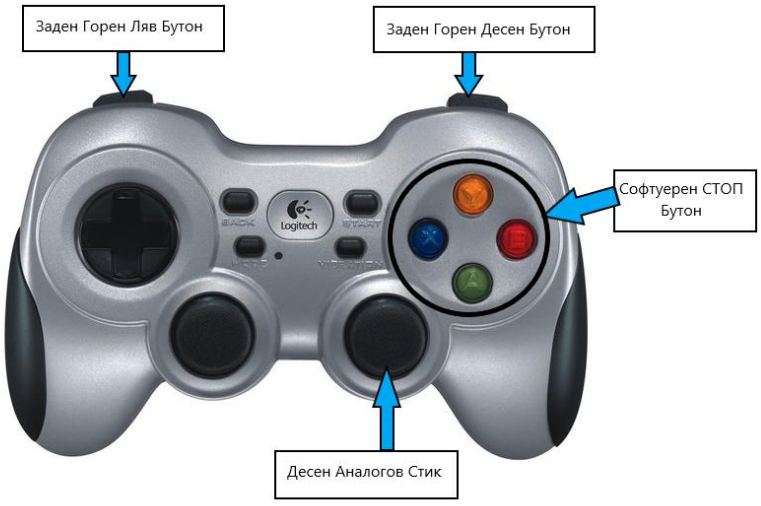
Резюме: *В настоящата статия е разгледана методика за провеждане на реални изпитания на Теле-управляемия Сервизен Мобилен Робот “РОБКО 17” с 15 възрастни мъже и жени с цел тестване на многоканален софтуер за управление на робота, чрез виртуален джойстик, гласови команди, и мимични жестове с цел ефективно подпомагане на възрастните хора при различни техни нужди като например: напомняне кога да си вземат лекарствата; сервиране на храни и напитки; включване на електронните уреди; алармиране на лекуващия лекар, близки и роднини или „Бърза помощ” при евентуално влошаване на здравословните им показатели.*

Ключови думи: сервизен робот, теле-управляем робот, мобилен робот, много-канално управление.

1. Много-канално управление на сервизен робот „РОБКО 17“ за подпомагане на възрастни и инвалиди

1.1. Управление в ръчен режим, чрез джойстик

Управлението на робота с джойстик позволява да се управлява както мобилната платформа, така и антропоморфната ръка. Използвания джойстик е Logitech F710, показан на фиг. 1 [1].

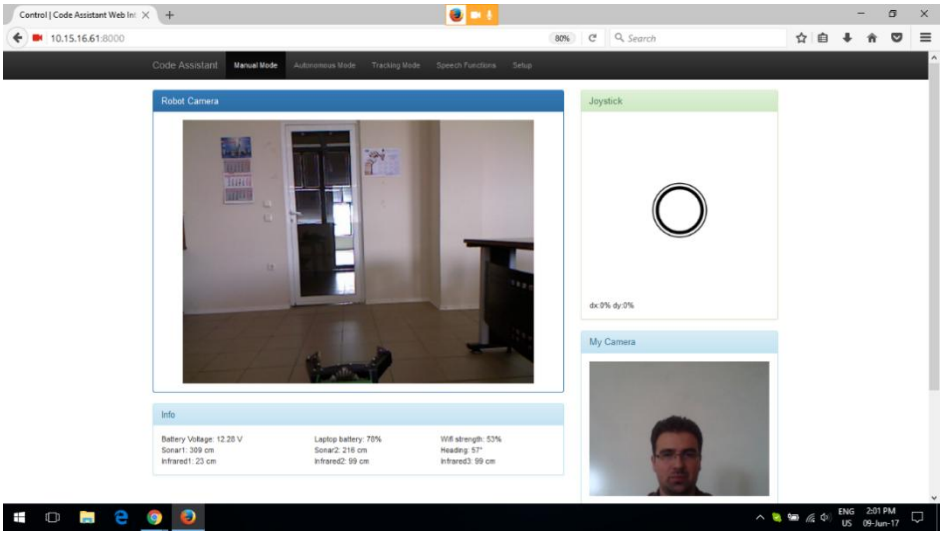


Фиг.1

- за да се стартира безжичният джойстик трябва да се натисне централния бутон с Logitech логото, след което при успешно установена връзка ще започне да мига зелената лампа под него.
- чрез задържането на задния горен ляв бутон и чрез десния аналогов стик се контролира движението на робота напред, назад и ротацията около оста му
- при пускането на задния горен ляв бутон джойстикът престава да подава команди за движение

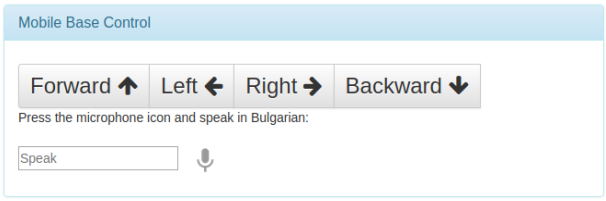
- при натискането на който и да е от бутоните A, B, C, D се активира софтуерен стоп бутон и роботът преустановя всякакво движение независимо дали командата е подадена от джойстика, уеб интерфейса или от системата за автономно движение. Повторното натискане на някой от тях преустановява софтуерния стоп режим
- при натискане на заден горен десен бутон се контролира ръката на робота. Първото натискане задава на ръката да хване обект, второто натискане е команда за поставяне или пускане на предмет и трето натискане е прибиране на ръката.

1.2. Управление през уеб-базиран графичен потребителския интерфейс



Фиг.2

- Robot camera, показа картина от камерата на робота
- Button control позволява управление на мобилната платформа, чрез натискане на бутоните
- Info секцията показва телеметрични данни от робота: заряд на батериите на робота, сила на сигнала от рутера, показанията на сензорите за разстояние и други.
- Joystick секцията е софтуерен джойстик за ръчно управление на робота (пресъздава физическия джойстик)
- My camera показва видео от камерата на потребителя
- Voice control [2] позволява управление с гласови команди от потребителя. Натиска се иконата на микрофона, след това се произнася команда. Разпознатата команда се изписва в празното прозорче до микрофона, ако тя съвпада с някоя от командите за управление, роботът започва да се движи. Съществуващи команди: напред, назад, наляво и надясно.



Фиг.3

1.3. Управление със сензор Кинект



Фиг.4

Този метод позволява управление на платформата на робота чрез жестове. Потребителя застава пред статично разположен Kinect, след което Kinect-а разпознава положението на ръцете на потребителя и изпраща управляващи команди към робота [3].

Според нуждите на потребителя могат да се направят предварителни настройки на степента на разпознаване на движенията. Когато човека посочи наляво с лявата си ръка, робота започва да се върти наляво, съответно по същия начин и за надясно. Когато вдигне нагоре една от ръцете си робота тръгва напред. Всички останали позиции на ръцете се считат за стоп команда.

1.4. Управление със сензор Лийп Моушън

Тук управлението се извършва само с една ръка. Сензора Лийп Моушън [4] разпознава китката на ръката. Потребителя поставя своята ръка над сензора, след това за да започне да управлява трябва да свие своя юмрук. При положение на свит юмрук се активира управлението и с движения напред, назад, наляво и надясно робота започва да се движи. Когато разтворим длан се активира стоп и робота спира.



Фиг.5

2. Функционални експерименти с робота Робко 17

Изпитанията се провеждат с група от 15 възрастни хора (мъже /жени над 65 год.). Достатъчно е те да са със средно образование и от тях не се изисква никаква компютърна или робото-техническа грамотност. Целта на тези изпитания е да се проверят, приложението, ефективността и надеждността на системите на робота. След края на всички изпитания възрастните хора попълват анкета, която показва кои методи за управление са наистина приложими, кои имат нужда от корекции и/или допълнителни функции и какви допълнения е необходимо да се добавят [5].

В помещението на експериментите са поставени две маси на разстояние около 3-4 м. На първата маса в ляво са разположени: компютъра и смарт-телефона на водещия експериментите, джойстика за ръчно управление на РОБКО 17 и сензорите Лийп Моушън и Кинект. Групата възрастни хора са седнали зад водещия така, че да могат да следят схемите и информацията на монитора, която се прожектира и върху екран (стена) чрез проектор.

Водещия запознава групата с основните функции и методите за управление на РОБКО 17 както следва:

- Управление на робота с физически джойстик
- Управление на робота с уеб базиран потребителски интерфейс
  - Управление на мобилната платформа с виртуалния (софтуерен) джойстик
  - Управление на робота с бутони
  - Управление на робота с гласови команди
- Управление на робота със сензор „Кинект“
- Управление на робота със сензор „Лийп Моушън

След обясненията водещия подготвя робота за управление посредством различните методи. На мястото в дясно от водещия сяда един/на от възрастните хора в групата. На отсрещната маса са разположени битови предмети за донасяне като например: 330 мл. пластмасова бутилка с минерална вода, пакетче бисквити, кутия с лекарства, малка бутилка безалкохолно и др. предмети с тегло до 250 гр. Целта на всички експерименти е възрастния човек да успее да вземе желания от него предмет от масата, да го занесе до другата маса и да го сервира на някой от другите възрастни. Всички експерименти се провеждат при едни и същи условия. Водещият има задачата да включи робота и всички необходими устройства, както и да провери за тяхното правилно действие и експлоатация.



Фиг.6

3. Изводи:

Резултатите от проведените тестове с 15 възрастни хора (мъже и жени над 65 год.), показват положителна им нагласа за използването на робота ROBKO 17 за тяхното подпомагане.

По отношение на функционалността, възрастните хора очакват роботът да може да наблюдава здравословното им състояние, да им доставя тежки или труднодостъпни предмети и да им донася храна, вода и лекарства. Предпочитаният дизайн на робота е човекоподобен. Женският глас е предпочитан за комуникация на робота с възрастните. За управление на робота, възрастните предпочитат управление с гласови команди и джойстик. Като бъдеща работа се планира добавяне на полуавтономни функции, като автономна навигация, разпознаване на обекти и хващане и манипулиране на предмети. Ние считаме, че тези допълнителни функции значително ще подобрят робота, който ще стане по-полезен и функционален за изпълнение на задачите от ежедневието на възрастните хора.

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.

Литература:

1. Nayden Chivarov, Denis Chikurtev, Kaloyan Yovchev, Stefan Shivarov - Cost-Oriented Mobile Robot Assistant for Disabled Care; TECIS 2015, 16th IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability, Sozopol, Bulgaria, 24-27 September 2015, SJR – 0.263
2. https://cloud.google.com/speech-to-text/
3. Ayushi Gahlot, Purvi Agarwal, Akshya Agarwal, Vijai Singh and Amit Kumar Gautam. Article: Skeleton based Human Action Recognition using Kinect. *IJCA Proceedings on Recent Trends in Future Prospective in Engineering and Management Technology* RTFEM 2016(1):9-13, July 2016.
4. Shao L “Hand movement and gesture recognition using Leap Motion Controller”, 2016 Dissertation, Stanford University, USA
5. Nayden Chivarov, Denis Chikurtev, Ivaylo Rangelov, Emanuil Markov, Alexander Gigov, Nedko Shivarov and Kaloyan Yovchev - Usability study of Tele-controlled Service robot for increasing the quality of life of elderly and disabled – “ROBCO 17”, RAAD 2018, 06-08 June, 2018, Patras, Greece

METHODOLOGY FOR PERFORMING REAL TESTS OF TELECONTROLLED SERVICE MOBILE ROBOT “ROBCO 17”

N. Chivarov, N. Shivarov, D. Chikurtev, E. Markov, I. Rangelov

Abstract: *This article present methodology for performing real tests of the Tele-controlled Service Mobile Robot “Robco17” with 15 elderly for testing purposes of the multi-channel robot control software via virtual joystick, voice commands and mimic gestures for providing effective assistance of the elderly for fulfillment of different needs, such as: reminding when to take medicines; serving of food and drinks; turn on/off electronic devices; alerting the physician, relatives or "Emergency" in case of a deterioration of their health indicators.*

Данни за авторите:
Nayden Chivarov – EPU, Pernik, nshivarov@code.bg
Nedko Shivarov – EPU, Pernik, nedko@code.bg
Denis Chikurtev – IICT-BAS & EPU, Pernik, denis@iinf.bas.bg
Emanuil Markov –EPU, Pernik, Sofia, emospy@gmail.com
Ivaylo Rangelov – EPU, Pernik, rangelov.ivaylo@yahoo.com

STUDY OF THE HANDLER FOR LOADING PRESSES

P. Raykov

Abstract: *The purpose of this study is to study and optimize the structure and movements of a manipulator for loading presses processing sheet material. A review of the design and analysis of mechanical presses and the most characteristic movements for this type of operations are presented. Based on the developed CAD model, stress distribution, deformation was investigated. A mathematical optimization of the lengths of its units was made relative to the trajectory of movement of the manipulated part. A prototype was created to test the developed idea.*

Keywords: - loading of presses, manipulators, optimization of planar structures.

1. Introduction

Presses are a tool for handling large quantities of materials and are characterized by the economical equipment of tooling, design and fast, accurate, and economical manufacture of sheet steel and other flexible materials. The manufactured components cover an extremely wide field and are used throughout the industry due to the cheap production of pressed quantities. The cost of the tool to be used depends on the type of material and the amount of detail [1-2]. The presses use the large force of the presses in a very short space of time, which leads to a reduction in the deformations of the metal sheet [3]. In the early years, metal forming presses were built using a crank or lever mechanism that turned the rotary motion into a linear movement. The rotational movement, most commonly achieved with an asynchronous motor by means of an unlocking mechanism, strikes the fixed and fixed sheet [4-6]. One of the most important design pressures is that the frame absorbs the power that generates the main drive system and the other necessary to position the ancillary systems.

According to the IS 8064: 2002 standard [7], the press is classified into two main categories, such as hydraulic presses operating on the principle of hydrostatic pressure and a mechanical press that uses kinematic connection of the elements to the transmission power. Mechanical presses can also be classified with frame design.

A common method is presented for design mechanical press such as the frame G1-100-1000 × 630-EI. The code shows the frame for the press type, single suspension, capacity 100 tons, bed size, drive type, tilting or fixed frame [8].

The industry is mostly using the C-shaped press to provide sufficient work grip for the tools and the press can be approached by three sides. Typically a c-type press consists of one column at the back of the work table. These presses are driven by a mechanical electric drive. In addition to the power transformed by the drive, the gravitational drop of the carrier and the weight of the moving part of the tool are used.

The press bodies are mainly made of gray cast iron. The process of building the press is the most common casting or, in larger presses, welded several metal plates, which must be joined together to provide a minimum degree of flexibility to the body. Thus, presses made by welded frames can be constructed very precisely require to require individual parts.

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 5

“АВТОМАТИЗАЦИЯ НА МОНТАЖА”

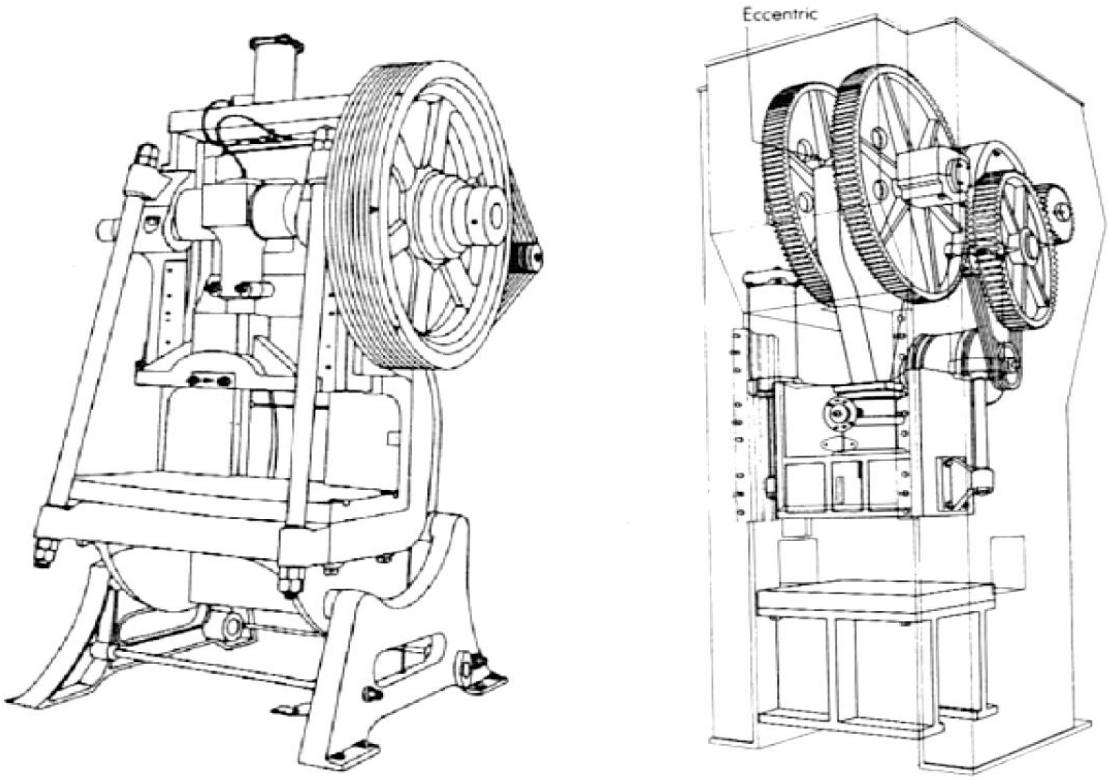


Fig.1. Classification of presses according to the framework [9].

Typically, the material used for frames are cast iron frames, 80% of which cast weight gray cast iron, steel frame and welded soft steel or steel plate frames. The cast iron has a low modulus of elasticity, and gray cast iron has a minimum tensile strength [8]. According to the rules of mechanical typology, AISI-SAE 4140, AISI-SAE 1045, AISI-SAE 6150, Fc 250 ... Fc350class castings are used. And steel types OL 37, OL42.2k, OL 44.2k, and OL 52.2k for welded frames [10].

2. Manipulating device with variable structure

From the point of view of the automation of detail manipulation, forging-press production is characterized by an easily accessible working area, simple movements in the placement and removal of parts, and a short cycle of technology. This allows automation to use specialized manipulators of simple construction and control, with a limited number of degrees of mobility. A number of machines for loading sheet presses have been created. Robotic hands with two and three degrees of freedom are used, for example, Unnimate 4000A, Lissmac, R0810 - USA, TOSMAN - Japan, Tranemo - Sweden,: Hidroliksan - Turkey and others.

The analysis of the service of a press indicates that in the most general case the following three movements of the workpiece are manipulated:

- Upward vertical movement to remove the workpiece from the punch of the press tool;
- Horizontal movement to move the workpiece and position it over the next workstation;
- Vertical downward movement for placement on a pallet with finished details.

Similar movements, though not so precise, are required in the operations of automation of loading and removal of parts from stepping conveyors, automatic lines, etc.

The kinematic structure of the generated manipulator is planar and possesses an actively controlled degree of mobility (Fig. 2) providing motion of a working organ along a trajectory, very little distinguishable only in the horizontal transport section. It consists of two paralleled mechanisms with a common intermediate unit operating in a vertical plane. The first AD001 is mounted in a base fixed to the work machine and has an OA leading unit fixed to the drive shaft.

The second ADFC parallelogram mechanism has a hub-driven CAD-link and a working body attached to the EU output unit. The flywheel is equipped with flywheel counterweights which are additionally driven by a pneumatic cylinder. The cam is fixed to the base. The channel is symmetrical and consists of a straight section and two arcs of different radius for each of its branches.

An algorithm for stepwise research and visualization of the movement of the units of the mechanism has been developed. It consists of three parts:

• Movement of the working body in the vertical section of the trajectory. Here, the coordinates of the CAB describe the profile of the hub for the vertical elevation of the workpiece over the punches of the working tool. To make it technologically easier to make that part of the profile, it can be approximated with a part of a circle defined:

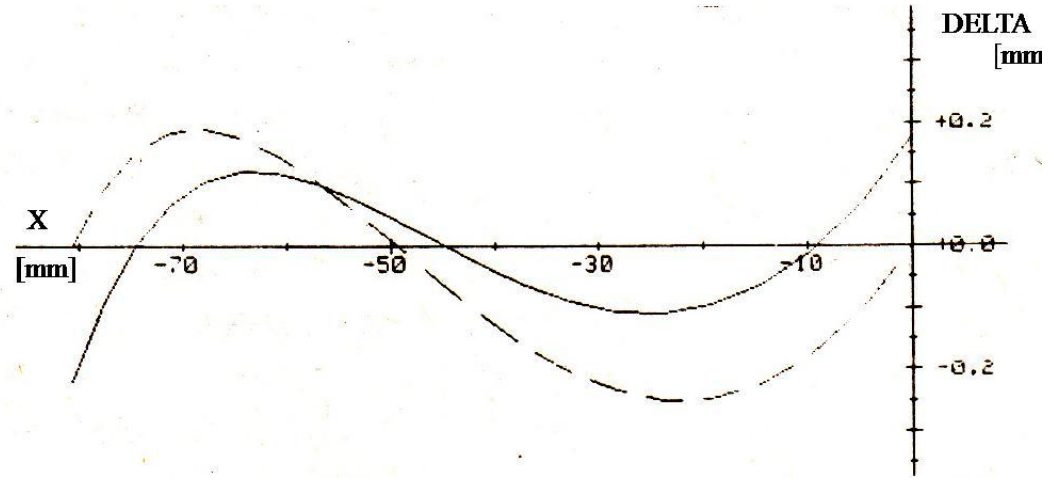


Fig. 2. Distribution of the error in two different ways to approximate the profile of the cam.

a/. From the coordinates of three different positions of the BC;

b/. By the smallest squares method, using the Chebyshev introduced by the so-called weight difference,

In Fig. 2 compares the error distribution resulting from the approximation by means of a circle defined by the coordinates of three appropriately selected points(shown with a broken line) and by the least squares method.

- Movement of the working body in the C2C3 section, the need for introduction and existence of these areas is dictated by the following considerations:
- Movement of the working body in the C_3C_0 for removal of the piece from the tool area and positioning it over the next work place (or palette with finished parts);
- Movement of the working body in the C_2C_3, section. The need for introduction and existence of these areas is dictated by the following considerations:

a/. For smoothness of the channel profile of the fixed, hump.

b/. To reduce the static and dynamic loads of the units and the transported part. Change of the equivalent kinematic diagram of the mechanism. In this region, the point B moves in an arc of a circle with a pre-selected radius.

3. Metric synthesis on a given workpiece trajectory

The goal we set in the metric synthesis is to determine the lengths of the manipulator units by the specified workpiece path determined by the requirements of the particular technological operation.

Let's look at two characteristic positions of the mechanism shown in Figure 3: the situation OAVF where angle $\boldsymbol{\varphi}_0$ is effected a change of direction of the working body, conveniently attached at point C and end position of the trajectory 0'A'V'S ' , which corresponds to the angle $\boldsymbol{\varphi}_n$ of the leading unit.

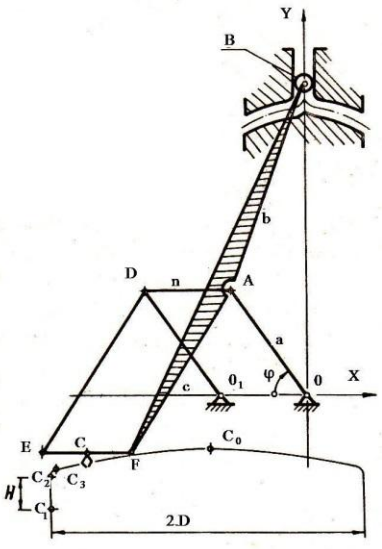


Fig.3. Kinematic scheme of the proposed mechanism.

If denote:

$M_n = \sqrt{c^2 - [D - a.cos\varphi_n]^2)}$ и $M_0 = \sqrt{c^2 - [D - a.cos\varphi_0]^2)}$, /1/

where $L = \sin(\varphi_n) - \sin(\varphi_0) =$

We can record the following dependencies:

$D = (b + c) - \frac{a}{b}.cos\varphi_0$ и $H = M_n - M_0 - a.L$ / 2/

In order to uniquely define the unknown lengths a, b and c with the set D, H, $\boldsymbol{\varphi}_0$ and $\boldsymbol{\varphi}_n$ so that the sum of the lengths of the units is minimal, we form the function:

$\Phi = w_1.(a + b + c) + w_2.[D - (b + c) - \frac{a}{b}cos(\varphi_0) + w_3.(H + M_o + .L - M_n)$, /3/

Where w_1, w_2 и w_3 are weighting factors proposed by Lagrange, reflecting the effects of the restrictions of the functions / 2 / on the value of the function Φ.

From (2) and (3) we form the following system of equations:

$$F_1 = D - (b + c)\frac{a}{b}\cos\varphi_0 = 0$$

$$F_2 = H + a.L - M_n + M_o = 0$$

$$F_3 = \frac{\partial\Phi}{\partial a} = w_1 - w_2\frac{b + c}{b}\cos\varphi_0 - w_3[L - \frac{N_n.\cos\varphi_n}{M_n} + \frac{N_o.\cos\varphi_0}{0}] = 0$$

$$F_4 = \frac{\partial\Phi}{\partial b} = w_1 - w_2\frac{a.c}{b^2}\cos\varphi_0 = 0$$

$$F_5 = \frac{\partial\Phi}{\partial c} = w_1 - w_2\frac{a}{b}\cos\varphi_0 - w_3.c\frac{M_0 - M_n}{M_n.M_0} = 0, \quad /4/$$

Where $N_o = D - a.\cos\varphi_0$ and $N_n = D - a.\cos\varphi_n$ with unknowns a, b, c, w_2 and w_3.

For the numerical solution of the system (4) we use the gradient method to solve nonlinear systems. By specifying the values of w_1 we can control the stroke length relative to the lifting height of the manipulated trajectory.

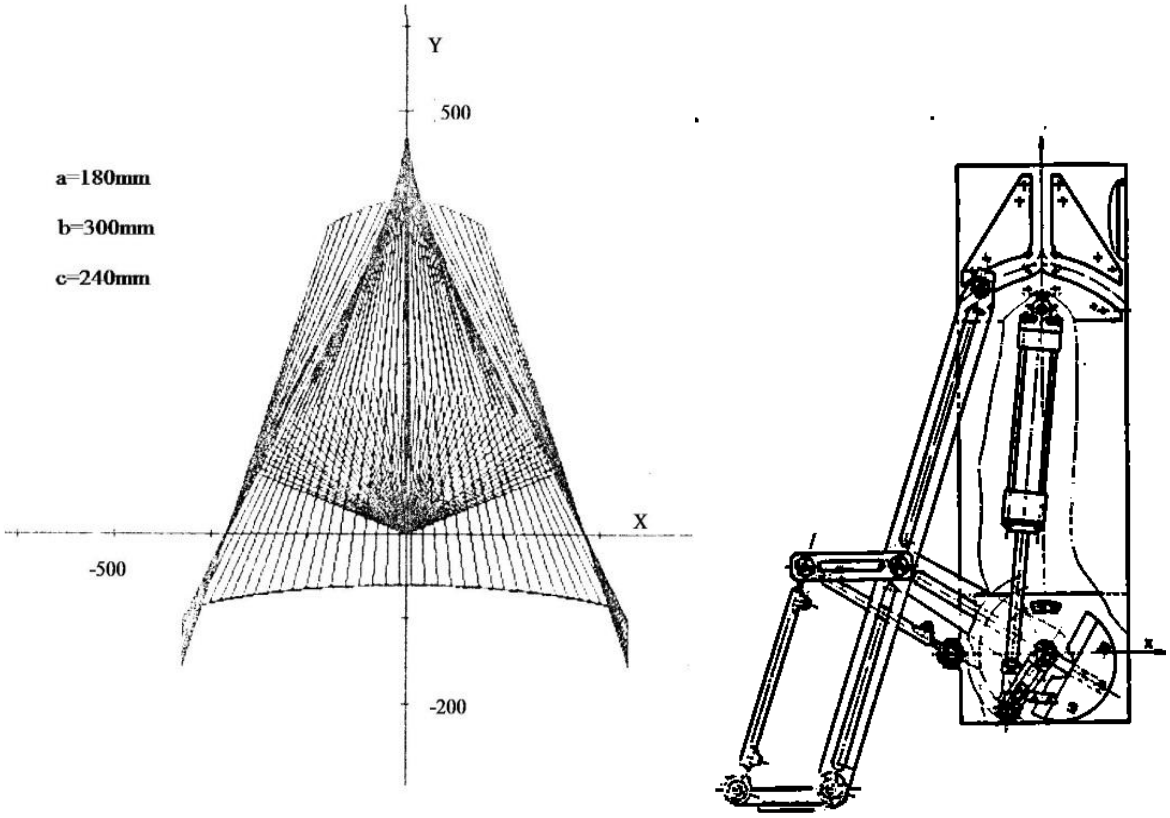


Fig.4. Example step action and CAD model of the proposed handler.

As a criterion for obtaining a sufficiently solution and finishing of the iterative process we use the requirement: $max\ F_i < \varepsilon, \varepsilon > 0$, where ε is preset small enough number.

An example of using the proposed metric synthesis approach on a given path by minimizing the sum of the lengths is shown in Figure 4.

The drive of the handler is performed at point O according to Fig.3 for DC motor with gearbox and end switches was used.

Using the system Strain Research "4000" the company VYSSAY - US and using three-component adapter the company ESA - FGR are made dynamic studies of the created model. Recognized for patent № 70 037 of 30/04/1984.

4. Conclusion:

The aim of this study was to create and optimize the structure and movements of a manipulator for loading presses processing sheet material. A review of the design of mechanical presses was made and the most typical movements for this type of operations were made. Based on the developed CAD model of the manipulator, stress distribution, deformation of its units was investigated. Mathematical optimization has been done with respect to the trajectory of movement of the manipulated part. A prototype was created to test the developed idea. The designed manipulator can be used where modernization and robotization of the press production of parts is needed, as well as in local applications for production adverse for human health.

In addition, the results obtained can be used to create other modifications of the proposed structure for the purpose of application and for manipulation operations.

References:
1. “Metal forming handbook”, Schuler. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1998.
2. P.C Panday, C.K. Singh, “Production Engineering and Science”, chapter -19 press tool design, page no477-527.
3. Prabhavalkar M.S at all “Design and Prototyping of Cam Based Power Press”, International Journal of Advanced Engineering Technology, volume-3, issue 1, January-March ,2012, 141-143.
4. R.K. Jain, “Production Technology”, chepter-29 power press, page no 806-824.
5. S.K Hajra Choudhary at all, “Element of Work Shop Technology”, chapter no-13 press and press work ,page no 487-512.
6. Khanna O.P., Lal M., A text book of Production Technology,,Dhanpat Rai Publications (P)Ltd., New Delhi, 2001.
7. IS 8064:2002, Bureau of Indian Standards, Manak Bhavan, 9 Bahadur Shah Zafar Marg, New Delhi.
8. Smith, D.A., Mechanical press types and nomenclature, MI, USA, 2005, 1-27.
9. Khichadia B.N ,C. Dipeshkumar. A Review On Design And Analysis Of Mechanical Press Frame.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА МАНИПУЛАТОР ЗА ЗАРЕЖДАНЕ НА ПРЕСИ

П. Райков

Резюме: *Целта на това изследване е изследване и оптимизация на структурата и движенията на манипулатор за зареждане на преси, обработващи листов материал Направен преглед на проектирането и анализа на механични преси и са изведени най-характерните движения за този тип операции. На базата на разработения CAD модел са изследвани разпределението на напреженията и, деформациите на звената му. Направена е математическа оптимизация по отношение на траекторията на движение на манипулирания детайл. Създаден прототип за проверка на разработената идея.*

Получените резултати могат да се използват за създаване и на други модификации на предложената структура с цел прилагането и за манипулационни операции.

Data Author:
Plamen Raykov, Assoc. Professor, Ph.D, engineer, Dead of Department “RAMIS”, Institute of Robotics – BAS, Sofia 1113, ул. Ac. G. Bonchev str., Bl.1, E-mail: Plamen.Raykov@abv.bg

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 5

“АВТОМАТИЗАЦИЯ НА МОНТАЖА”

АНАЛИЗ НА УСЛОВИЯТА ЗА МОНТАЖ НА ДЕТАЙЛ ТЕРМИЧЕН ЛОСТ.КОРАВИНА И ПРЕЦИЗНОСТ СРЕЩУ ЕЛАСТИЧНОСТ И АДАПТИВНОСТ

В. Митев

Резюме: *В доклада са разгледани възможностите за автоматичен монтаж на детайл "термичен лост" в изделие Автоматичен прекъсвач в несинхронна автоматична линия. Избран е метод за манипулиране и адаптивен монтаж и е предложена и конструирана необходимата монтажна техника.*

Ключови думи: автоматичен монтаж, позициониране, автоматично ориентиране.

1. Въведение

Редица фактори в производството, като технологичност на изработка, подмяна на износващи се работни повърхнини, ремонтопригодност и други, обуславят използването на множество градивни единици - детайли при дизайна на всяко изделие. Това налага в последствие и монтажа на детайлите в по-комплексни елементи - възли, функционални системи до ниво изделие. Най-общо монтажа може да се дефинира като позициониране и взаимно закрепване (фиксиране) на градивни единици (детайли и възли) в по-комплексни такива до постигането на определена функционалност- частична или пълна, изисквана от възела, системата или изделието. Взаимното разположение на два детайла, небходимо за монтаж, обикновенно се постига като се позиционира монтирания детайл спрямо предварително базиран основен детайл (възел).

От гледна точка на геометричните повърхнини, монтажа се извършва най-вече чрез сдружаване на:

1.1 Цилиндрични и конусни взаимнообхващащи се повърхнини.

1.2 Сдружаване на чела (плоски повърхнини) , напречно разположени на посоката на движение при монтаж.

1.3 Сдружаване на взаимнообхващащи се призматични повърхнини.

При 1.2 и 1.3 често се прибягва до щифтов тип взаимно позициониране, което се явява първия случай - т.е в преобладаващите случаи монтажа се свежда до напасване на цилиндрини и конусни повърхнини.

При този вариант на монтаж сглобката, която се образува може да бъде с хлабина или със стегнатост.

Винтовите съединения могат да бъдат причислени към цилиндричните с добавени допънителни условия за монтаж.

Те могат могат да бъдат със хлабина и от самонарезен тип, като всеки от двата варианта има собствени условия за осъществяване на монтаж.

При монтажа различаваме три фази:

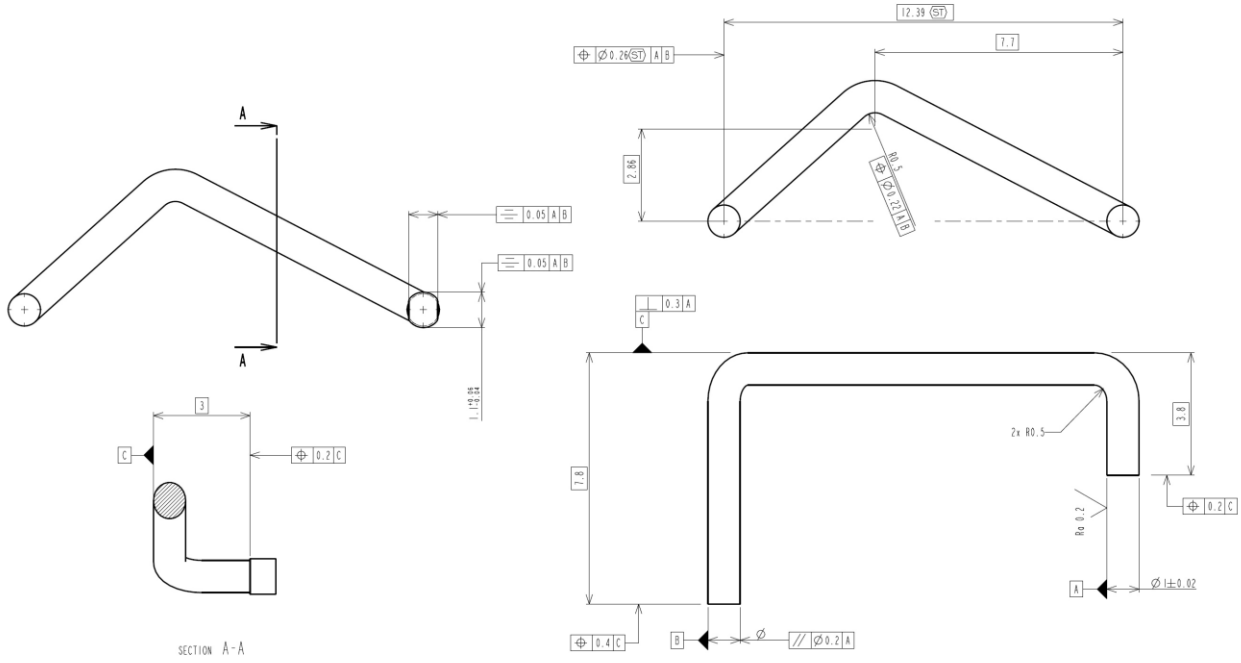
а.Свободно движение в пространството на един или двата детайла с цел позициониране и изпълнение на геометрични условия, обуславящи монтажа.

б.Процес на сдружаване - във фазата, когато детайлите (повърнините им) проникват един в друг със или без контакт и със или без монтажни усилия.

в.Приключване на монтажа - когато се изпълнят условията - силови или геометрични (упори или край на хода на монтажната техника).

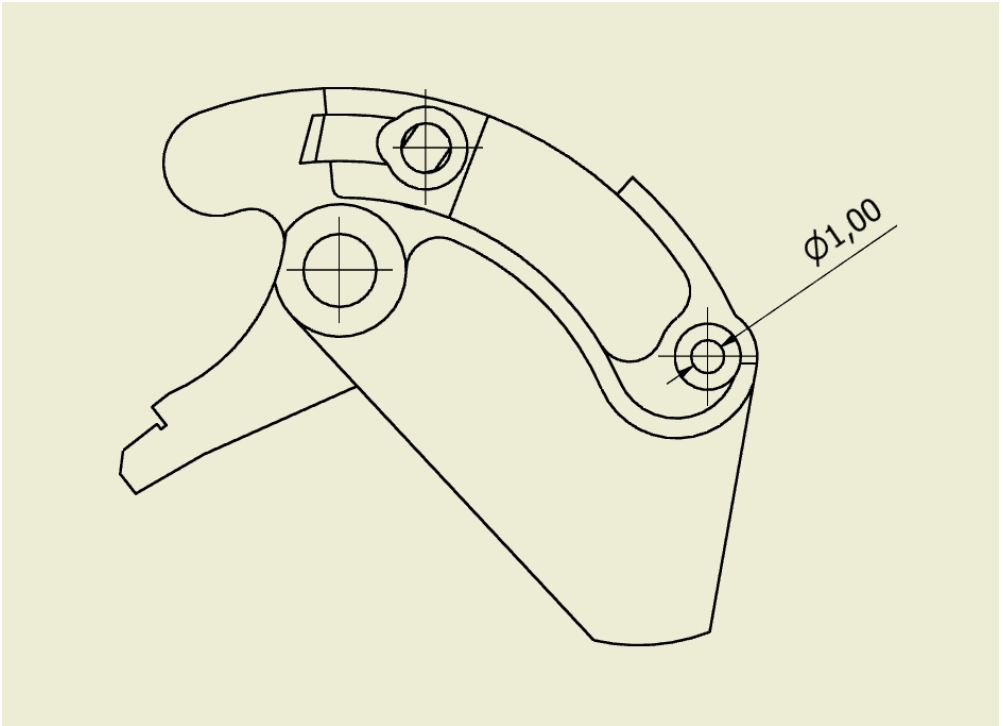
При тези три фази се различават процесите, както и необходимите условия за монтаж, които следва да се дефинират за всеки конкретен случай.

2. Оценка на условията за монтаж на детайл " термичен лост" в изделие Автоматичен прекъсвач в несинхронна автоматична линия

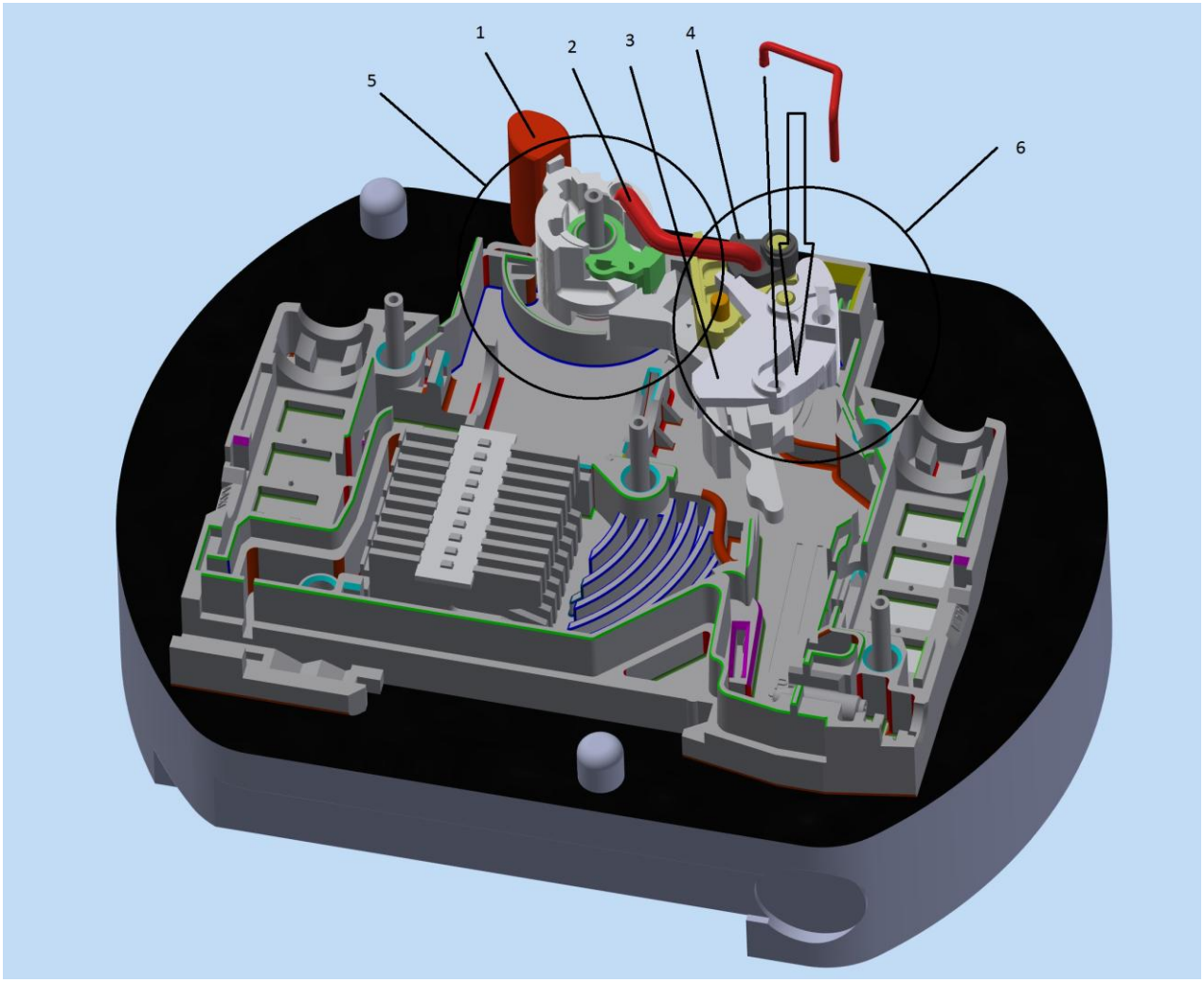


Фиг.1 Детайл "Термичен лост"

Детайл "Термичен лост" трябва да бъде монтиран чрез вертикално движение и сдружаване на цилиндрична повърхнина на късото вертикално рамо с прищипване (ф1,1), със отвора на детайл "401" фиг. 2, който е проходен ф1 мм.



Фиг.2 Детайл "401"



Фиг.3. Монтаж на детаил "Термичен лост" (ТЛ)

Сглобката е със стегнатост. Детайл "401" е от POM, детайл "Термичен лост" е стоманен с остър ръб от страната на монтаж. Втората страна на "ТЛ" се оставя свободна, като ограничението е да бъде в междината м/у другите детайли и да не контактува с тях.

На отвора ф1 мм на детайл "401" има фаска 1х45 градуса.

Монтажа се извършва на несинхронна монтажна линия, като детайл "401" е част от възел фиг. 3 поз 6.Същия детайл има теоретично 1 степен на свобода, която е подпружинна ротация (еластична) около големия му отвор. Освен това тя е частично зависима от движението на детайл поз 4 (фиг 4), който има поне 3 устойчиви състояния и е зависим от своя страна от лост 3 (фиг.4) и позицията на възел 5 (фиг. 3). Корпусния детайл е монтиран на щифтове на спътник, който се базира на всяка монтажна позиция. Допълнително влияние в/у позицията на отвор 1 (фиг4) на детайл "401" оказват и хлабините за монтаж да възел 5 и възел 6 (фиг 3), които са едностранно монтирани в основния корпусен детайл, а осигуряващия им стабилност капак (втората страна на осите) все още не е монтиран.

Така точната позиция на отвор 1 на детайл "401" зависи от следните факрори:

f1. Грешката от базиране на спътника по щифтове поз. 5 и 6 (фиг.4) хлабина (в отворите на базиращото устройство) ;

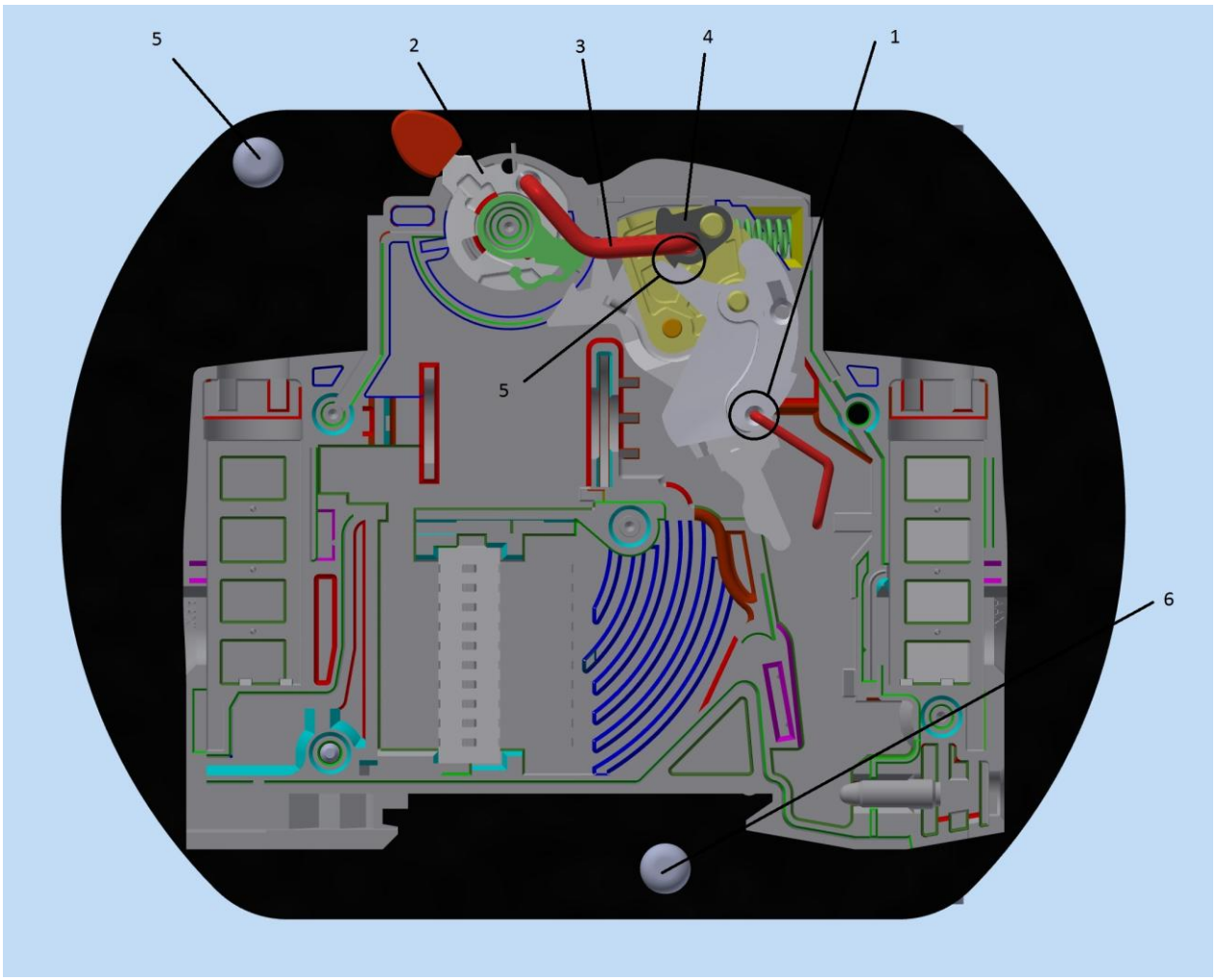
f2. Грешките при изработка на позицията на базиращите щифтове на спътниците (спътник към монтажна позиция), които са над 50 броя. (повторяемост при изработка);

f3 Грешките при базиращите детайла щифтове (детайл към спътник);

f4. Позицията на лост 2(фиг. 4) ;

f5. Позицията на детайл 4(фиг 4) (многовариантност);

f6. Отклоненията от формата и размерите на всички участващи детайли, които са преобладаващо полимерни, а лостовете 3 (фиг. 4) и детайл "401" са от пружинна стомана и съответно реалната форма зависи от съответната партида.



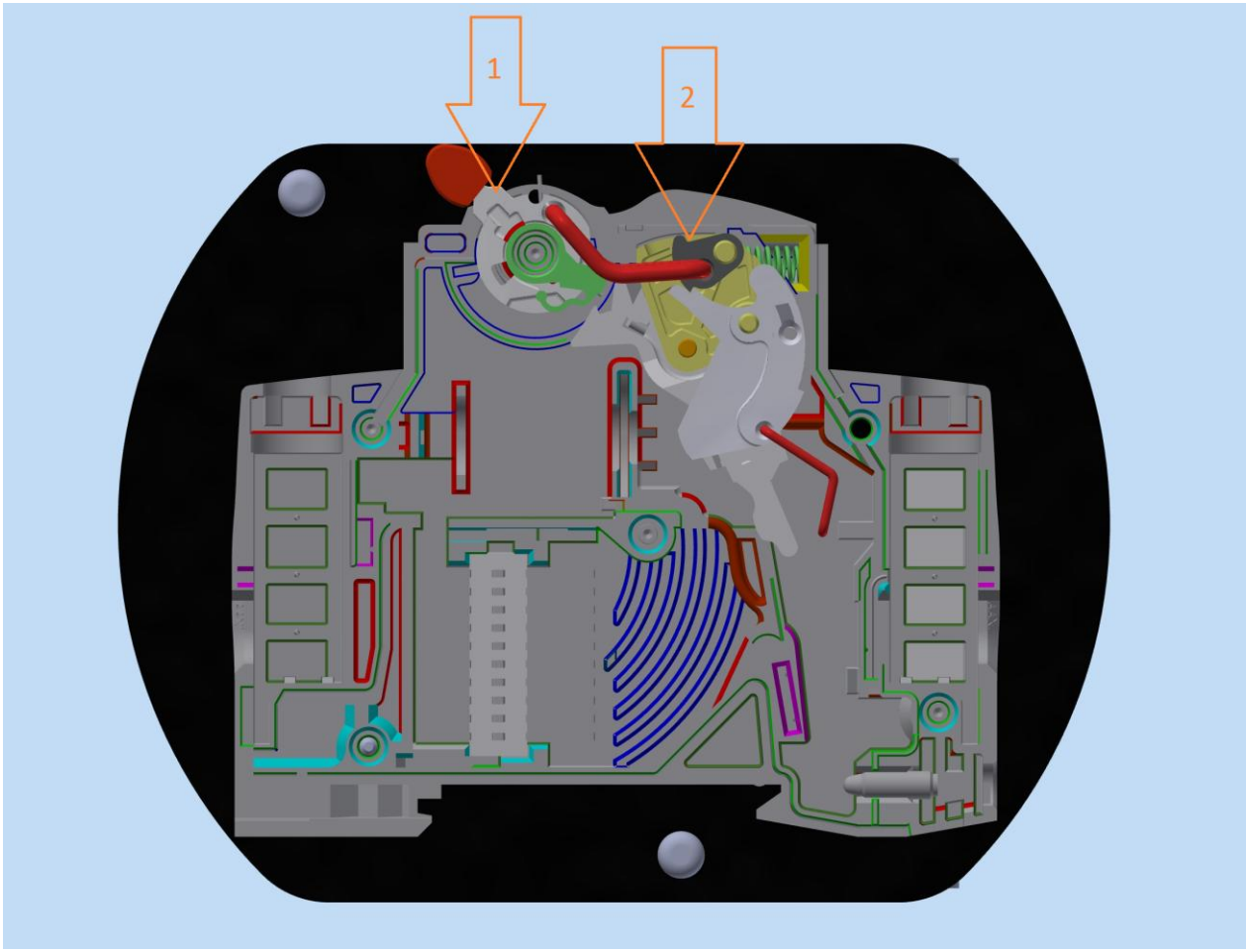
Фиг.4

Неопределеността на позицията на f4 и f5 се премахва посредством използване на пневматични фиксиращи устройства(фиг 5), чрез които се отнема степента на свобода на дет "411".

Сумарната грешка в позицията, причинена от останалите фактори е максимум 0,6 мм напречно на радиуса м/у оста на ротация и монтажния отвор.

При този тип фиксация грешката в позицията на оста на отвора "411" не трябва да надхвърля ф 0,2мм - за се осъществи монтаж. Причината е в начина на водене на детайл термичен лост във вибропът и в отсекател и челюстите за захват на манипулатора. (фиг 6).

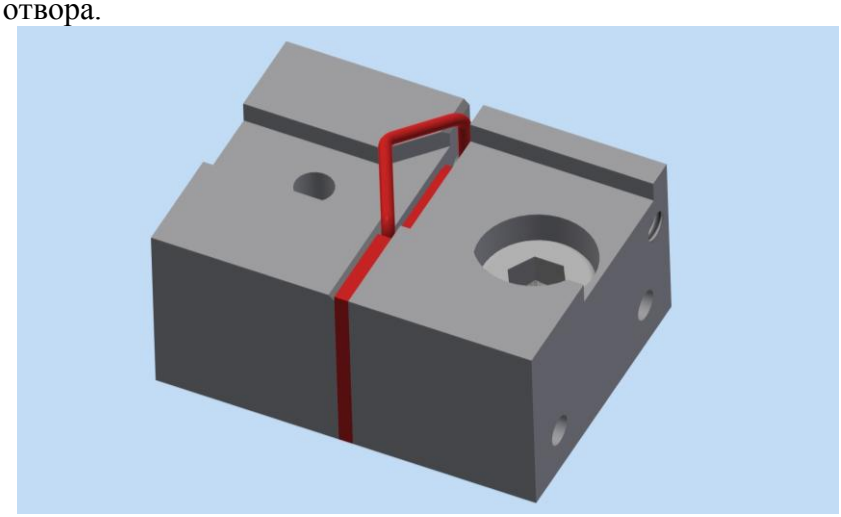
Поради отстоянието на захвата от оста на монтаж и малкия диаметър на детайл "термичен лост", при монтажното усилие на манипулатора и пластичния материал на дет. "401"се получава задиране и деформация на "термичен лост". В този случай чрез прецизно позициониране, монтажа е невъзможен.



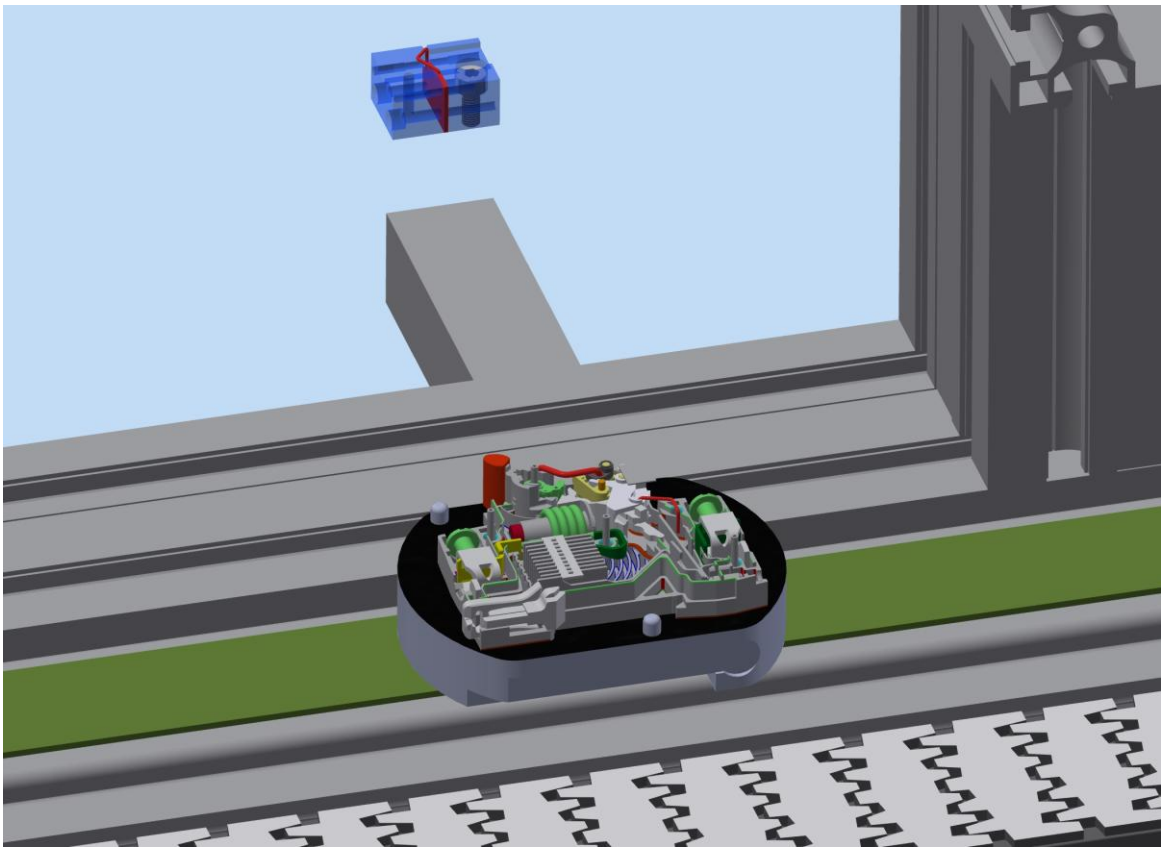
Фиг.5 Места на фиксиране с пневматични устройства

Решението на проблема е в непълното фиксиране чрез фиксатор 2 (фиг 5), като се оставя хлабина 0,5 мм, преди зъба поз.5 (фиг.4) да блокира напълно движението на детайл "411"около оста на окачване.

Това позволява движение на детайл "411", под въздействието на напречна компонента на монтажното усилие по порърхността на конуса на фаската, като се получава адаптивност до намиране на отвора.



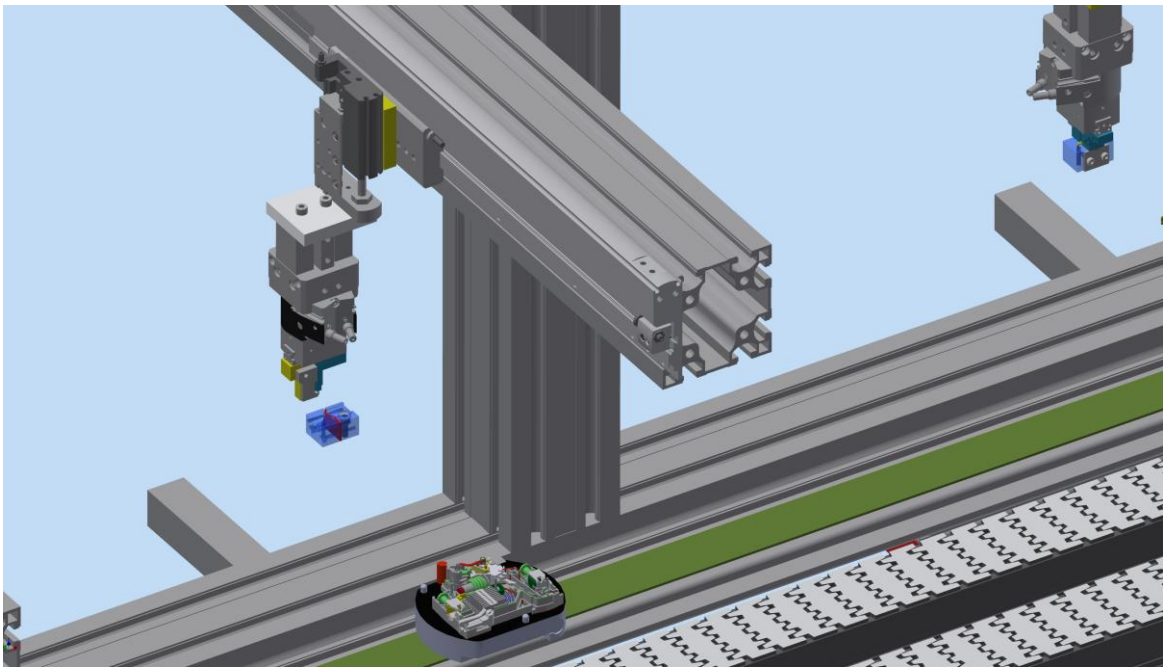
Фиг.6 Позициониране на детайла в отсекател



Фиг.7 Отсекател след вибротранспортьор

Манипулатор

Теглото на детайла е 0,15 грама и манипулатора, изграден с пневматика от фирма FESTO се използва и в трите фази на монтаж (фиг.8). Същият има 4 оси -X,Z,ротация и хващач и позволява прецизна настройка във всички крайни точки на движение.. Челюстите на хващача са конструирани по начин, предполагащ самопозициониране при захват.



Фиг.8 Манипулатор с 4 степени на свобода

4. Изводи

- Намерено е решение за автоматичен монтаж с повишена надеждност, чрез използване на адаптивност.
- Маркирани са темите за по-нататъшно разработване на подход за анализ и конструиране на системи за монтаж.
- Конструирана и изработена е система за манипулиране и адаптивен монтаж.

Литература:

1. Гановски, В.С., И.К.Бояджиев, Т.Д.Нешков, Ц.Л.Цветков. Механизация и автоматизация на монтажните процеси в машиностроенето. София, Техника. 1986.
2. Гановски, В.С.,Бояджиев, И.,Нешков, Т., Генчев,Г., Рашер, Б. Технически средства за механизация и автоматизация на сглобяването.София ,Техника 1990.
3. Малаков,И. Нискостойностна автоматизация на дискретното производствоТ.У София 1990
4. Fraunhoffer inst. Handhabungstechnik I. 2010
5. Henrich Krahn - 1000 Konstruktionsbeispiele fuer die Praxis 2. Auflage (2007)
6. Stefan Hesse Grundlagen der Handhabungstechnik 2006

ANALYSIS OF THE CONDITIONS FOR ASSEMBLY OF PART "THERMIC LEVER" STIFFNESS AND PRECISION AGAINST ELASTICITY AND ADAPTIVITY

V. Mitev

Abstract: *In the material are reviewed the possibilities for automatic assembly of part "thermic lever", part of an automatic circuit breakers assembly, in an asynchronous automatic production line. A method with manipulative and adaptive assembly is chosen and a design of the necessary machine equipment is suggested.*

Данни за автора:

Вълко Запрянов Митев, магистър, конструктор във фирма "КМС Иженеринг ООД" гр. Пловдив e-mail: office@kms-e.com

ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМА ЗА ОРИЕНТИРАНЕ НА ДЕТАЙЛИ С АКСИАЛНИ БЕЛЕЗИ

П. Митев

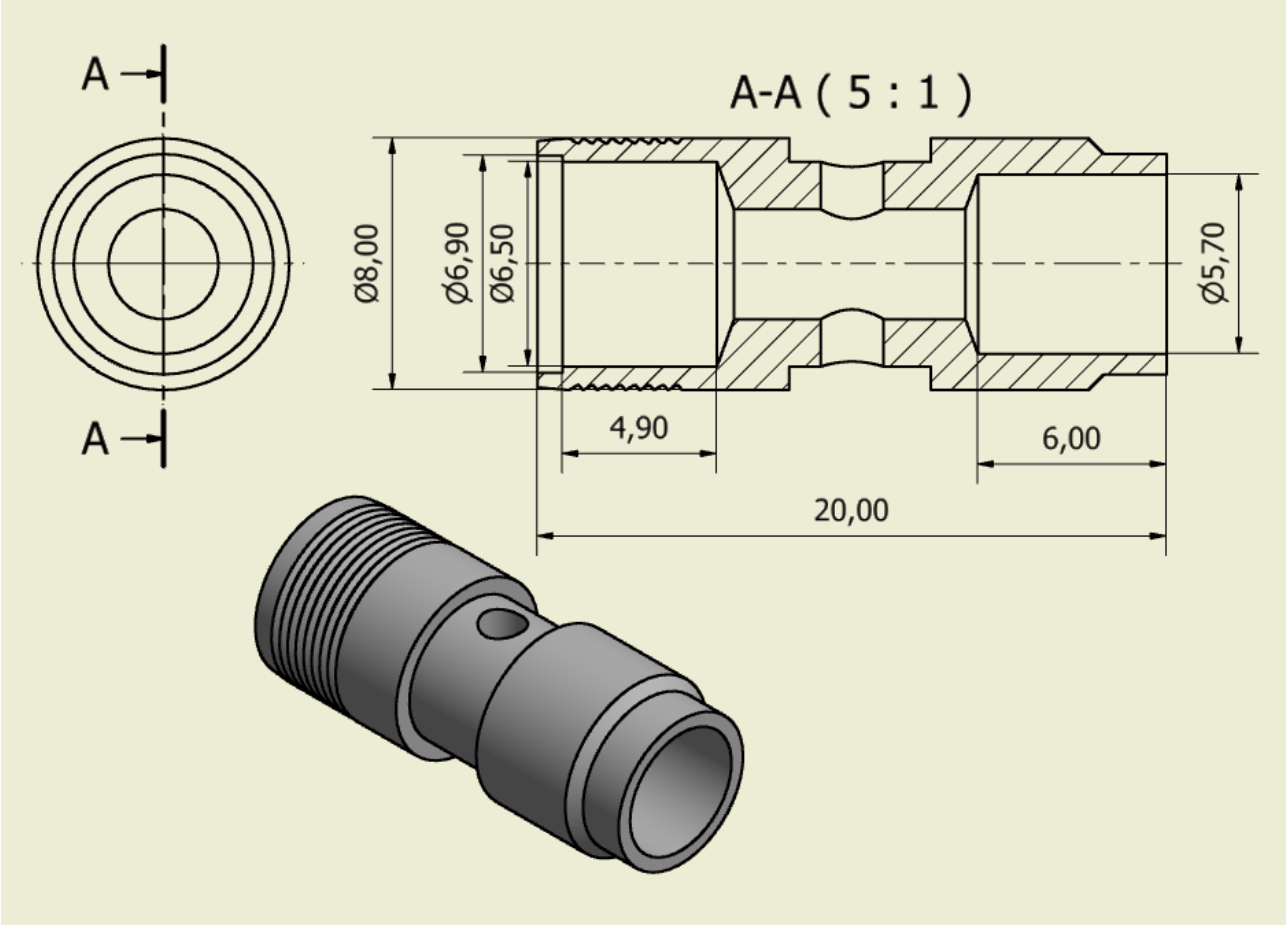
Резюме: *В докладът са представени задачите, свързани с ориентиране на детайл с аксиален белег, особеностите на този тип детайли и е предложена система за ориентиране и система за управление към нея. Разгледани са и други примерни системи за подобни детайли.*

Ключови думи: автоматично ориентиране, вибробункери, детайли с аксиални белези.

1. Въведение

Детайлът, обект на настоящият доклад, е показан на фиг. 1. Представлява втулка, размери Ф8 х 20 mm. с различни диаметри на отворите от двете страни. От едната страна отворът е Ф5,7 mm, а от другата - Ф6,5 mm. Условно, за целите на доклада, детайлът ще се нарича "втулка".

Целта е да се проектира система за ориентиране на детайлите при съобразяване с необходимата производителност - 30 детайла / минута и желаната ориентация. Детайлите трябва да излизат с отвор "Ф6,5" надолу.



Фиг. 1 Чертеж на детайла

Изискванията за производителност на автоматичната ориентираща система са 30 детайли / минута, което означава 2 сек / детайл.

2. Оценка на пригодността на детайла за автоматично ориентиране

За оценка на степента на пригодност на детайлите за автоматично ориентиране е използвана методиката за количествена оценка на технологичността на конструкцията, разработена в катедра "Автоматизация на дискретното производство" [2]. Получените резултати от прилагане на метода са показани в Таблица 1.

Табл. 1

Степен N	Характеристика	Код
Степен I	Асиметрия на вътрешната конфигурация, метален	*4 000 000*
Степен II	Свързващи се по механичен път	*600 000*
Степен III	Прътови, феромагнитни	*10 000*
Степен IV	Кръгъл, прав	*1 000*
Степен V	Две равнини на симетрия	*500*
Степен VI	С централен гладък отвор	*50*
Степен VII	Отвор напречно на главната ос, "глух"	*7*
Кодов номер на детайла		*2 693 518*

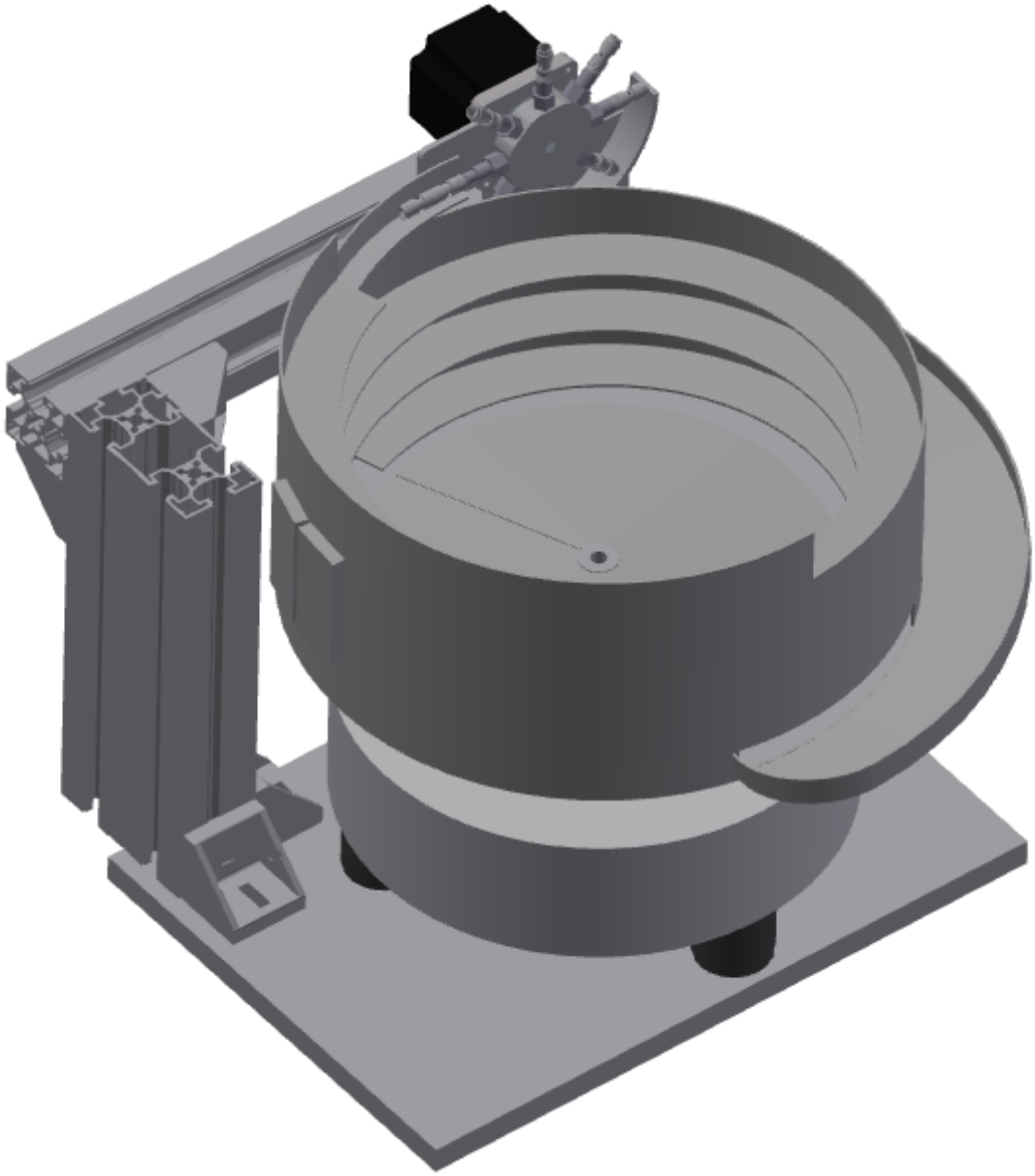
Както Сумарната балова оценка (сумата от цифрите на кодовия номер на детайла) е $b = 29$. Детайлът попада в категория 3, висока сложност на автоматизацията. Следва да се направи подробен анализ на възможностите за ориентиране. Следва да се провери и технико-икономическата целесъобразност на проектното решение [2].

3. Проектиране на система за ориентиране

Поради наличието на отворите от двете страни на детайла е целесъобразно да се търси вариант за аксиално ориентиране. Този тип ориентиране се прилага за детайли, при които е налице аксиален белег, например отвор от едната страна или канал/жлеб, чрез който детайла може да се закрепи на ориентиращия шип. Когато са налице два аксиални белега, следва да се анализира разликата между тях и да се предвиди така, че детайлите да попадат върху ориентиращото устройство само чрез единия си белег.

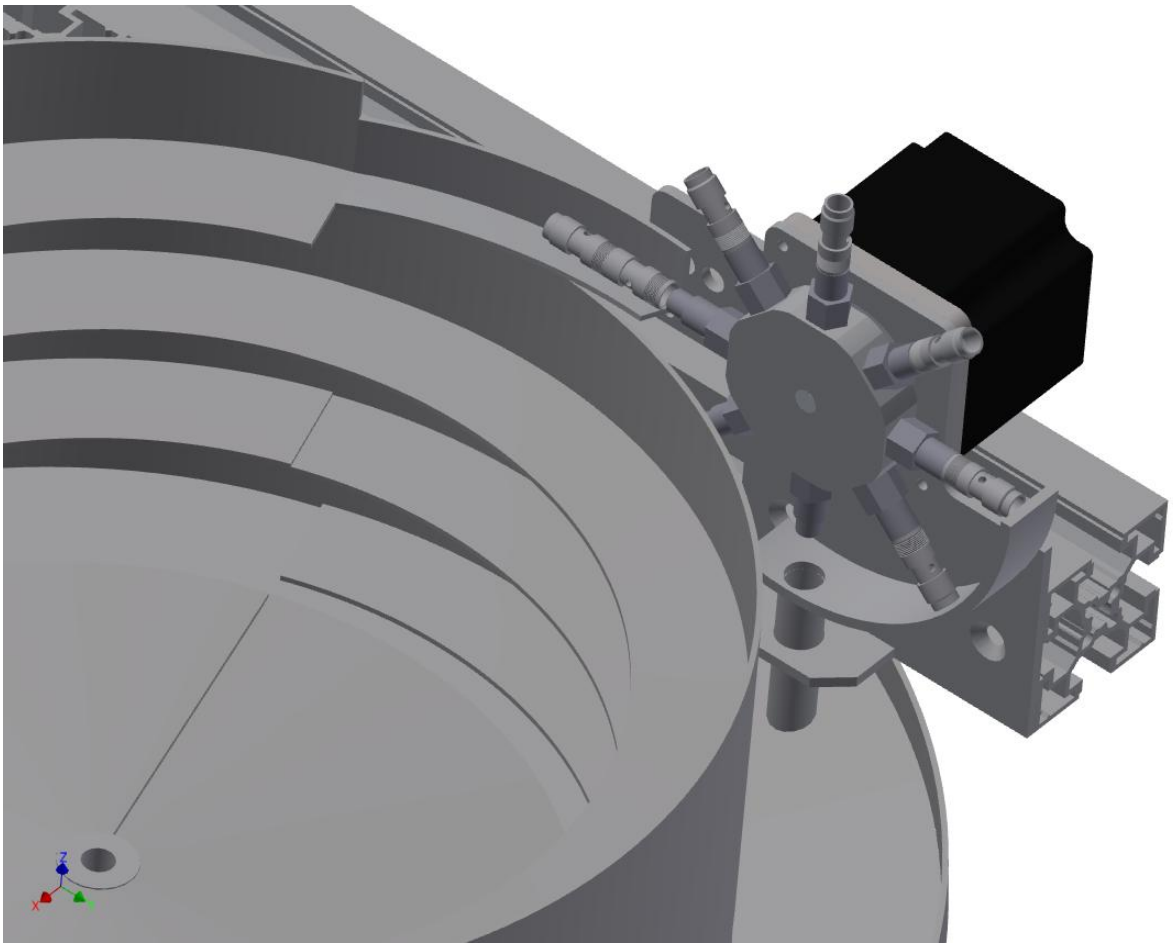
Системата за ориентиране на детайл "втулка" се състои от вибробункер, със задвижване Ф250 и неръждаема чиния Ф300 mm. Посоката на въртене на чинията е "по часовниковата стрелка" (ПЧС). Ширината на пътеките е 24 mm. Извън чинията е закрепена периферия, която събира неправилно ориентираните детайли и ги връща в чинията. Устройството е разположено върху алуминиева плоча чрез 3 бр антивибрационни тампони, които предотвратяват предаване на вибрации към машината.

На изхода на вибробункера е разположен ориентатор, който представлява диск храпов механизъм с 8 позиции. На всяка позиция е разположен шип, на който детайлите се нахлузват аксиално. Задвижва се от стъпков мотор, който се управлява от стъпково управление. Завъртането на една стъпка е около 45°. Шипът е изработен с диаметър Ф6,3 mm, което означава номинално 0,2 mm хлабина в диаметър при закрепването на детайла.



Фиг. 2 Общ вид на системата за управление

В машиностроенето често толерансите на размери и отклоненията от форма са тема, която се пренебрегва при проектирането на изделия. Случва се дори, в началото на проекти да се предоставят избрани качествени образци, след което реалното производство да е с отклонения, които надхвърлят предвиденото по време на процеса на проектиране. Ето по тази причина е необходимо, преди начало на проекта, да се съгласуват стойностите на важните размери, участващи в процеса на ориентиране и да се извърши двустранно формализиране (подпис и печат) с Възложителя. В конкретния случай, важни са толерансите на отворите Ф6,5 mm и Ф5,7 mm. Ако например се окаже, че отвор Ф5,7 mm е извън толеранс с Ф0,5, то неговата резултатна стойност ще бъде Ф6,2 mm, което е опасно близо до Ф6,3 mm, което е диаметърът на шипа. Това означава, че има риск за грешно ориентиране - детайлите да попаднат обратно.



Фиг. 3 Близък план на 8-позиционен храпов механизъм

На фиг. 3 е показан в близък план храповият механизъм с диска с шипове. Детайлите се движат на изхода на вибробункера един зад друг, като е възможно да се движат и два заедно (размерите на детайла са такива, че размерът Ф5,7 mm влиза свободно в Ф6,5 mm). От грешките в толерансите на отвора Ф6,5 mm понякога е възможно е детайлите да се закрепят заедно по тази си страна. По тази причина е предвидена периферна ламарина, която позволява преминаването само на един детайл. Ако по някаква причина детайлите са 2 бр заедно, то вторият се удря в тази ламарина и попада обратно в чинията. Решението отново е следствие, а първопричината е производствените толеранси на детайлите.

В близост до шипа са разположени 2 бр оптични датчици. Единият служи за "наличие на детайл", а другият оценява дали детайлът е ориентиран правилно. Това се получава благодарение на разликата в диаметрите на отворите. Ако детайлът е правилно ориентиран, той се нахлузва на шипа Ф6,3 mm и се придвижва по-напред. Ако обаче се е ориентирал с отвора Ф5,7 mm напред, не може да се нахлузи на шипа и в резултат остава по-назад и се засича от оптичния сензор.

Изхвърлянето на неправилно ориентираните детайли се извършва чрез дюза. Контролерът следи комбинацията от оптични датчици и при неправилно ориентиран детайл, дава сигнал към дюзата.

Правилно ориентираните детайли с отвора Ф6,5 mm, попадат върху шиповете и след необходимия брой завъртания, се извеждат от устройството, завъртени с отвора Ф5,7 mm. Тоест, дискът извършва допълнително ориентиране, като завърта детайла на 180 °. Готовите втулки се подреждат вертикално в неръждаема тръба, която играе ролята на магазин.

Реалната система е показана на фиг. 4



Фиг. 4 Реална система

4. Система за управление

Системата за управление се състои от:

- Електронно управление за вибрационни устройства (за вибробункера)
- Управление за стъпков мотор
- Програмируем контролер

Сензори:

- Оптичен сензор за "наличие"
- Оптичен сензор за "оценка на ориентирането"
- Индуктивен сензор - по него се извършва връщане в нулева точка на стъпковия двигател. Също така, по време на движение, може да се използва този режим за управление на стъпковия мотор, вместо точни позиции. По този начин се избягват грешките от изработката на диска с шиповете и разлики в градусите около 45, което е номинално.

4. Други примери

На фиг. 5а е показана система за ориентиране на аксиален детайл "щифт". Детайлът представлява щифтовете на шуко щепсел на 220VAC. Ориентирането е част от проект за монтажна машина за тези щифтове. На тази машина се извършва пробиване на глух отвор, нарязване на резба М3 и автоматично навиване на винт. Детайлът попада на позиция, в гнездо на въртяща делителна маса.

На фиг. 5б е показана система за ориентиране на пластмасови конектори, част от монтажна машина за дървени релси и пластмасови детайли. Детайлът има аксиален белег канал. Особеното в случая е, че без значение как точно ще застане детайлът, при движението на механизма той се центрира. Отново се извършва ротация на 180 °.



Фиг. 5а



Фиг. 5б

Общото при системите от фиг. 5а и фиг.5б е, че индексирането се извършва чрез пневматичен цилиндър, за разлика от системата за втулки, която се задвижва от стъпков мотор. При пневматичното задвижване, неудобството е, че позициите на индексиране са фиксирани, а и конструкцията е натоварена с други механични детайли, като оси, пружини и втулки и в резултат конструкцията има по-малък живот.

5. Изводи

- Разгледани са особеностите на ориентиране при детайли с аксиални белези.
- Предложена е примерна система за ориентиране с вибробункер, ориентатор със стъпков мотор и система за управление.
- Толерансите на размерите, които участват в ориентирането, както и отклоненията от форма на детайлите са важно условие за проектиране и изработка на надеждни системи за ориентиране.
- Разгледани са други примери за ориентиране по аксиални белези.

Литература:

1. Гановски, В.С., И.К.Бояджиев, Т.Д.Нешков, Ц.Л.Цветков. Механизация и автоматизация на монтажните процеси в машиностроенето. София, Техника. 1986.
2. 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.
3. 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.
4. Geoffrey Boothroyd, Assembly Automation and Product Design ISBN 1-57444-643-6
5. Stefan Hesse,Rationalisation of small workpiece feeding. Orientating, sorting, checking and feeding . 2000 by Festo AG & Co.
6. Handbook of Feeding and Orienting Techniques for small parts G.Bootroyd, C.R. Poli, L.E Murch 1978
7. И. G. Бляхеров, Г. М. Варьяш, и др. Автоматическая загрузка технологических машин 1990 г

DESIGN OF A FEEDING SYSTEM FOR PARTS WITH AXIAL FEATURES

P. Mitev

Abstract: *In the material are reviewed the problems related to feeding of parts with axial features, the special peculiarities of these parts as well as a feeding system with control system are proposed. Other examples of similar systems are also reviewed.*

Данни за автора:
Пенко Вълков Митев, магистър, конструктор във фирма "КМС Иженеринг ООД" гр. Пловдив e-mail: office@kms-e.com

АВТОМАТИЧЕН МОДУЛ ЗА РАБОТА В АВТОНОМЕН РЕЖИМ КАТО ЕЛЕМЕНТ НА КИБЕР ПРОИЗВОДСТВЕНА СИСТЕМА

П. Томов, Д. Рачев

Резюме: *Индустриалните компании вече работят в условията на все по нарастваща глобална конкуренция, изискваща и налагаща вече нови условия за намаляване на времето и разходите за производство. Всичко това заедно с изискванията за по-ефективно използване на ресурсите и повишените изисквания за гъвкавост и скорост на производствените процеси значително увеличават сложността на съвременните производствени системи. Целта на настоящата статия е да се предложат решения за приложение на автоматични модули с висока надеждност и възможност за работа в автономен режим, като вградени системи в кибер производството на smart фабриката. За да могат в бъдеще фирмите устойчиво да съществуват в тази динамична среда те трябва не само да повишават своята производителност и гъвкавост на процесите, но и основно да изменят своята стратегия на технологично развитие в насока на интелигентните производства.*

Ключови думи: Автоматични модули, кибер физични системи, интернет на нещата и интернет на услугите, “интелигентни фабрики” (Smart Factory).

1. Въведение

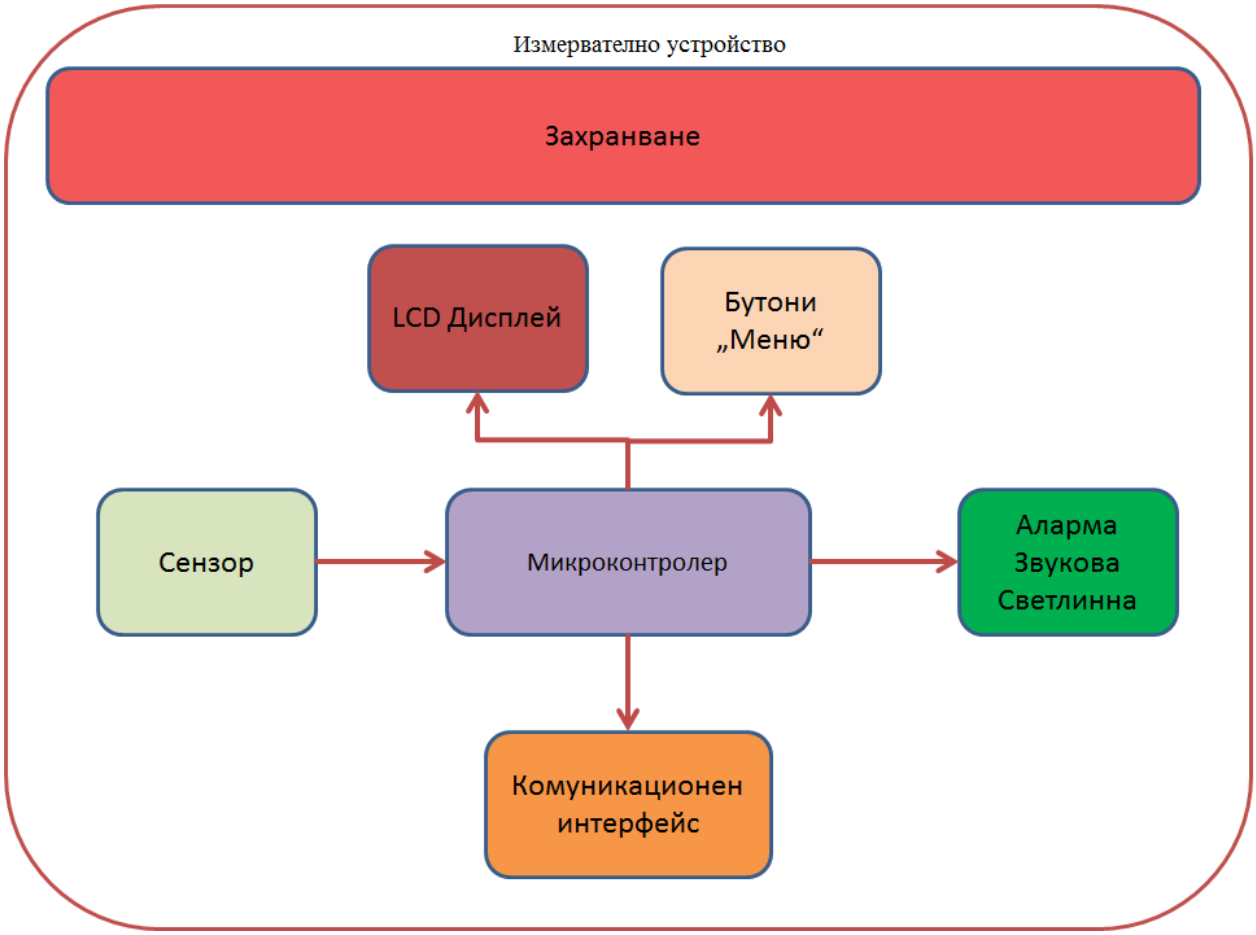
Обвързването на технологичните процеси с високата степен на автоматизация вследствие на технологичното развитие на информационните и комуникационните технологии поставят нови предизвикателства пред индустрията. Тези технологии стават вече основа за изграждането на така наречените "интелигентни фабрики" (Smart Factory), които се характеризират с интеграция, на клиенти и партньори в бизнес процесите с добавена стойност. В рамките на тази световна стратегическа инициатива се цели да се използва водещата роля на индустриалните информационни технологии, които в момента са революционния етап на развитие на човешкия прогрес. Оперативната съвместимост и използване на интелигентните производства става възможно да се обменя реална информация за по-добро задоволяване на потребителските изисквания. Това гъвкаво развитие ще доведе и до по-голяма индивидуализация при предоставянето и ползването на интелигентни и съобразени с конкретните нужди индустриални продукти и услуги. Автоматичните технологични модули с възможност за работа в автономен режим ще бъдат градивните единици на интелигентните производства.

2. Автоматичен модул за измерване на температура и влажност

Автоматичния модул за измерване на температура и влажност е предназначен за производства, където произвеждания продукт в определени но различни интервали от неговата обработка се нуждае от гъвкаво протичане на технологичния процес в определени температурни граници и автоматичен избор на ниво на влажност. По своята същност този модул е саморегулиращ се, и може да бъде включен като компонент на кибер производствена система. Той е високонадежден и е с възможности на самостоятелно, или децентрализирано управление.

2.1. Конструкция на автоматичен модул за управление на технологичните показатели –температура и влажност.

Автоматичния модул за измерване и регулиране на температура и влажност се състои от сигнална колона за светлинен и звуков сигнал, контролер и дисплей, комбиниран сензор за температура и влажност който се намира вътре в работната зона, дисплей които показва текущите стойности (температура и влажност), при излизане от зададените гранични стойности колоната свети червен сигнал и се включва аварийният звуков сигнал, а при нормална работа колоната свети зелен сигнал. На фиг 1 е показана блоковата схема на измервателното устройство.



Фиг. 1 Блокова схема на автоматичен модул

2.2. Производствени възможности.

Автоматичния модул за управление на температура и влажност е проектиран и внедрен с работни параметри,както следва:

- Измерва температура в границите : 15°C ÷ 35°C . С грешка на измерването при температурата ±0. 4°C
- Измерва влажност в границите : 20% ÷ 85%. С грешка на измерването при влажността ±2 %
- Работно напрежение на контролера 5 V
- Работно напрежение на Сигналната Колона 24 V

След установяване в работен режим системата е настроена да работи гъвкаво в определени диапазони на температура и влажност. За настройване на желаните параметри, след влизане в режима за настройка (светва зеления свето-диод) самата настройка се прави от бутоните за управление на меню. На първият ред на дисплея е показана максималната стойност до която да отчита, а на вторият ред е показана минималната стойност. С помощта на останалите 4 бутона означени със стрелки насочени надолу, нагоре, наляво и надясно се променят текущите стойности като с бутоните нагоре и надолу се променят стойностите а наляво и надясно се избират полетата които да бъдат променени.

При натискане на бутон Enter повторно се влиза в меню влажност, където по същия начин, както при температурата се променя минималната и максималната стойност за влажноста. На фиг. 2 е показан дисплея за настрока в режим температура, а на фиг. 3 в режим настрока на влажност. За запис на зададените стойности се използва бутон Enter. При престои в меню повече от 20 сек. системата автоматични излиза от режим меню и настройките се запомнят.



Фиг. 2 Дисплей за настройка на температура



Фиг. 3 Дисплей за настройка на влажност

За предпазване от нежелателни промени на зададените стойности, след задаването им с бутона “SETUP ON/OFF” се заключва системата, което блокира всички бутони за управление на менюто. Така системата работи в нормален режим.

Ключа позволяващ работа в режим настройка може да се използва само от оторизиран персонал.

Когато измерваната температура или влажност излезе от зададените по-горе стойности се включва сигналната колона в авариен режим (включва се червената светлина и звуков сигнал). Системата е свързана към управляващата среда на „Sensata“ и на определен интервал, изпраща данни с текущите стойности към базата данни.

2.3. Светлинни индикаци на състоянието на системата.

Светлинните индикаци показващи състоянието на системата са:

- нормален режим на работа - зелена светлина и двата светодиода не светят
- режим настройка - свети зеления светодиод
- изключена звукова сигнализация - свети жълтия светодиод
- системата е извън зададените стойности.- червената светлина на колоната

Автоматичния модул може да работи и в автономен работен режим като компонент на кибер физична система. Да се изпълни тази технологична функция трябва да се създадат такива условия при които всички входни и изходни информационни връзки на автоматичния модул да са съвместими с кибер информационата система на smart фабриката. Това означава пълна верткална и хоризонтална интеграция на компонентите на ителигентната производствена система. При тези условия автоматичния модул ще може безпроблемно да комуникира с всеки един от компонентите на smart фабриката, по всяко време в он лайн режим.

3. Заключение

Въвеждането на автоматични модули с възможност за автономен режим на работа в индустрията ще наложи бърза и пълна автоматизация на производствените процеси. Всъщност тази концепцията включва и нови кибер системи които могат качествено да променят бъдещите производствени, и работни процеси Това предполага едно ново ниво на организация и управление на цялата верига на стойността, която се ориентира към индивидуализирани потребителски желания. По същество се разширява веригата на добавената стойност в целия жизнен цикъл на продуктите в т.ч. идеята, договорът за разработването, производството, доставката на даден продукт и рециклиране, включително свързани с тях услуги. Фирмите в бъдеще ще започват да ползват своите машини,оборудване и системи за складиране на производствени средства като Кибер-физични системи в мрежовия свят. По този начин се свързват вградени системни производствени технологии(автоматичните модули) и интелигентните производствени процеси, за една нова технологична реалност. Интелигентната индустрия е технологичната еволюция от вградените системи към кибер-физическите системи.

Литература:

1. [Projektträger DLR, 8. 1. 2013] [T. M. Böhler:Индустрии 4. 0 – Smarte Produkte und Fabriken revolutionieren die Индустрии. In: Produktion Magazin, 10. Mai 2012].
2. http://www.ipnetcontrol.net/bg/item-accessories-bg/hds300
3. https://amphenol-sensors.com/en/thermometrics/ptc-thermistors

AUTOMATIC AUTONOMOUS MODULE AS A PART OF CYBER MANUFACTURING SYSTEM

P. Tomov, D. Rachev

Abstract: *Industrial companies are already working in a context of growing global competition, requiring and imposing new conditions for reducing time and production costs. All this together with the requirements for more efficient use of resources and increased requirements for flexibility and speed of production processes greatly increase the complexity of modern production systems.*

The purpose of this article is to provide solutions for the use of high reliability and autonomy automated modules such as embedded systems in the cyber industry of the smart factory. In order for companies to remain sustainable in this dynamic environment, they need not only to increase their productivity and process flexibility, but also to fundamentally change their technology development strategy in the direction of intelligent manufacturing.

Данни за авторите:

Панчо Кръстев Томов, доцент доктор инж., катедра „АДП” при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, тел. 965 29 80, e-mail: pkt@tu-sofia.bg

Делян Стефанов Рачев, доктор, инж., ЕКСАКО, „Виктор Юго“ № 6, София, Р. България, тел.: 0887 126 896, e-mail: office@exako.org

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 6

“МЕХАТРОНИКА”

ОСОБЕНОСТИ ПРИ ИЗБОР НА ОБОРУДВАНЕ ЗА ОБСЛЕДВАНЕ НА ОБЕКТИ

И. Пеева, Ч. Костадинов

Резюме: *В настоящата статия са разгледани особеностите при избор на автоматизирано оборудване за обследване на ВиК инсталации, определени от характерните особености на трасето. Описани са възможностите за използване на роботизирани системи за инспекция на канали и е направен анализ на факторите, определящи необходимите им технически параметри. Разработен е алгоритъм за роботизирано обследване на ВиК мрежи.*

Ключови думи: мобилни роботи, видеоинспекция, обследване.

1. Въведение

Обследването на инфраструктурни обекти, като ВиК мрежи, газопроводи и др., е важна част от инженерната дейност на съответните дружества, целяща осигуряване на необходими и безопасни условия за експлоатация. Интерес представлява обследването на подземно разположени обекти, което се основава на предприети технически действия и методи за анализ на тяхното техническо състояние и локализиране на проблемни зони с нерегламентирани характеристики и параметри. В практиката все по-често се използват автоматизирани мехатронни системи с вградени подходящи елементи и сензори за изследване на обектите.

2. Възможности за автоматизирано обследване на ВиК обекти

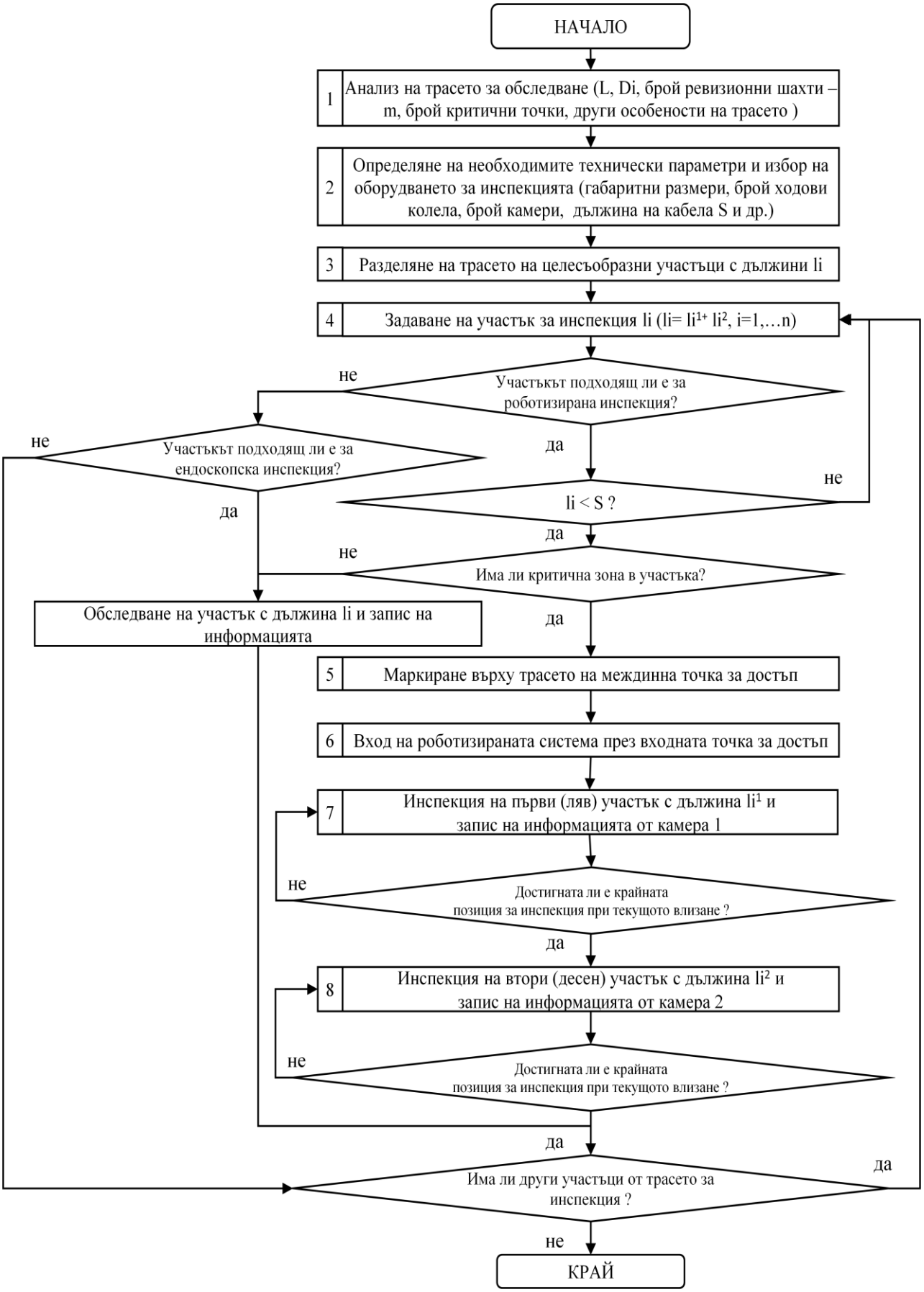
Видеодиагностиката е утвърден метод за анализ на състоянието на подземни обекти при аварийни и планови ремонти. Тя позволява обследване на всякакви тръбопроводи и канализационни системи. Извършва се заснемане на вътрешното състояние на тръби, както и за локализиране на проблеми в тръбопроводните системи, като: пукнатини, прораствания на корени, запушвания, разместванията на връзки и др. Това позволява да се открие точното местоположение на проблемен участък и да се намалят изкопните дейности и времето за отстраняване на повредите. Прилага се за обследване на тръби от различни материали, като метал, пластмаса, бетон, фибростъкло и др. [1]. Чрез специализиран софтуер, получената информация може да бъде изведена като протокол и да се използва като част от документацията на канализационната система. Съществуват много фирми, производители на такава техника, (роботизирана, ендоскопски тип и др.), като някои от тях са намерили приложение и в България. Системата за видео диагностика на фирма G. Drexl е с обхват 120 м и за тръби ø 50 – ø 300 мм, като е снабдена с електронен брояч на метри и софтуер за издаване на протокол и запис. Други съвременни средства са роботизираните системи IPEK ROVION с възможност за наблюдение на канали с диаметър 100 – 2000 мм, кабел с дължина 300 м и софтуер за видео диагностика Win Cam 8 [2]. Камерата е с електронен брояч на метри, възможност за измерване на наклон, лазерен контрол на промени на диаметъра на тръбите, измерване размерите на чужди тела в тръбите и др. Техническите възможности на TV камерите и вграждането на различни сензори в системите позволява разширяване на възможностите за приложение и търсене на решения на различни инженерни задачи. RAUSCH/ECO-STAR е модулна система за обследване на канали с диаметри 135 – 2000 мм, включваща камера и робот и позволяваща пълен доклад на извършената работа и измервания. Възможно е заснимане на видео и снимки, 3D графика на инспектираната тръба, измервания на наклони и др.

Камерата разполага с вградени диодни лазери за измерване на диаметър, деформации и повреди на тръбите [3]. За дълги и сложни трасета се предлагат мобилни роботизирани системи (L 100 CROSS, KS60) с 3 задвижвани оси и нисък център на тежестта [3]. Оборудването е с ръчно и автоматизирано управление на функциите, регулиране височината на камерата, сензори за наклон по 2 оси, възможности за движение под ъгъл 90^0 в хоризонтална равнина и ± 45^0 във вертикална равнина. Има възможности за вграждане на температурен сензор, защита от експлозия по стандарт 2014/34/ЕС за използване в специални среди.

3. Разработване на план за обследване на ВиК мрежи

Разнообразието от предлагана техника за видеоинспекция на различни инфраструктурни обекти прави актуален въпроса за избор на подходящ вариант на оборудване за решаване на задачите за обследване при конкретни специфични условия. Необходимо е разглеждане на геометричните условия за проходимост на мобилното устройство през различните участъци от изследваното трасе. Наличието на критични зони, определени от разлика в диаметрите, разлика в наклони, ъглови участъци и др., налага точно определяне на подходящи габаритни размери, брои и вид на ходовите колела и други специфични особености на предлаганата за използване техника. Анализът на обекта и наличните точки за достъп е важен за разработването на план за обследване, необходим брой камери, изисквания към системата за управление и необходимия софтуер за създаване на запис и протокол на наблюдението. На фиг. 1 е показана блок-схема на алгоритъм за обследване на ВиК мрежи. Включени са основни дейности, като: анализ на трасето, определяне на вид и основни технически параметри на автоматизираната система за видеоинспекция и план на действията при обследване на предвидените участъци. Вариант за обследване на критичен участък, при наличие на ъгъл за преминаване по-малък от допустимия (определен от геометрични съображения), е използването на втора камера за обратно виждане. По този начин е възможно заснемане на зоната в едната посока с предната камера, а в обрана посока с втората камера.

Така без преминаване през ъгловата зона може да се извърши обследването, ако системата за управление позволява включване на втора камера. Изясняването на тези особености при анализа на трасето позволява правилен избор на оборудване с подходящи технически характеристики, като в много случаи е подходящо извършване на експерименти в реални условия. За целта е подходящо разработване и използване на прототип на мехатронна система за TV инспекция, чиято работа в реални условия би позволила определяне на необходими параметри, като: брой, вид и характеристики на камерите (според особеностите при заснимане), брой, диаметър и вид на ходовите колела, необходими сензори и др.

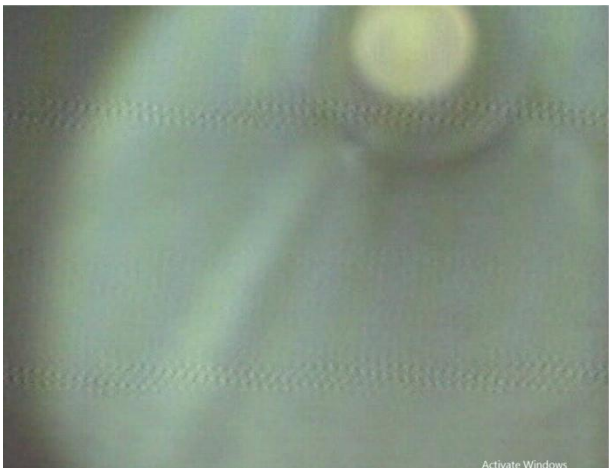


Фиг. 1 Блок-схема на алгоритъм за обследване на канали

На фиг. 2 е показан прототип на мобилно устройство за обследване на тръби с диаметри ø 110 – ø 300 мм, изградено на модулен принцип. За шаси е използвано ZUMO на фирмата Pololu. Камерата може да се повдига нагоре, за да може да се позиционира по средата на канала. Извършени са експерименти с два вида камери Go Pro 1080HD и Mini Wired DVR CCTV Camera**.** Те имат различни габарити и това налага да се използва и различно разположение на източника на светлина, така че да се гарантира максимална осветеност на вътрешността на канала. Получената видеоинформация (фиг. 3) може да подпомогне избора на конкретно компоновъчно решение при дадени условия на работа.



Фиг. 2 Прототип на мобилно устройство за обследване на тръби



Фиг. 3 Изглед от обследвания обект

4. Изводи:

- Използването на роботизирани системи за обследване на инфраструктурни обекти повишава ефективността на ремонтните дейности на обслужващите дружества, намалявайки обема на изкопните дейности и времето за работа;
- Изборът на подходящо автоматизирано оборудване се основава на анализ на трасето и определяне на целесъобразните зони за автоматизирано обследване, както и характеризиране на критичните за проходимостта точки и възможностите за тяхното преодоляване;
- Извършването на реални експерименти, на база разработен прототип на мехатронна система за обследване, би подпомогнало избора на оборудване за инспекция, както и определянето на подходящ брой и местоположение на точките за достъп при новоизграждащи се трасета.

Литература:

1. www.viksofia.bg
2. www.kanal.bg
3. www.euromarket.bg

FEATURES OF EQUIPMENT SELECTION FOR INSPECTION OF OBJECTS

I. Peeva, C. Kostadinov

Abstract: *This paper features the peculiarities of choosing automated equipment for the investigation of plumbing installations determined by the characteristics of the route. Described are the possibilities for using robotic channel inspection systems and an analysis of the factors determining the necessary technical parameters. An algorithm for robotic investigation of water and sewerage networks has been developed.*

Данни за авторите:

Иванка Василева Пеева, доцент, доктор, инж., катедра ТММРМ при МТФ, РУ „А. Кънчев” – Русе, България, Русе, ул. „Студентска” № 8, тел.: 082 888 712, e-mail: ipeeva@uni-ruse.bg

Чавдар Георгиев Костадинов, доктор, инж., РУ „А. Кънчев” - Русе, България, Русе, ул. „Студентска” № 8, тел.: 082 888742, e-mail: chkostadinov@uni-ruse.bg

ХАРАКТЕРИСТИКИ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛОСКИХ АЛЮМИНИЕВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ С УГЛЕРОДНОЙ НИТЬЮ В КАЧЕСТВЕ РЕЗИСТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

К. Чернякова, И. Врублевский, В. Видеков, Т. Динь

Резюме: *Настоящая работа представляет результаты исследований тепловых характеристик алюминиевых нагревателей со слоем анодного оксида алюминия. В качестве нагревательного элемента использовалась электропроводящая углеродная нить. Для герметизации конструкции нагревателя применяли силиконовый компаунд. Термограммы поверхности нагревателя получали с помощью тепловизионной камеры MobIR M4.*

Ключевые слова: алюминиевые нагреватели, углеродная нить, анодный оксид алюминия, тепловые характеристики, термограмма.

1. Введение

В настоящее время плоские нагреватели благодаря своей конструкции и требованиям к материалам, а также применению для широкого ряда технических задач в области нагрева выделены в отдельный класс нагревателей. Большое разнообразие видов и форм плоских нагревателей позволяет применять их в различных технических устройствах, связанных с использованием тепловых процессов.

Переход плоских нагревателей к конструкциям с малой толщиной потребовал применения новых микроэлектронных технологий для изготовления элементов нагревателя. Такой подход обеспечил возможность получения равномерного теплового потока по всей поверхности нагревательного элемента при сохранении необходимых эксплуатационных характеристик. Среди плоских нагревателей наиболее эффективными являются металлические нагревательные элементы [1,2]. Основными задачами при разработке таких нагревателей является обеспечение надежной изоляции контура электрической цепи сопротивления, как от металлической основы, так и от окружающей среды. В [3] описана конструкция плоского нагревательного элемента на основании из анодированного алюминия, показывающая значительные преимущества предложенной конструкции для повышения тепловой эффективности. Однако применение в такой конструкции герметизирующего полимера на основе эпоксидного компаунда ограничивает верхнюю рабочую температуру значением 120 °C. Для повышения рабочей температуры до 200 °C в настоящей работе предложена конструкция плоского нагревателя с использованием силиконового компаунда в качестве герметизирующего полимера. Приведены результаты исследований тепловых характеристик таких нагревателей.

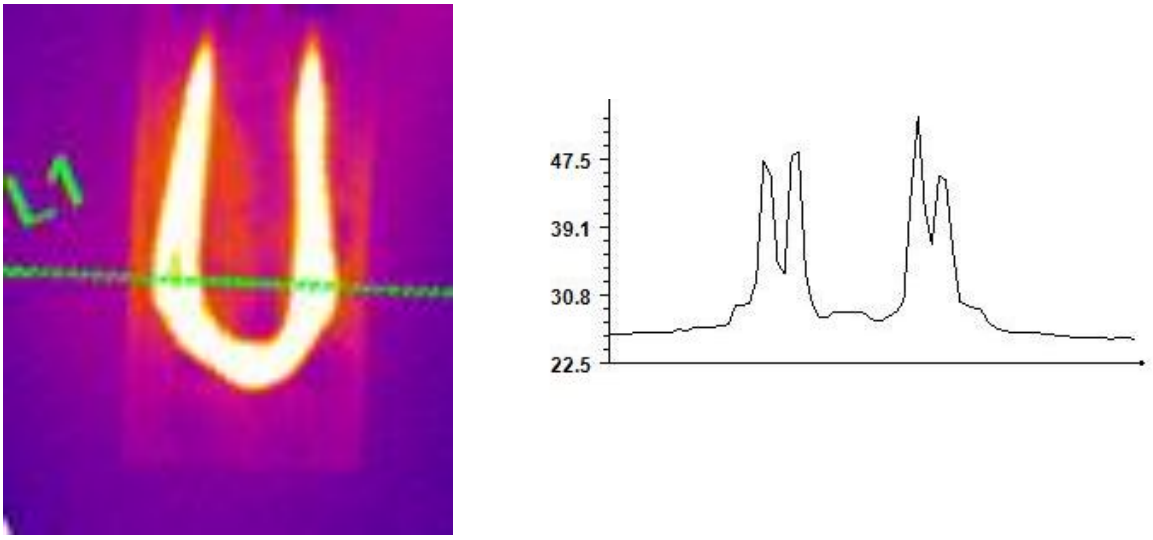
2. Экспериментальная часть

Плоский нагревательный элемент имел размеры 60x24 мм. Толщина основания из анодированного алюминия составляла 0,5 мм. На образцах анодированного алюминия слой пористого анодного оксида алюминия, сформированный методом анодирования алюминия, имел толщину не менее 20 мкм. Такая толщина пористого анодного оксида алюминия обеспечивала необходимую изоляцию нагревательного элемента от металлического основания. В конструкции нагревателя из алюминия с нанопористым оксидом алюминия углеродная электропроводящая нить на основе вискозной технической нити использовалась в качестве нагревательного элемента.

Для изготовления резистивных элементов использовали нить из углеродного волокна с размерами 80 мкм (толщина)*4 мм (ширина)*170 (длина). Концы нити из углеродного волокна металлизировались слоем меди (толщина 30 мкм, гальваническое осаждение) для последующей пайки в процессе сборки электрического нагревателя. Фиксацию углеродной нити на поверхности анодного оксида алюминия и затем ее герметизацию осуществляли с помощью силиконового компаунда. Электрический нагреватель с нитью из углеродного волокна имел электрическое сопротивление 30 Ом и мощность 13,5 Вт (рабочее напряжение 20 В). Измерение сопротивления диэлектрической изоляции проводилось с помощью мегаомметра Ф4101. Для получения термограмм поверхности нагревателя использовали тепловизионную камеру MobIR M4.

3. Результаты и их обсуждение

Для плоских нагревателей наиболее важными характеристиками являются обеспечение равномерного нагрева по площади нагревателя и быстрый выход на заданную температуру. Поэтому в данной работе эти характеристики были подробно исследованы на различных стадиях нагрева.

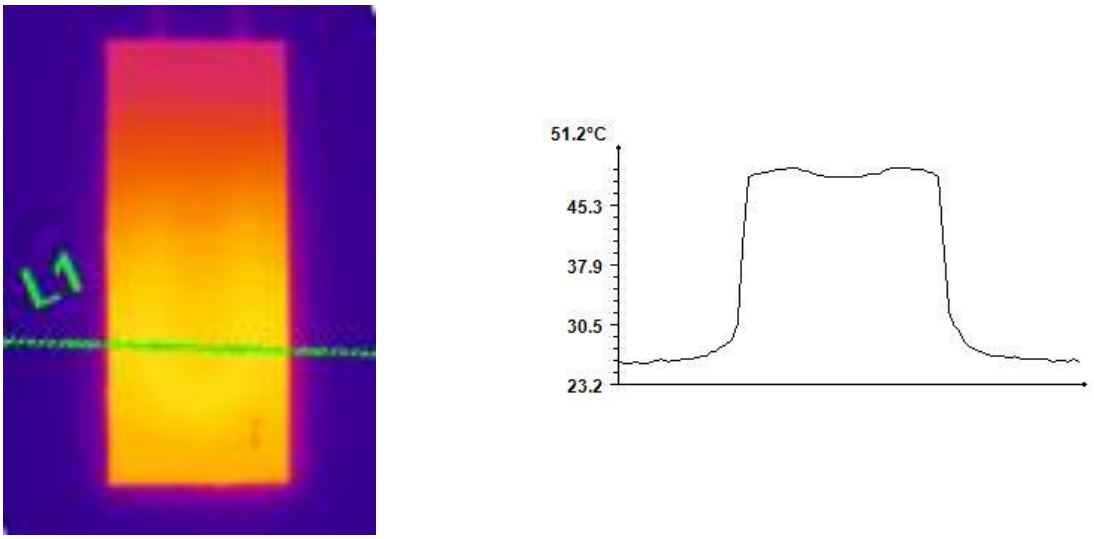


а б

Рис. 1 Термограмма лицевой поверхности нагревателя из алюминия с пористым оксидом алюминия и резистивным элементом из углеродной нити (а) и профиль распределения температуры (б) вдоль заданной линии на 5 с нагрева

На рисунке 1 представлены термограмма лицевой поверхности нагревателя (Рис.1 а) и профиль распределения температуры вдоль заданной линии, пересекающей нагреватель из углеродной нити (Рис.1 б) на 5 с нагрева.

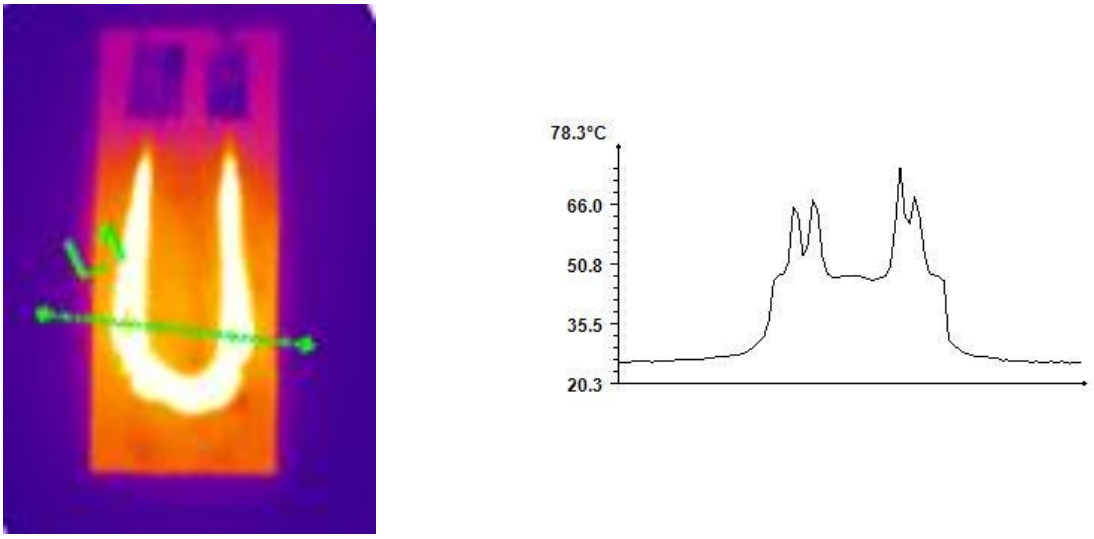
Как видно из профиля распределения температуры, температура нагревательного элемента приблизительно на 21,5 °С выше температуры поверхности анодного оксида алюминия. В то же самое время рабочая (теплоотдающая) сторона нагревателя, как видно из термограммы поверхности нагревателя (Рис.2 а) и профиля распределения температуры вдоль заданной линии (Рис.2 б), имеет равномерное распределение температуры по поверхности со средней температурой 51,2 °С.



а б

Рис. 2 Термограмма рабочей (теплоотдающей) поверхности нагревателя из алюминия с пористым оксидом алюминия и резистивным элементом из углеродной нити (а) и профиль распределения температуры (б) вдоль заданной линии на 5 с нагрева

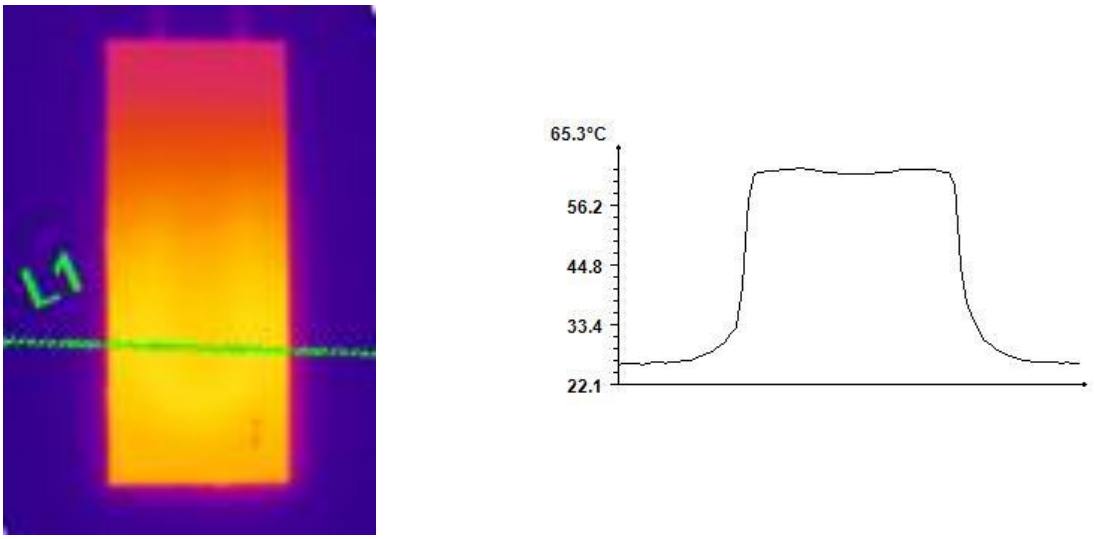
Термограмма лицевой поверхности нагревателя (рис.3 а) и профиль распределения температуры вдоль заданной линии, пересекающей нагреватель из углеродной нити (Рис.3 б) на 10 с нагрева показана на рисунке 3.



а б

Рис. 3 Термограмма лицевой поверхности нагревателя из алюминия с пористым оксидом алюминия и резистивным элементом из углеродной нити (а) и профиль распределения температуры (б) вдоль заданной линии на 10 с нагрева

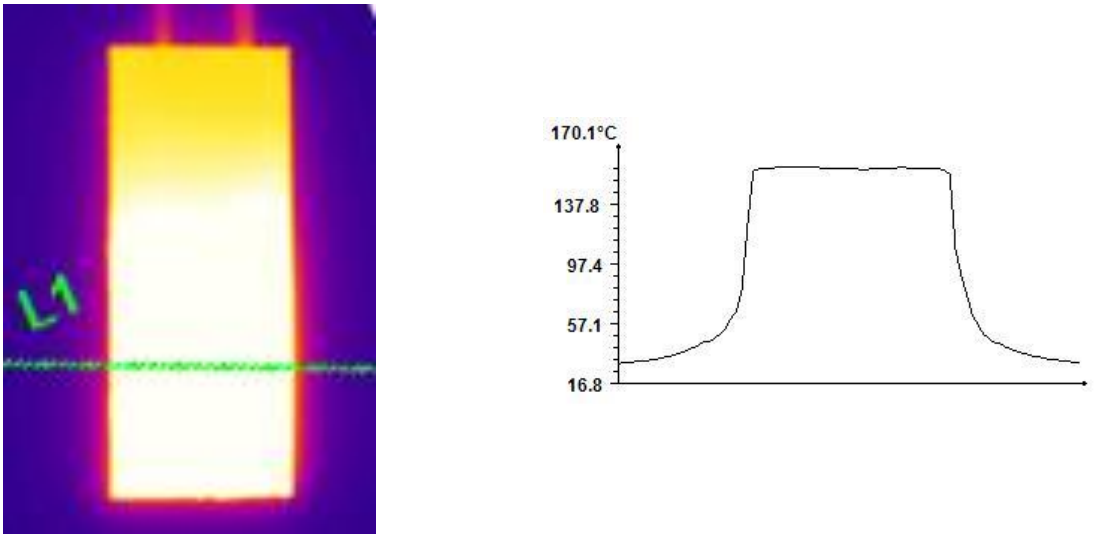
В этом случае температура нагревательного элемента приблизительно на 15,2 °С выше температуры поверхности анодного оксида алюминия, что указывает на уменьшение температурного перепада с ростом температуры. Рабочая (теплоотдающая) сторона нагревателя, как видно из термограммы поверхности нагревателя (Рис.4 а) и профиля распределения температуры вдоль заданной линии (Рис.4 б), сохраняет равномерное распределение температуры по поверхности со средней температурой 65,5 °С.



а б

Рис. 4 Термограмма рабочей (теплоотдающей) поверхности нагревателя из алюминия с пористым оксидом алюминия и резистивным элементом из углеродной нити (а) и профиль распределения температуры (б) вдоль заданной линии на 10 с нагрева

На 60 с нагрева плоский нагреватель выходит на температуру 170 °С для теплоотдающей поверхности. Рисунок 5 показывает термограмму рабочей поверхности нагревателя (Рис.5 а) и профиль распределения температуры вдоль заданной линии (Рис.5 б) на 60 с нагрева.



а б

Рис. 5 Термограмма рабочей (теплоотдающей) поверхности нагревателя из алюминия с пористым оксидом алюминия и резистивным элементом из углеродной нити (а) и профиль распределения температуры (б) вдоль заданной линии на 60 с нагрева

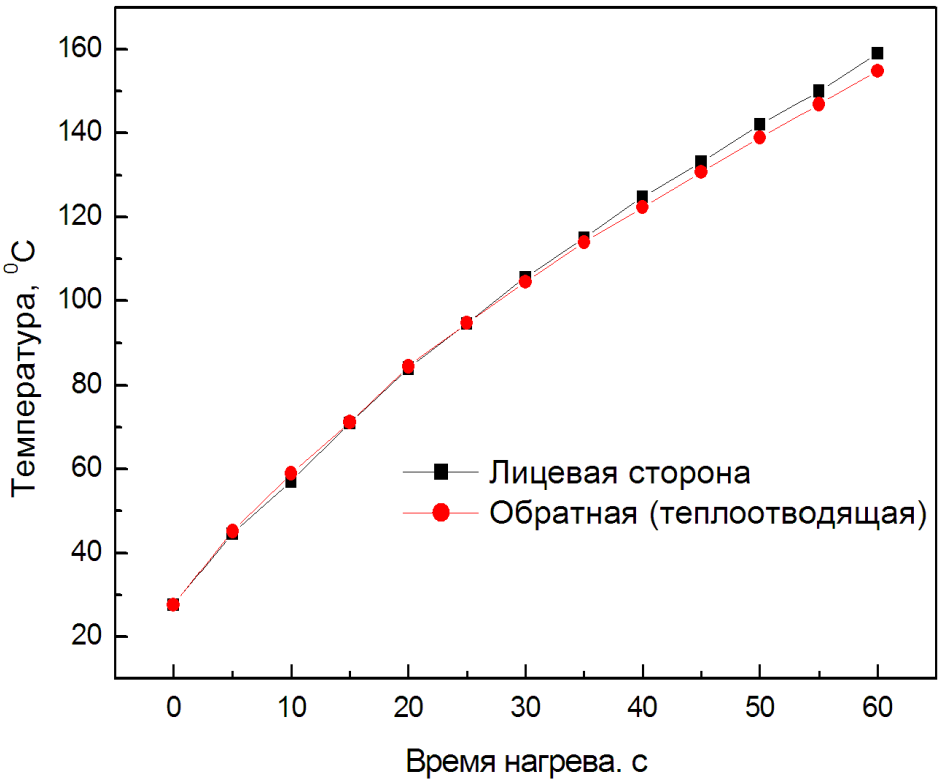


Рис. 6 Изменение температуры на лицевой и обратной (теплоотдающей) стороне электронагревателя от времени нагрева (мощность нагревателя 13,5 Вт)

Равномерное распределение температуры по поверхности при достижении температуры 170 °C сохраняется. Зависимости изменения температуры во времени на поверхности нагревателя с резистивным элементом и на обратной стороне (теплоотдающей) показаны на рисунке 6. Результаты исследований показывают, что температура на поверхности нагревателя с резистивным элементом и на обратной стороне имеют очень близкие значения на всех стадиях нагрева. Следовательно, благодаря высокой теплопроводности алюминия генерируемое тепло успевает равномерно рассеиваться по всему объему алюминия, обеспечивая равномерный профиль распределения температуры по поверхности как на лицевой, так и на обратной стороне нагревателя.

4. Выводы:

- Применение силиконового компаунда в качестве герметизирующего полимера позволило повысить верхнюю рабочую температуру плоского алюминиевого нагревателя до 200 °C.
- Плоский электронагреватель на основании из анодированного алюминия характеризуется быстрым выходом на максимальную рабочую температуру и достигает температуры 200 °C за время 60 с (мощность 13,5 Вт).
- Несмотря на односторонний нагрев с использованием линейчатого нагревательного элемента из углеродной нити на всех этапах нагрева на обратной (теплоотводящей) стороне нагревателя обеспечивался равномерный профиль распределения температуры по поверхности.

Литература:

1. Чернякова, К. и др. Применение наноструктурированного анодного оксида алюминия при изготовлении теплонагруженных плат для силовых модулей. XXV МНТК “АДП 2016”, Созопол, 2016, стр.257–263.
2. Врублевский, И. и др. Сравнительный анализ работы плоского нагревательного элемента на основании из анодированного алюминия. XXIV МНТК “АДП 2015”, Созопол, 2015, стр.422–428.
3. Vrublevsky, I., et al. Improvement of the thermal characteristics of the electric heater in the architecture with aluminum, nanoporous alumina and resistive component of carbon fiber. Nanoscience & Nanotechnology, 16, № 1, 2016.

CHARACTERISTICS AND THERMAL PROPERTIES OF ALUMINUM THIN FLAT HEATING ELEMENTS WITH CARBON FIBER AS A RESISTOR

K. Chernyakova, I. Vrublevsky, V. Videkov, T. Dinh

Abstract: *This paper presents the results of studies of the thermal characteristics of aluminum heaters with a layer of anodic aluminum oxide. As the heating element, an electrically conductive carbon filament was applied. For hermetic sealing of the heater design, a silicone compound was used. Thermograms of the surface of the heater were obtained by a thermal imaging camera MobIR M4.*

Данни за авторите:

Катерина В. Чернякова, д-р фмн., водещ научен сотрудник НИС Беларуски държавен университет по информатика и радиоелектроника, Беларус, Минск, ул. П. Бровки, 6, e-mail: katerinach_85@mail.ru

Игорь А. Врублевский, доцент д-р инж., водещ научен сотрудник НИС Беларуски държавен университет по информатика и радиоелектроника, Беларус, Минск, ул. П. Бровки, 6, e-mail: vrublevsky@bsuir.edu.by

Валентин Христов Видеков, доц. д-р в катедра „Микроелектроника” при ФЕТТ, Технически Университет–София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” No8, тел.: 965 3101, e-mail: videkov@tu-sofia.bg

Тай Х. Динь, докторант, Беларуски държавен университет по информатика и радиоелектроника, Беларус, Минск, ул. П. Бровки, 6, e-mail: taidh75@gmail.com

ИЗСЛЕДВАНЕ НА КВАДРОКОПТЕР

М. Камбушев

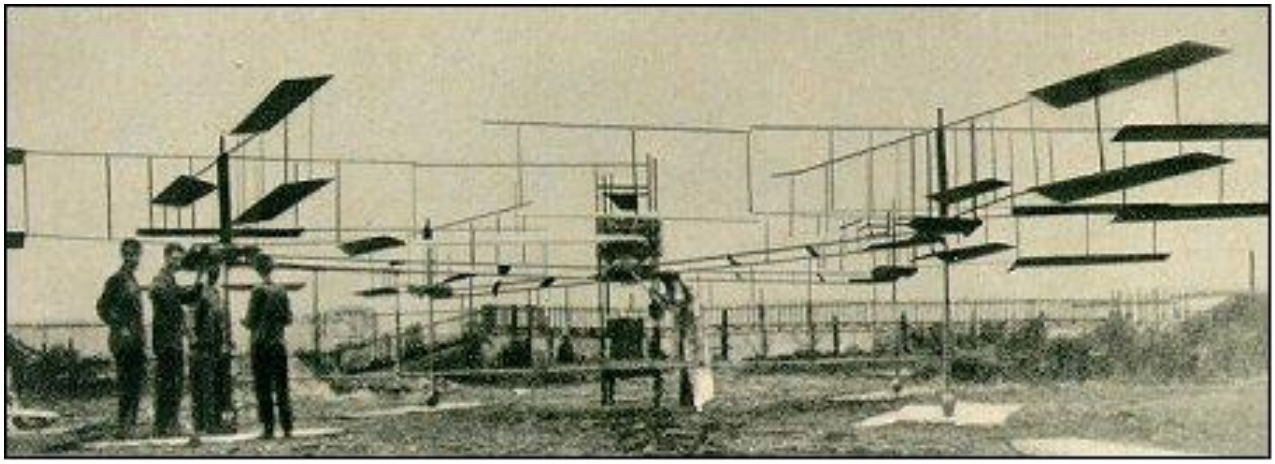
Резюме: *В настоящата статия е разработен математичен модел на реален квадрокоптер. Извършена е настройка на ПИД и линейно-квадратичен регулатор, използвани за управление на квадрокоптера.*

Ключови думи: квадрокоптер, управление, управляемост, регулатору, ПИД регулатор, LQR, математичен модел.

1. Въведение

През 20те и 30те години на XX век редица модели на квадрокоптери, управлявани от хора, се появяват на бял свят. Тези превозни средства са едни от първите, които успешно могат да се използват за вертикално издигане и приземяване. Въпреки това, ранните прототипи са се представяли зле, а по-късните пък били трудни за управление поради тяхната нестабилност и ограничена възможност за контрол.

Жироплан No.I на братята Бреге е бил един от най-ранните опити за създаване на летателен апарат с носещи витла (Фиг.1.) На 29 септември 1907 г., Жироплан No.I е бил пуснат да лети за първи път, макар и на височина само 0,6 метра. Той не е бил нито контролируем, нито управляем, но е бил първият път, в който роторен апарат издига себе си и пилот във въздуха. По-късно апаратът се издига до височина 1,52 м над земята. [5, 6]



Фиг. 1 Жироплан No.I на братята Бреге - 1907 г

През последните години развитието на безпилотните летателни апарати е много бурно. Появяват се различни видове коптери. Най-разпространени са квадрокоптерите. Те използват електронни контролни системи и MEMS сензори за стабилизиране на летателния апарат.

Съществуват множество публикации по темата квадрокоптер. Проблемът е, че информацията за избор и настройка на конкретен регулатор е много малко или непълна.

2. Разработване и изследване на математичен модел на квадрокоптер

Математическото моделиране е средство за изучаване на реални обекти посредством замяна с математически модели, по-удобни за експериментално изследване.

Началото на свързана координатна система се намира в центъра на маса на квадрокоптера.

2.1 Уравненията за постъпателното движение се получават като следствие от теоремата за изменение на количеството на движение.

$$m\frac{d\vec{V}}{dt}=\sum\vec{F} \tag{1}$$

След заместване се получават пълните диференциални уравнения за движение на центъра на маса на квадрокоптер:

$$\begin{aligned}\dot{V}_x&=\frac{dV_x}{dt}=\frac{F_x}{m}-\omega_y V_z+\omega_z V_y;\\ \dot{V}_y&=\frac{dV_y}{dt}=\frac{F_y}{m}-\omega_z V_x+\omega_x V_z;\\ \dot{V}_z&=\frac{dV_z}{dt}=\frac{F_z}{m}-\omega_x V_y+\omega_y V_x.\end{aligned} \tag{2}$$

Външните сили, които действат по осите на свързаната координатна система на квадрокоптера са:

$$F=\begin{bmatrix}Fx\\Fy\\Fz\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-G.\sin(\vartheta)\\(\omega^2{}_1+\omega^2{}_2+\omega^2{}_3+\omega^2{}_4)k-G.\cos(\gamma).\cos(\vartheta)\\G.\sin(\gamma).\cos(\vartheta)\end{bmatrix} \tag{3}$$

Където:

$f_i=k\omega_i^{\,2}$ е силата(тягата) създавана от *i*-тия двигател;

$G.\cos(\gamma).\cos(\vartheta)$ е силата на тежестта, насочена по местната вертикала.

2.2 Въртене около центъра на маса

Въртенето около центъра на маса се описва от теоремата за изменение на кинетичния момент:

$$\frac{d\vec{K}}{dt}=\sum\vec{M} \tag{4}$$

Пълните уравнения за въртеливото движение около центъра на маса:

$$\begin{aligned}\dot{\omega}_x&=\frac{1}{I_x}\left[M_x-(I_z-I_y)\omega_y\omega_z\right];\\ \dot{\omega}_y&=\frac{1}{I_y}\left[M_y-(I_x-I_z)\omega_x\omega_z\right];\\ \dot{\omega}_z&=\frac{1}{I_z}\left[M_z-(I_y-I_x)\omega_x\omega_y\right];\end{aligned} \tag{5}$$

Квадрокоптерът има симетрична структура с четири витла. Следователно кръстосаните инерционни моменти са много малки и можем да се пренебрегнат. Ще използваме само главните инерционни моменти.

Ъгловата скорост на ротора *i*, обозначена ω_i, създава сила f_i по посока на оста на ротора. Ъгловата скорост и ускорението на ротора също така създават реактивен момент τ_{M_i} около оста на ротора.

$$\tau_{M_i} = b\omega_i^2 + I_M\dot{\omega}_i \tag{6}$$

Където:

b е константа, пропорционална на реактивния момент,

I_M е инерционния момент на ротора.

Обикновено ефекта от промяната на ъгловата скорост се счита за малък, и затова се изпуска.

Външните моменти действащи по осите на свързаната к.с. са:

$$\begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} hk\left(-\omega_1^2 - \omega_2^2 + \omega_3^2 + \omega_4^2\right) \\ \tau_{M_1} - \tau_{M_2} + \tau_{M_3} - \tau_{M_4} \\ hk\left(\omega_1^2 - \omega_2^2 - \omega_3^2 + \omega_4^2\right) \end{bmatrix} \tag{7}$$

където - h е разстоянието между ротора и съответната ос на свързаната к.с.

Ъгловото положение на квадрокоптера спрямо земната координатна система $Ox_1y_1z_1$ се задава чрез три ъгъла: ψ - ъгъл на курс, γ - ъгъл по крен, ϑ - ъгъл по тангаж. Връзката между тези ъгли и ъгловите скорости около осите на свързаната с летателния апарат координатна система се дава от следните диференциални уравнения:

$$\begin{aligned} \dot{\psi} &= \frac{\omega_y \cos\gamma + \omega_z \sin\gamma}{\cos\vartheta}, \\ \dot{\gamma} &= \omega_x + tg\vartheta\left(\omega_y \cos\gamma + \omega_z \sin\gamma\right) = \omega_x + \dot{\psi}\sin\vartheta, \\ \dot{\vartheta} &= \omega_y \sin\gamma + \omega_z \cos\gamma. \end{aligned} \tag{8}$$

Пространственото преместване на квадрокоптера се описва с помоща на матрицата на направляващи косинуси и линейните скорости в свързаната к.с.

$$\begin{pmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{Z} \end{pmatrix} = \mathbf{C}_{(\psi,\vartheta,\gamma)} \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix}. \tag{9}$$

2.3 Линеаризация на система нелинейни диференциални уравнения.

Системата диференциални уравнения, която описва движението на квадрокоптера включва уравнения (2, 5, 8, 9).

При така избрани уравнения, описващи движението на квадрокоптера, векторът на състояние включва фазовите променливи $(V_x\ V_y\ V_z\ \omega_x\ \omega_y\ \omega_z\ \psi\ \gamma\ \vartheta\ X\ Y\ Z)$. Коефициентите на матрицата A се получават след диференциране на всяко едно от уравненията (2, 5, 8, 9) относно всяка една променлива от вектора на състоянието.

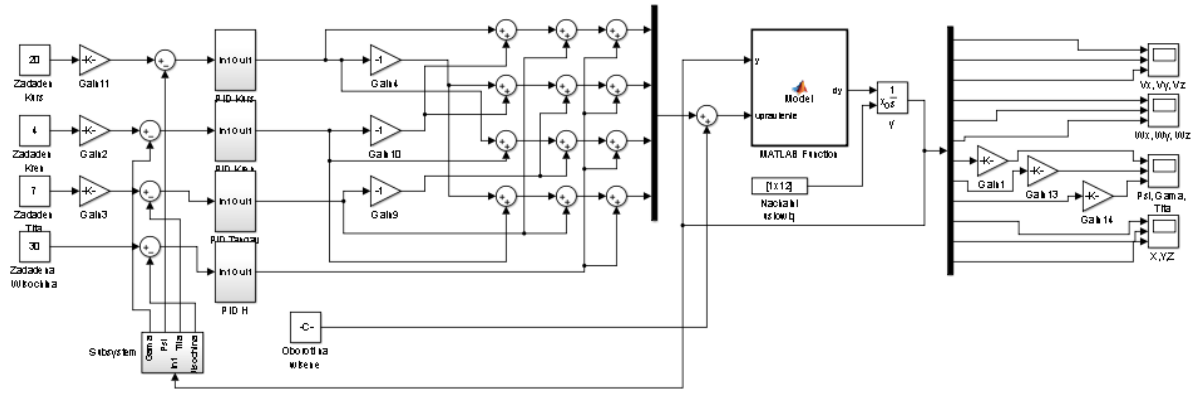
Матрицата B е матрица на управлението и включва тягата на четирите двигателя.

Величините влизащи във вектора на състояние са измерими в полет, което ни позволява матрицата C да е единична матрица с размерност (12x12): C=E. Матрицата D е нулева, няма пряка връзка между входа и изхода.

3. Приложение на ПИД и LQR регулатори при управлението на квадрокоптер.

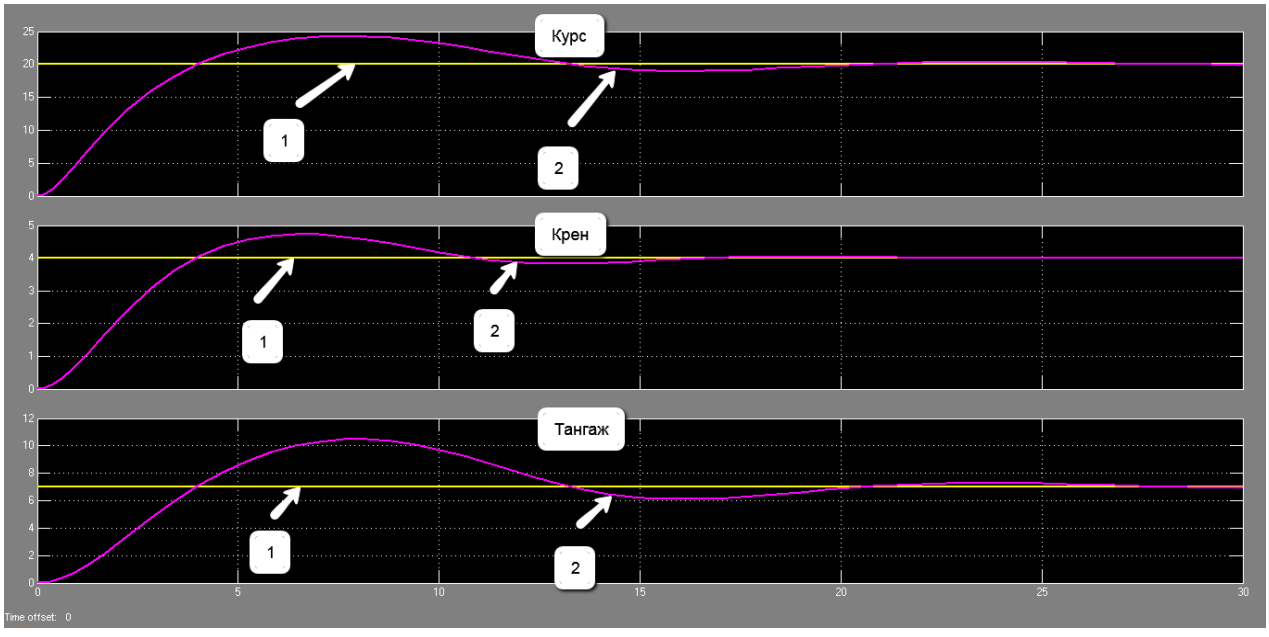
При използване на ПИД регулатори с отрицателна обратна връзка са затворени каналите на ψ, γ, ϑ и на височината. По този начин симулацията се доближава максимално до ръчното управление на квадрокоптер от човек.

За настройка на отделните ПИД регулатори е използван втория метод на Ziegler-Nichols[4].

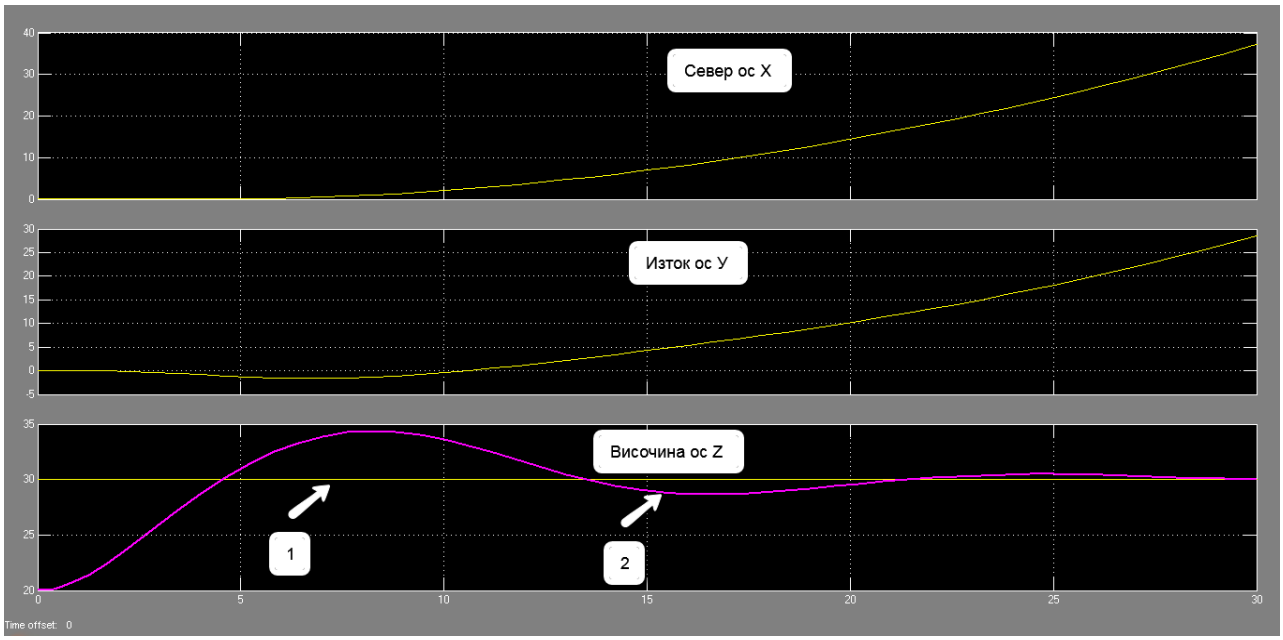


Фиг. 2 Модел на ПИД управление на квадрокоптер

След настройката са получени следните графики:

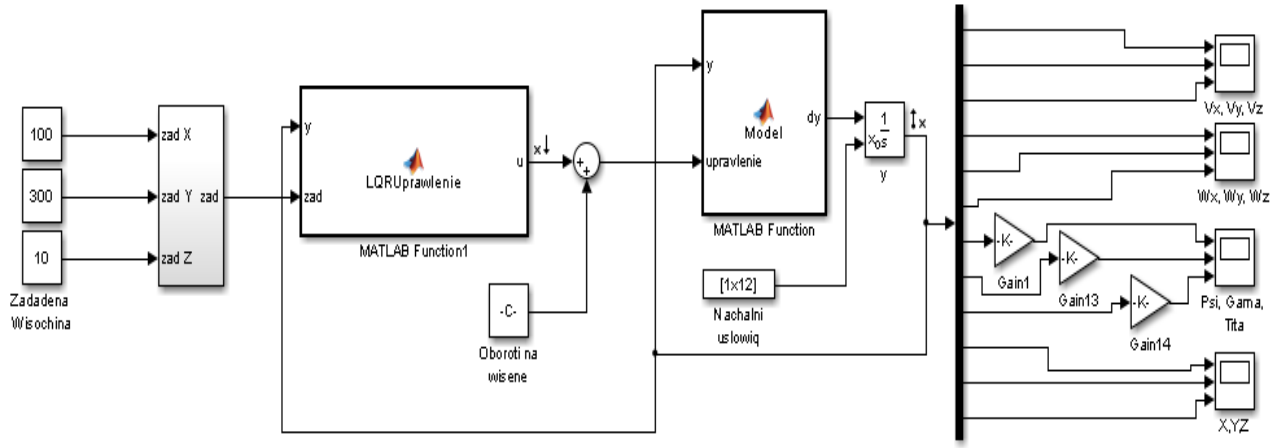


Фиг. 3 Курс, Крен и Тангаж



Фиг. 4 Преместване в пространството

След мащабиране, получените коефициенти на ПИД регулаторите са използвани като първоначални за реалния квадрокоптер. След няколко опита, така наречения метод „Регулирай и наблюдавай“, е извършена донастройка на първоначалните коефициенти и са определени крайните коефициенти за реалния квадрокоптер.



Фиг. 5 Модел на LQR управление на квадрокоптер

Втория регулатор, който е използван е LQR. На фиг. 5 е показан Simulink - модела на системата. За симулиране поведението на квадрокоптера и при двата вида управление (ПИД и LQR) е използван нелинейния модел описан с уравнения(2, 5, 8, 9).

Обекта на управление е квадрокоптер. Може да се приеме, че във височинно-скоростния диапазон на квадрокоптера масовата плътност на въздуха е практически постоянна. Това означава, че коефициентите на линеаризирания модел не се променят по време на полета, което ни позволява еднократно да определим матрицата К. Тя е получена след минимизиране на

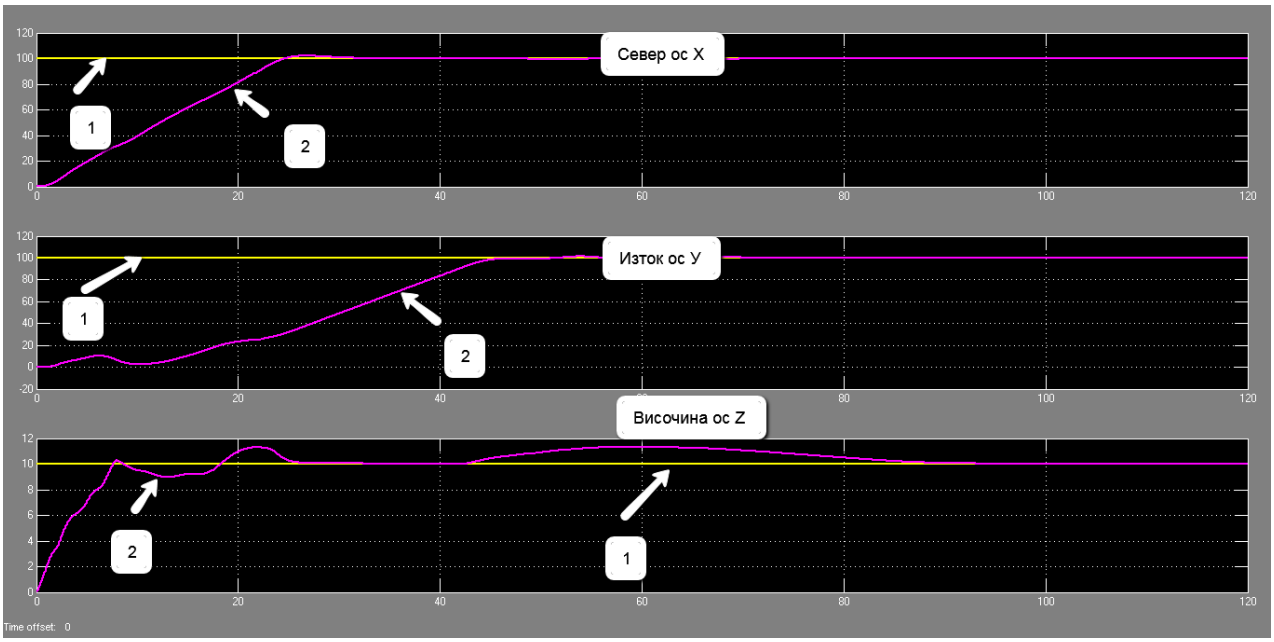
$$J = \int_{t_0}^{t_1} \left(z_{(t)}^T \mathbf{Q}_{(t)} z_{(t)} + u_{(t)}^T \mathbf{R}_{(t)} u_{(t)} \right) dt,$$

което ни гарантира устойчивост и оптимално разположение на полюсите на затворената система. Управлението $u = -\mathbf{K}e$ минимизира грешката между желаните и реалните стойности във вектора на състоянието.

Проблема при работа с LQR е в правилната настройка на тегловните матрици **Q** и **R**. За избор на първоначалните стойности на тегловните матрици са използвани максималните стойности на елементите от векторите на състояние и управление[1,2,3]. Тегловните матрици се задават като $\mathbf{Q} = diag\{q_i\}, \quad \mathbf{R} = diag\{r_i\},$ където $q_i = \frac{1}{z^2_{i\max.}}, r_i = \frac{1}{u^2_{i\max.}}.$

Донастройката на матриците е извършена емпирично.

На фиг.6 е показано поведението на модела след извършената настройка на матриците.



Фиг. 6 Преместване в пространството

4. Изводи

- Получен е нелинеен модел на реален квадрокоптер.
- Линеаризиран е получения нелинеен модел.
- Извършена е настройка на ПИД регулатори в Simulink модела, като получените коефициенти са използвани в реалния модел.
- Експериментално е извършена настройка на тегловните коефициентите в LQR алгоритъма, като е използван критерий за минимална статична грешка и пререгулиране в каналите за пространствено движение.

Литература:

1. Квакернак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управлениял. Москва ”Мир”, 1977, 653с.
2. Колотов М. Е., Смирнова Т. А. Синтез LQR-регуляторов для управления квадрокоптером и их сравнительный анализ на основе имитационного моделирования при помощи пакета прикладных программ MATLAB & Simulink // Молодой ученый. — 2016. — №13. — С. 172-177. — URL https://moluch.ru/archive/117/32092/ (18.04.2018).

3. Маджаров Н. Е. Линейни системи за управление, Технически университет - София, 1998, 208стр.
4. Brian R Copeland ”The Design of PID Controllers using Ziegler Nichols Tuning” IJETE, pp.1-4, Mar. 2008.[5].
5. Квадрокоптер - 2015 < https://bg.wikipedia.org >25.04.2018г.
6. C.Gablehouse; Helicopters and Autogiros - 1969. All the world’s rotocraft <http://www.aviastar.org> 25.04.2018г.

STUDY OF QUADROCOPTER

M. Kambushev

Abstract: *In this paper, a mathematical model of a real quadrocopter has been developed. A PID and linear-quadratic controller setting was used to control the quadrocopter*

Данни за автора:
Мартин Миленов Камбушев, главен асистент доктор инж., катедра “Електротехника, автоматика и информационни технологии” при ФА Долна Митрополия, Р. България, тел .0887 525331, e-mail :mmkambushev@nvu.bg

STUDING OF THE LATTITUDE CHANEL OF MAV INTO THE AERODYNAMIC TUNEL

M. Kambushev, S. Biliderov

Abstract: *In the article, the peculiarities of the latitude channel of the MUAV type flying wing are studied. There is a MAV that is designed and prepared, and its geometrical measurements are introduced into the environment of an aerodynamical tunnel. Some researches of the influence of the aerometric parameters to the latitude channel are made.*

Key words: MAV, virtual aerodynamic tunel, latitude channel, aerometric parameters.

1. Introduction

There is a large amount of mini unmanned aerial vehicles (MAVs) used in the modern world. All of them are designed and built, usually by a small team of professionals. The problem comes from the fact that when no standard profiles are used to design the construction of the MAVs, almost nothing is known initially about its characteristics. This is the reason why the designers should work with prototypes before developing the serial MAVs. One such prototype is shown in Figure 1.

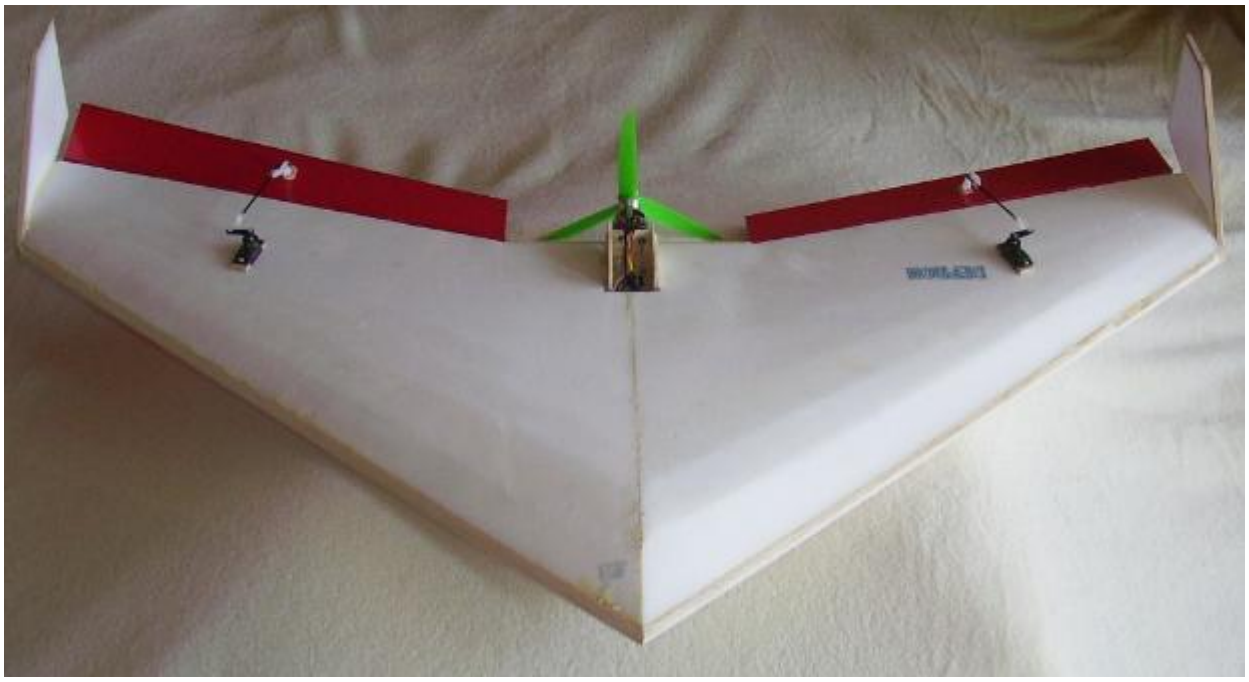


Fig.1 Prototipe of MAVs

Once the prototype has been made, it is convenient to conduct research into virtual aerodynamic tunnels before proceeding to create the MAVs control algorithms.

The choice of the software product is dictated by the market prices, the quality of the results obtained after the research, and most of all, whether the experts have expressed their opinions on different forums for a given product.

A suitable software product for MAVs researching on low Reynolds number is XFLR5 [3, 4]. Besides good results, it is free for distribution.

Most of the well-known aerodynamic books focus mainly on a longitudinal channel study for the purposes of MAVs control. There are well developed algorithms describing dependencies in this channel. At the same time, the lateral channel remains somehow in the shade and the developers do not show it clearly in the results of its research.

The purpose of the presented research is to study the behavior of a flying wing MAVs in the lateral channel.

2. Simulation studies of the lateral channel of the MAV

The real geometric dependencies of the shape and the profiles of the wing [2] are used in the development of the simulating model of flying wing flap type MAVs in the environment of the XFLR5 software product. In Figure 2 is shown a flying wing type in the XFLR5 virtual aerodynamic tunnel exploration process that is balanced in the longitudinal channel.

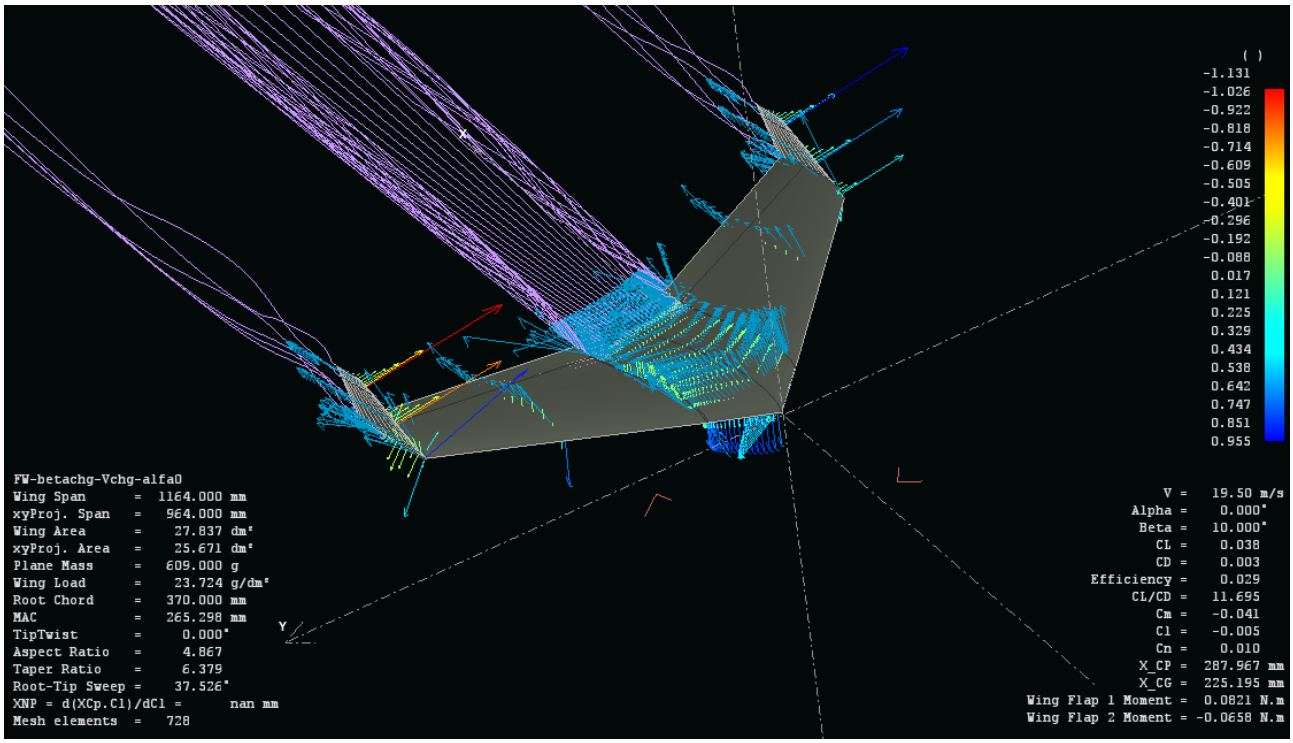


Fig.2 The prototype of the MAV developed in the environment of XFLR5

From an aerodynamic and constructive point of view, it is interesting to observe the zones of blowing and the vortexes that occur [1]. In Figure 3 is the same view of the MAV from the rear.

In terms of the automation science, in the lateral motion, the controlled object is described with the following equation system:

$$\begin{aligned} &\sum F_z = Z_a + G.\cos(\vartheta).\sin(\gamma) = 0 \\ &\sum M_x = M_{x_0} + M_x^{\beta}.\beta + M_x^{\delta_e}.\delta_e + M_x^{\delta_H}.\delta_H = 0 \\ &\sum M_y = M_{y_0} + M_y^{\beta}.\beta + M_y^{\delta_H}.\delta_H = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Where:

$\sum F_z = 0$, $\sum M_x$, $\sum M_y$ are respectively the sum of the components of the lateral force, the longitudinal and heading moments;

M_{x0} and M_{y0} are the moments of the aerodynamic asymmetry;
δ_e and $\delta_н$ are the deflection of the ailerons and the rudder;
β is the angle of sliding.

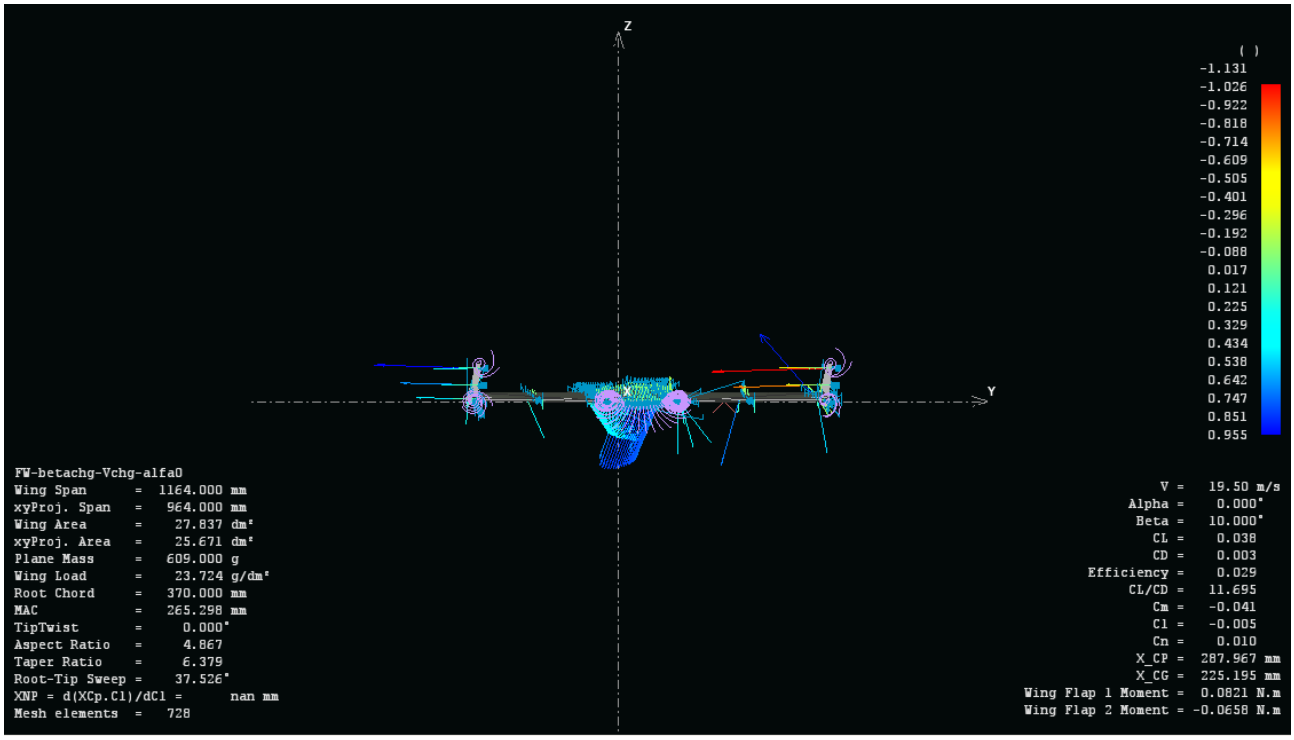


Fig.3 The prototype of the MAV developed in the environment of the XFLR5 - a back view

In this equation, the items related to the rudder are dropped because on the MAV there is not such kind of controls. If we ignore the moments of the aerodynamic asymmetry, assuming that the blown object is symmetrical and convert the equations into aerodynamic coefficients, the condition of lateral balance is obtained:

$$\begin{aligned} c_{z_a}^{\beta}.\beta + c_{y_a}\tan(\gamma) &= 0 \\ m_x^{\beta}\beta + m_x^{\delta_e}\delta_e &= 0 \\ m_y^{\beta}\beta &= 0 \end{aligned} \qquad (2)$$

The test procedure consists of the following: for the speed range V=$1 \div 20$ [m/s], a sliding angle in the range $\beta = 0 \div 20$ [deg] in positive direction is selected. For each velocity, the angle of attack is changed $\alpha = -20 \div 60$ [deg] across the entire slider angle range.

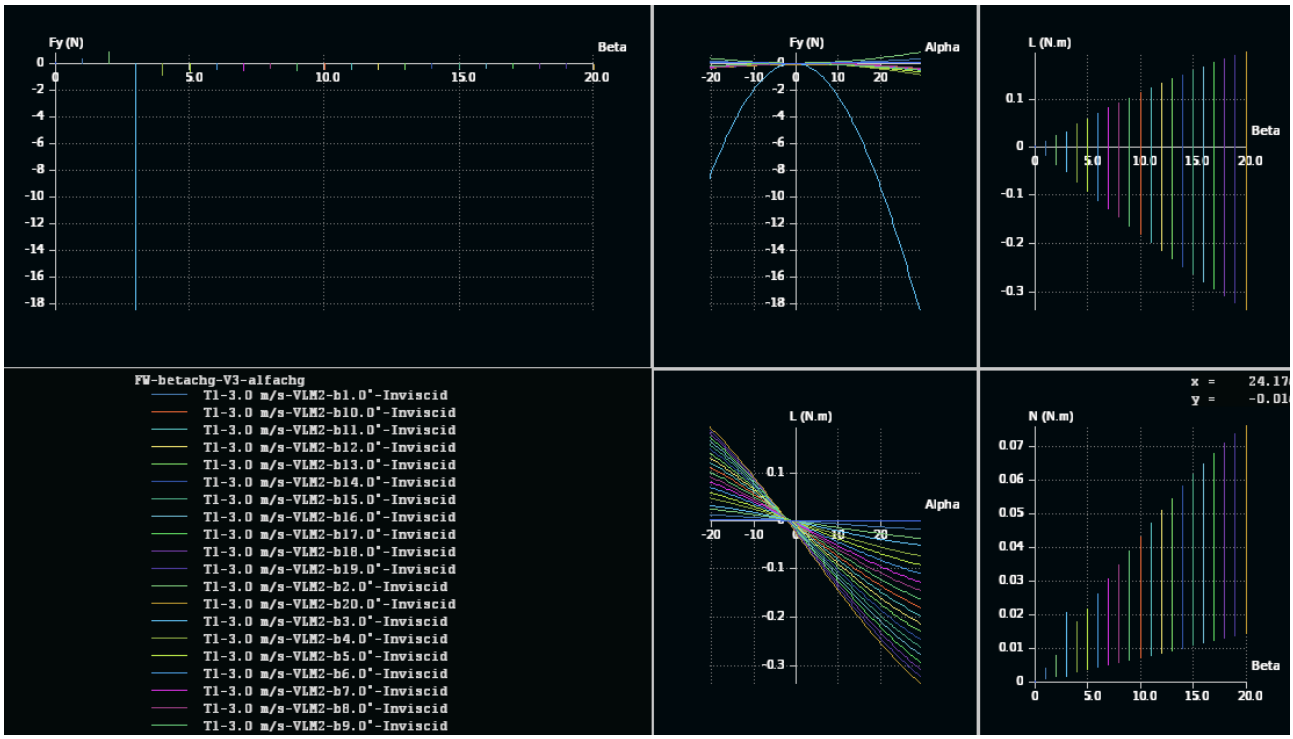
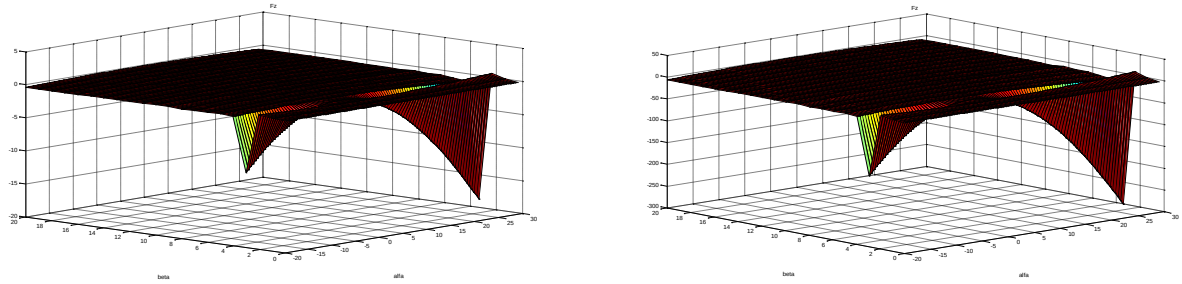


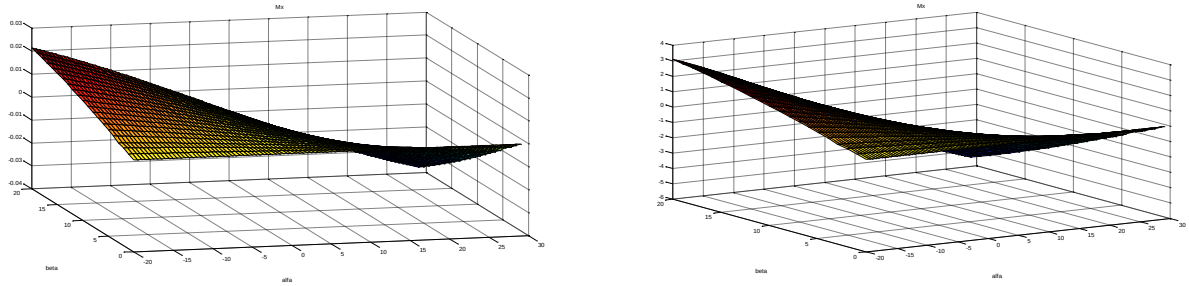
Figure 4 Families of characteristics of 2 D dependencies of forces and moments from flight aerometric parameters

In Figure 4 are shown the dependencies for lateral force, longitudinal and heading momentums describing the lateral movement of the MAV.



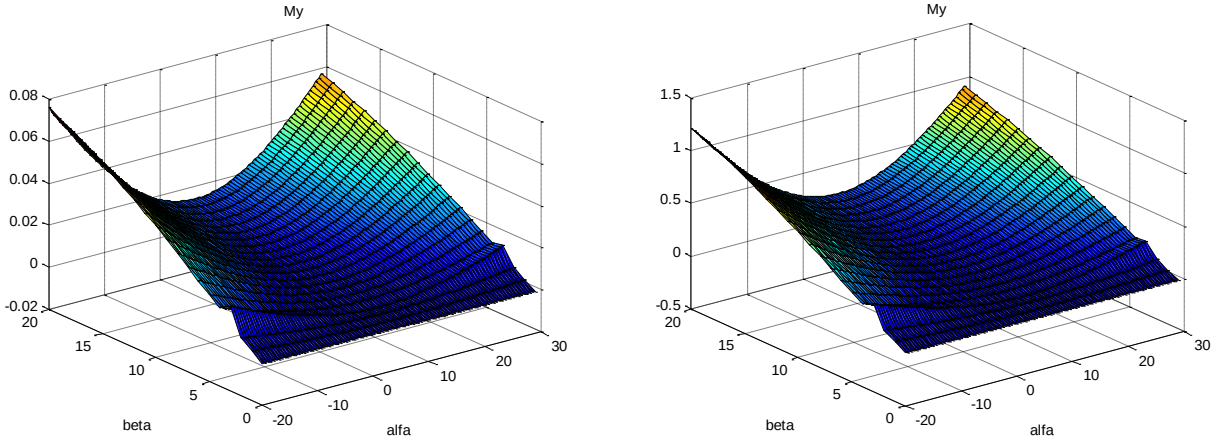
Fz when V=3m/s Fz when V=12m/s

Figure 5 Families of characteristics in 3 D mode of lateral force dependencies from aerometric flight parameters



Mx when V=1m/s Mx when V=12m/s

Figure 6 Families characteristics in 3 D mode of the longitudinal moment dependencies from the aerometric flight parameters



My when V=3m/s My when V=12m/s

Figure 7 Families characteristics in 3 D mode of the heading moment dependencies from the aerometric flight parameters

3. Conclusion:

- The aerodynamic forces and side channel moments for the selected flying wing type are obtained.
- Research has been done at different speeds and sliding angles when changing the angle of attack.
- The results obtained are used when tuning the MAV autopilot on real-life flights.

Reference:

1. Гешев Д., П. Узунов. Основи на аеродинамиката и динамиката на полета. МО „Военно издателство“, 1994г.
2. Камбушев М. , С. Билидеров. Изследване в надлъжния канал на мини безпилотен летателен апарат тип летящо крило. АДП-2017, Созопол, 2017г.
3. Емельянова О.В., Казарян К.Г., СИНТЕЗ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ БПЛА ТИПА "КОНВЕРТОПЛАН-ТРИКОПТЕР"Cloud of Science. 2017. Т. 4. № 2. С. 249-263.
4. XFLR5 Analysis of foils and wings operating at low Reynolds numbers. Guidelines for QFLR5 v0.03 October 2009 <https://engineering.purdue.edu /~aerodyn/ AAE333/ FALL10/HOMEWORKS/HW13/XFLR5_v6.01_Beta_Win32%282%29/Release/Guidelines.pdf> 26.04.2018

ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТРАНИЧНИЯ КАНАЛ НА МБЛА ВЪВ ВИРТУАЛЕН АЕРОДИНАМИЧЕН ТУНЕЛ

М. Камбушев, С. Билидеров

Резюме: *В настоящата статия са разгледани особеностите на страничния канал при малогабаритен безпилотен летателен апарат от типа на лятящо крило. На базата на конструиран и разработен безпилотен летателен апарат са снети геометричните размери и са въведени в средата на виртуален аеродинамичен тунел. Направени са изследвания на влиянието на аерометричните параметри на полета върху характеристиките на страничния канал.*

Data Authors:

eng. Martin Milenov Kambushev, PhD, Chief Assistant, Faculty of Aviation, Dolna Mitropolia – National Military University, Veliko Turnovo, Bulgaria, Bulgaria, tel .0887 525331, e-mail :m_kambushev@yahoo.com

eng. Stefan Savov Biliderov, PhD, Associate proffesor, Faculty of Aviation, Dolna Mitropolia – National Military University, Veliko Turnovo, Bulgaria, Bulgaria, tel.0898 735621, e-mail :biliderow_ss@yahoo.com

DESIGN OF A NOVEL MODULAR MECHATRONICS DEVICE WITH APPLICATION OF MINIMALLY-INVASIVE SURGICAL PROCEDURES

V. Ivanova, D. Bachvarov, A. Boneva

Abstract: *In contrast to daVinchi by Intuitive Surgical Incorporation and Zeus by Computer Motion which instruments are designed for manipulation and video observation we offer novel modular mechatronics device with additional functions for better results for patients. Therefore we decide two main problems i) we ware designed and produced an original construction of an adequate experimental module, where was incorporated two force sensors to provide tool-tissue information (some of which was described and discussed at previous work) , and ii) we ware realized hardware and program resources for control and monitoring of this module which is the object of this work. The computer program includes information about various measurements of contact surfaces and data obtained from the experimental module is used to find the difference between saved date from previous measuring and received information in real time. Another signification advantage of the proposed program solution is the graphical visualization of the measuring and comparing the results. Therefore the surgeon can give the adequate command to force interaction between the instrument and tissue.The aim of this work is to bring radical improvements to the quality and efficiency of our healthcare.*

Key words: mechatronics device, robotics, surgical robots, robot-assisted surgery, instruments, minimally-invasive surgical procedures.

1.Introduction

World trend in medical technology is the development of a new type of tools, devices and accessories, to improve the performance of medical staff and increase quality of care for patients. The main objective of this work as an answer to world facing challenges for optimal treatment of disease in laparoscopic surgery is the development of novel modular mechatronics devices with better characteristics whose target is to bring radical improvements to the quality and efficiency of our healthcare. The last decade, more than 1.5 million laparoscopic surgical procedures, including gynecologic, cardiac, urology, thoracic, and general surgery, have been performed worldwide by daVinchi (Intuitive Surgical Incorporation, a market-leading surgical robot system. Many research groups have aimed to improve the daVinchi system or to propose novel surgical robot systems. A surgical robot end-effector with a new joint mechanism for large force, accurate motion, and preventing joint hysteresis has been proposed

In contrast to *daVinchi* by Intuitive Surgical Incorporation and *Zeus* by Computermotion [2] which instruments are designed for manipulation and video observation we offer modular device with additional functions such as to measuring of tip-tool force interaction, temperature, blood – pressure of patient, fix the moment of contact with the tissues etc.. This novel modular mechatronics device can be dividing on four types of instruments - for diagnosis [3], manipulation [4], therapy and video observation. By developing novel specialized instruments it has to be created more compact, simple, cheaper and easier robotic instruments than ever. It has to be developed novel smart instruments for robotic surgical systems and capability of irregular shape objects manipulation such as stones, organs, tissues etc.

Each instrument is divided into three sections:

Control block (electronic interface board) ;

Handle of the tools where is incorporated a block with embedded force sensors, a linear stepper motor and a position sensor;

Different designed end effectors which are fixed to the end of the tools.
On the Fig. 1 is shown a basic structure of the modular mechatronic device.

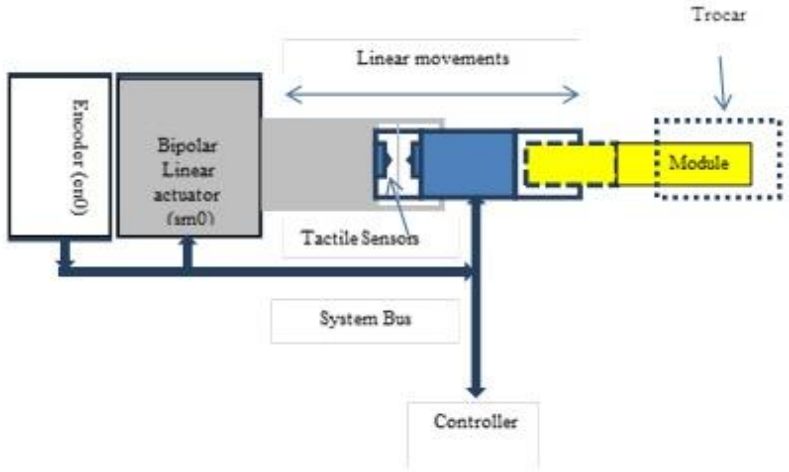


Fig.1 A basic structure of the modular mechatronic device for laparoscopic surgery

The design of an each mechatronics instrument consists of a force feedback sensor, a position sensor, a linear motor, and signals processing system. In handle of the mechatronics device a linear actuator works in combination with sensors providing positional feedback. Therefore an absolute encoder, is implemented which is coupled to the shaft of the actuator. As a result of the high measuring resolution of his output feedback signals the proper accuracy of the tip translational positioning is ensured. In construction of handle mechatronics device is also incorporated an axial bi-direction force sensor. The sensor is intended for use as intermediate link between the linear actuator and tool's jaws. This force sensor aids as the tactile sense, and the tactile information is sent to the surgeon's fingers via a tactile feedback device to provide him with a feeling of the shape, hardness, or size of tissues grasped with the instrument. The force interaction is very precise measured in the requisite operating range from 0 to 1500 g and due to sensor linear - in its convenient conversion constant voltage. Another important function of this device is to fix the moment of contact of the jaw to organs/ tissues/ blood vessels respectively, the time was extended.

On the Fig.2 is shown an experimental module of the modular mecharonic device with application of laparoscopic surgery.

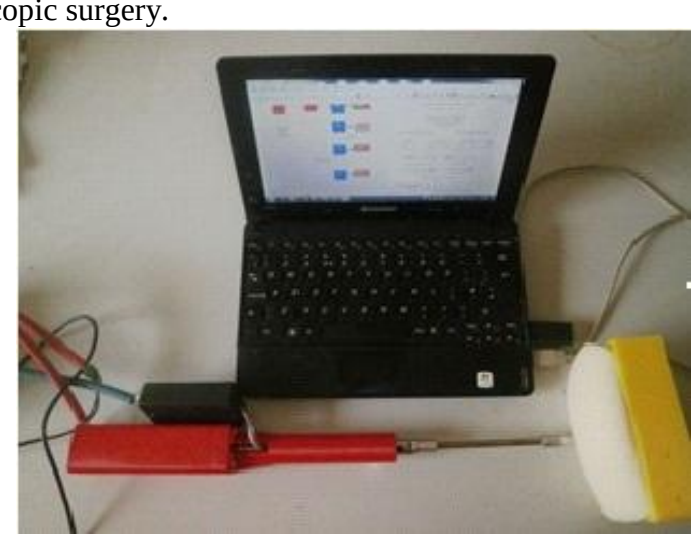


Fig.2. An Experimental module of the modular mechatronic device with application of laparoscopic surgery

2. Design and construction of a novel modular mechatronics device

On Fig. 3 is shown the experimental module of a novel modular mechatronic device.

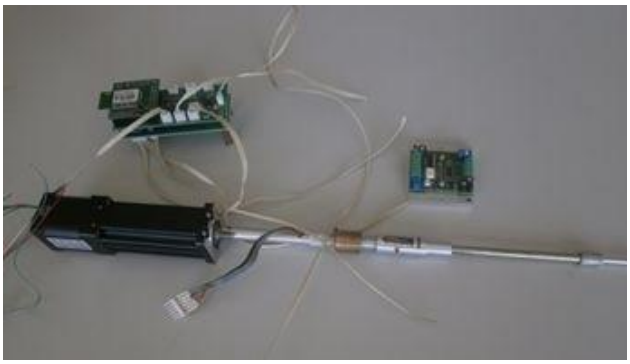


Fig.3. An experimental module of a novel modular mechatronic device with base elements

An instrument for diagnosis

The designed instrument for diagnosis poses a wide range of force capabilities measuring (0-1500 grams) both in insertion and retraction of the instrument for implementing different types of end-effectors. It was recognized the presence of the tools –surface force interactions and the lack of these. The instrument is designed to provide the surgeon with a feeling of the shape, hardness, or size of tissues grasped with the instrument.This tool was described in previous works [5],[6].

An instrument for manipulation.

An Instrument for manipulation is object on the future work.

An instrument for observation

The tool is designed to monitor of important vital parameters during the operation, implemented as a wireless networking device designed to monitor patient status in real time. It is realized by making an ECG presented in digital form and sent wirelessly to the Controller Block of the laparoscopic instrument. This Controller analyzes the received digital information by specifying parameters such as pulse, heart rate, blood pressure, body temperature, etc., measured in an area where the instrument probe is fixed.

An instrument for therapy

An instrument for a therapy (On Fig.4) is a sophisticated module that incorporates engines, sensors for positioning and control of encoders and mechanical structures that perform manipulation on tissues (laparoscopic interventions). This module is designed for programmable irradiation of FEM (2.44 GHz - 2.508 GHz). The radiation is local, within a radius of 1 mm from the emitter. It is possible change of the intensity and frequency of the SDR radiation as a function of the time. The broadcast signal poses four intensities. The radio signal acts on the emitters in direct contact with the emitter, the signal attenuation being realized at 100% off the sphere, with a radius of 1 mm and the center of the tool.

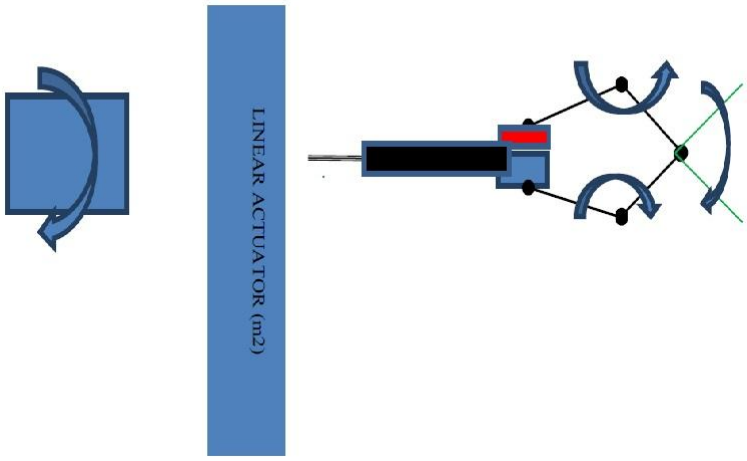


Fig.4. An instrument for therapy with application in laparoscopy

4. Control system and software package for a modular mechatronic device

For adequate control of everyone instrument and device is very important to have interactive user –friendly software which to provide a graphical environment for designing, testing, editing and downloading control sequences. The adequate software will give examples of the various commands and techniques. Also analysis at an early stage of the design process, and on a system that interfaces directly to an unstructured environment, exposes certain issues relevant to the application of current hazard analysis methods. The range of property program commands will allow the user to control output or input devices, such as motors, actuators, sensors and lamps which are connected to the microcontroller. It’s possible to switch devices on or off in sequences using: timing, counting, repetition, and decisions based on signals from sensors and actuators that are connected to the microcontroller. From the way the managing software package is organized depends 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. Therefore the managing software package has to be designed in such a way to permit some principal requirements as to realize the input of the date for ensure the necessary accuracy of the measurements of the force in requested range

In conformance with the listed requirements the necessary for the purposes of the measurements software programs was developed using TCL-TK language [7]. The TCL-TK program demonstrates the operation of the tool by searching for contact, detecting the presence or the lack of the tool-surface interaction, measuring the interaction force of the instrument with a given surface. The results obtained are visualized in a graphical form and save in a data base. The results are compared with other such results of the program results. The main menu of the program which is displayed on the screen after its execution is as described below. The range of the commands allows the user or doctors to control the device and motors, actuators, sensor –force and position, which are connected to the microcontroller.

Some of basic program functions are Commands for Motion - Start and Stop machine, command for insertion and retraction linear of the tools, Mode-Automatic and manual, current step positions of the motor, save in samples or save in results, visualization and comparison of the measuring and etc.

The program is designed for four instruments –diagnosis, manipulation, observation and therapy. On the Fig 5 is shown control panel .

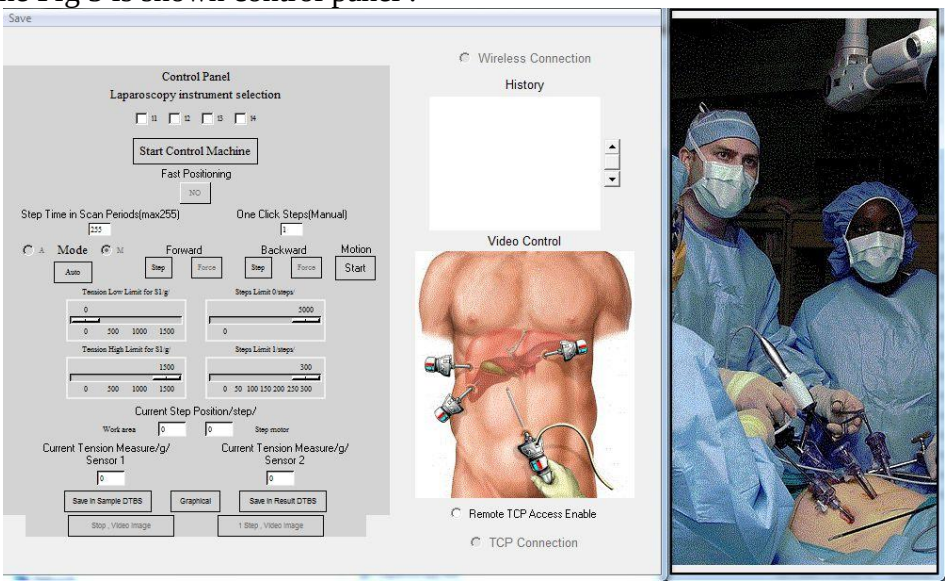


Fig.5. Control panel

Analyze of the results consists of Automatic Control, Dynamic Measurement Graph и DTBS (DTBS Samples and DTBD Results). In order to record the results the operator has to perform the

command: save in Result DTBS or Save in Sample DTBS. The user or physician can perform graphical processing and analysis of the research results by Measurement Graphic too (On Fig 6).



Fig 6. Measurement Graphics with results from the program

5. Experiments and analyzis with an experimental modul with force capabilities

The purposes of carried out experiments with the realized module with force capabilities are:

- verify the functionality and working capacity of the experimental module with force feedback capabilities for robots;
- to evaluate practically whether the error introduced by the produced module during its normal operation is well within the required target of accuracy;
- to ensure that the error introduced during the carried out experiments and evaluation is negligibly small;
- to demonstrate the operation of the tool by searching for contact, detecting the presence or the lack of the tool-surface interaction;
- to measuring the force interactions of the instrument with a given surface.

The following examples are made to illustrate the application of testing model. The experiments are conducted with a piece of Styrofoam and different end-effectors which was designed and produced.The same experiment was conducted with a piece of memory material. The

results are similar. The aim of the conducted experiment was to demonstrate the precision and functionality of the experimental module with force capabilities.

At a distance of about 2 mm from the wall inwards, the dissection was made and the tool was inserted. The step of the motor is 1/8 (6 microns) and the indicial force is 140 grams. The instrument searches the contact point with the surface, detecting the presence of the tool-surface interaction and measuring the force interaction of the tip tool with the given surface. The result from the experiment is shown on the Fig 7, where the Force in grams is given on X axes and the step of the motor is given on Y axes.

Under the same conditions measurements were made with the piece of rubber and a result file was obtained (Fig. 8).

The step of the motor is 1/8 and the indicial force which the instrument has to search is 140 grams. The instrument searches the contact point with the surface, detecting the presence of the tool-surface interaction and measuring the force interaction of the tip tool with the given surface (a piece of rubber).

The result from the experiment with a piece of rubber is shown on the Fig 8, where the Force in grams is given on the X axes and the step of the motor is given on the Y axes.

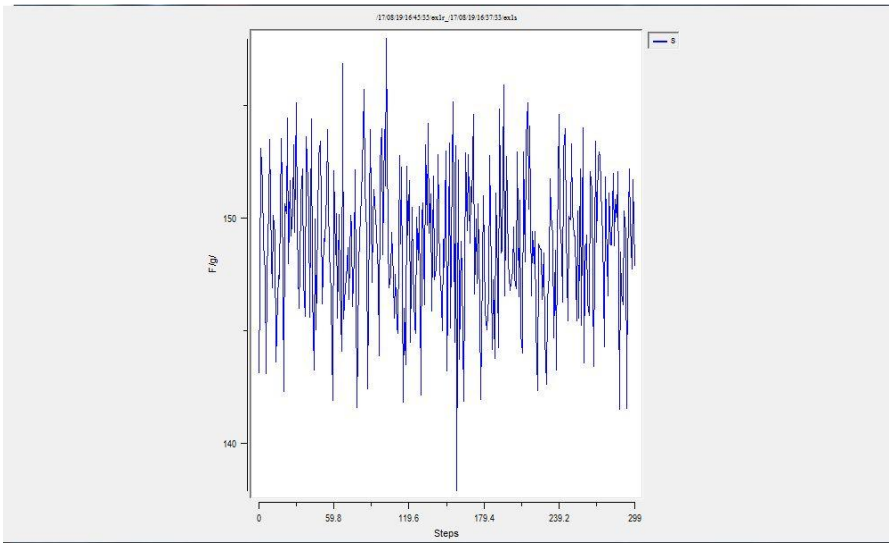


Fig.7. Conducted Experiment with a piece of Styrofoam

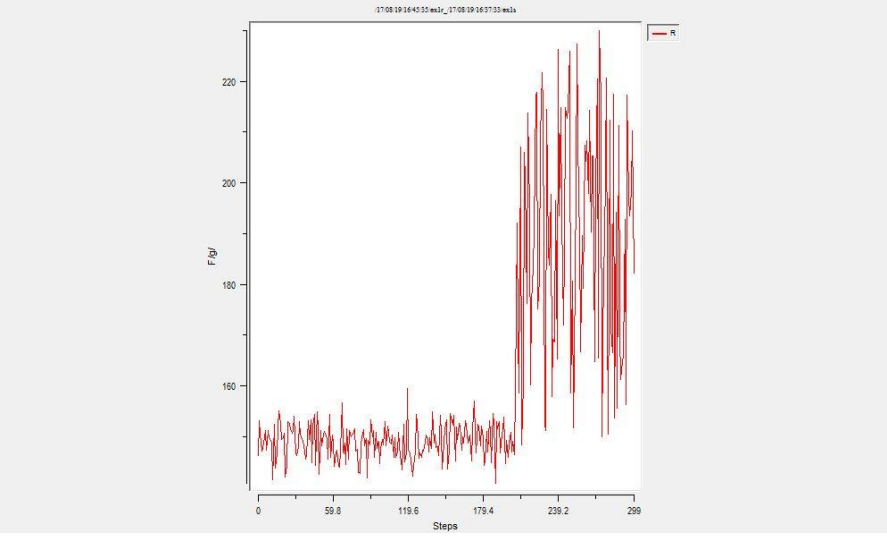


Fig. 8. Conducted Experiment with a piece of rubber.

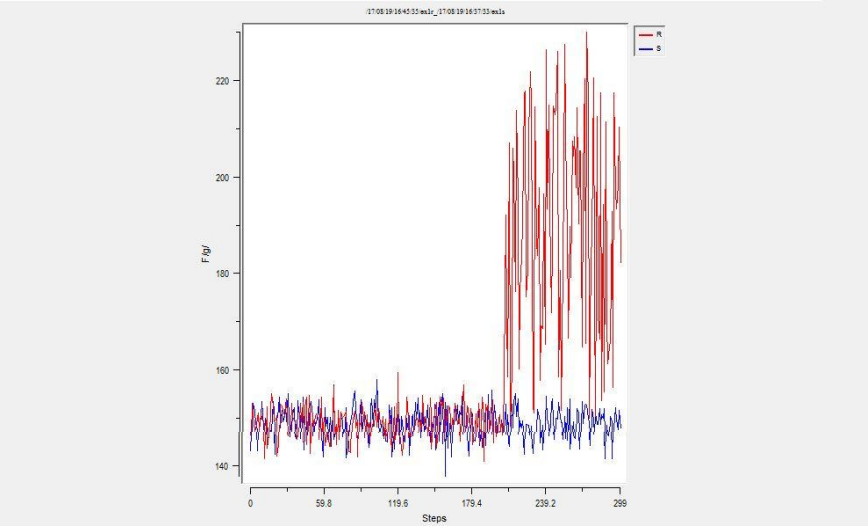


Fig.9. Comparison of Conducted Experiment with a piece of Styrofoam and rubber

On the Fig 9 are selected results from first and second conducted experiment (the pieces of Styrofoam and rubber respectively). where the Force in grams is given on the X axes and the step of the motor is given on the Y axes The same experiment was conducted with a piece of memory material. The results are similar. The results from these, as well as all conducted experiments, show the exceptionally high accuracy of the measuring process (5%) for Automat and Manual modes of operation of the designed experimental force module in a wide range of forces (0-1500 grams) both in insertion and retraction of the instrument and implementing different types of end-effectors for those experiments. It was recognized the presence of the tools –surface force interactions and the lack of these.

Conclusions

This paper described a novel modular mechatronic device with application in laparoscopic surgery. In contrast to *daVinchi* by Intuitive Surgical Incorporation and *Zeus* by Computer Motion which instruments are designed for manipulation and video observation we offer novel modular mechatronics device with additional functions-diagnosis, manipulation, observation and therapy. The target of the work is to bring radical improvements to the quality and efficiency of our healthcare. User-friendly software which to provide a graphical environment for designing, testing, editing and downloading control sequences is described also. Capabilities.The experimental module of the modular mechatronic device was realised. The same experiment was conducted. The aim of the conducted experiment was to demonstrate the precision and functionality of the experimental module of the device.

ПРОЕКТИРАНЕ НА НОВО МОДУЛНО МЕХАТРОННО УСТРОЙСТВО С ПРИЛОЖЕНИЯ В МИНИ-ИНВАЗИВНАТА ХИРУРУРГИЯ

В. Иванова, Д. Бъчваров, А. Бонева

Резюме: *За разлика от широко използваната хирургическа система daVinchi, чиито инструменти са проектирани за манипулации и видионаблюдение, ние предлагаме нов тип модулно мехатронно устройство с допълнителни функции.*

Съответно, сме решили два основни проблема, i) ние сме проектирали и създали адекватен експериментален модул с оригинална конструкция, в който са вградени два силови сензора , осигуряващи информация за силовия конткт между инструмента и тъканите и ii) проектирали сме и изработили съответния хардуер и програмното осигуряване използвани за контрол и наблюдение на резултатите, реализирани чрез използването на този модул. Компютърната програма съхранява информация за различни измервания на контактната повърхност в специализирана База данни, използвана за сравнителен анализ на измерената текуща и съхранената от предходни измервания такава. Друго предимство на този подход е възможността за графична визуализация на измерванията. По този начин хирургът може да даде адекватна команда за силово въздействие върху тъканта.

Bibliography:

1. IntuitiveSurgical.Inc http://www.intuitivesurgical.com/.
2. Computermotion http://www.computermotion.com/
3. Ivanova V, K., Koleva, R., Mihailov, I., Beniozef, Family tools for robot –assisted surgery , Proceedings in Manufacturing Systems, Romanian Academy Publishing House , Vol.8 Issue 2, (2013) ISSN 2067-9238., pp117-122
4. V.Ivanova, V Pavlov. I.Chavdarov., Laparoscopic robotized instrument, Proceedings in Manufacturing Systems, Romanian Academy Publishing House , Vol.12 Issue 1, (2017) ISSN 2067-9238., pp117-122
5. 5.V. Ivanova, K., Koleva, R., Mihailov ,.I. Beniozef, Family tools for robot –assisted laparoscopy , Proceedings in Manufacturing Systems, Romanian Academy Publishing House , Vol.7 Issue 4, (2012) ISSN 2067-9238., pp 205 -210
6. 6.V.Ivanova Laparoscopic device for restore sense of touch, Journal Mechanics of Machines, Technical University Publishing Hose (2012) ISSN 0861-9727, Vol. 99, No.4, pp. 46-50
7. TCL/TK program www.tcl.tk

Data Authors:

Veronika Ivanova Atanasova - Georgieva, Assist. Prof. PhD Student Eng. Department of Robotized executive mechanisms and Intelligent Systems, Institute of Robotics - Bulgarian Academy of Sciences, Akad Geoegi Bonchev Str. Bl. 2, 1113 Sofia, Bulgaria, Tel.: +359 887 920 816, Fax: +359 2 2 870 33 61, E-mail: iwanowa.w@abv.bg

Dichko Enchev Bachvarov, Mag. Math., Department of Communication Systems and Services, Institute of Information and Communication Technologies – Bulgarian Academy of Sciences, Akad Geoegi Bonchev Str. Bl. 2, 1113 Sofia, Bulgaria, Tel.: +359 2 979 32 20, E-mail: dichko1952@abv.bg

Ani Todorova Boneva, Assist. Eng., Department of Communication Systems and Services, Institute of Information and Communication Technologies – Bulgarian Academy of Sciences, Akad Geoegi Bonchev Str. Bl. 2, 1113 Sofia, Bulgaria, Tel.: +359 2 979 32 20, E-mail: a_boneva1964@abv.bg

DYNAMIC PROCEDURE FOR SEPARATION OF ELECTROMYOGRAPHIC AND ELECTROCARDIOGRAPHIC RECORDINGS OF TRUNK MUSCLES

I. Christov, S. Angelova, R. Raikova

Abstract. *Electromyographic signals (EMGs) from trunk muscles are used for diagnostic aims in different neuro-muscular diseases, for control of ortheses and exoskeletons of the upper arm. Unfortunately these EMGs are accompanied by electrocardiographic (ECG) noise. Different methods are developed to remove (filter) the ECG artifacts. It is claimed that a Butterworth high-pass filter with a 30 Hz cut-off frequency can resolve the problem. This filter, however, destroys the EMGs in both frequency and time domain. A new procedure based on dynamic applications of Savitsky-Golay filter is proposed. It is successfully tested and compared with a Butterworth filter using experimental and modeled data where the ratio between the amplitudes of EMGs and ECGs varies in wide range.*

Key words: electromyographic signals, electrocardiographic signal, separation, trunk muscles, dynamic procedure, Savitsky-Golay filter.

1. Introduction

Mioelectric control of different technical devices like ortheses, exoskeletons and prostheses of the upper limb is a modern and innovative trend (Maciejasz et al., 2014). In Goputa et al. (2009) a 7 DOF upper limb exoskeleton with EMGs based control is presented. Here EMGs of four trunk muscles (teres major and minor, pectoralis major and infraspinatus) are used together with other upper arm muscles as inputs in the control scheme. In Kiguchi et al. (2008) trunk pectoralis major and teres major are used for the same purpose. Our own experimental EMG investigations (Veneva et al., 2017) showed that all these trunk muscles signals are accompanied by ECG noise. Different methods are developed to filter the ECG artifact. Most of them are critically analyzed in Drake and Callaghan (2006). These authors conclude that a Butterworth high-pass filter with a 30 Hz cut-off frequency is the optimal balance between ease of implementation, time investment and performance. When the ratio between the amplitude of the EMGs and ECGs are below 1, this filter is not working very successfully. We developed a procedure for separation of ECGs and EMGs by dynamic filtration of EMG artifacts from ECGs. It was created in 1999 (Christov and Daskalov, 1999) and the concept was further developed over time (Bortolan et al., 2014, 2015; Christov et al., 2017). Here the idea is opposite: first to suppress EMGs, to obtain pure ECGs and then to subtract it from the original EMGs+ECGs. To prove the effectiveness of this method we compare our results with those obtained by Butterwort 4^{th} order filter with cut-off frequency of 30 Hz.

2. Methods

2.1. Evaluation of the filtering rate in dependence of the frequency spectra of ECG waves

A ‘wings’ function for assessment of the frequency spectra of the ECGs is evaluated. The input signal (Fig. 1A) is first filtered by moving averaging within a window of 20 ms to suppress the power-line interference and then is filtered by Savitzky-Golay filter (Savitzky and Golay, 1964) within a fixed window of 60 ms. The result is shown in Fig.1B. It is almost full suppression of the EMG signal and the high-frequency components of the ECG signal are much distorted, which is reflected in a strong reduction of the QRS amplitude.

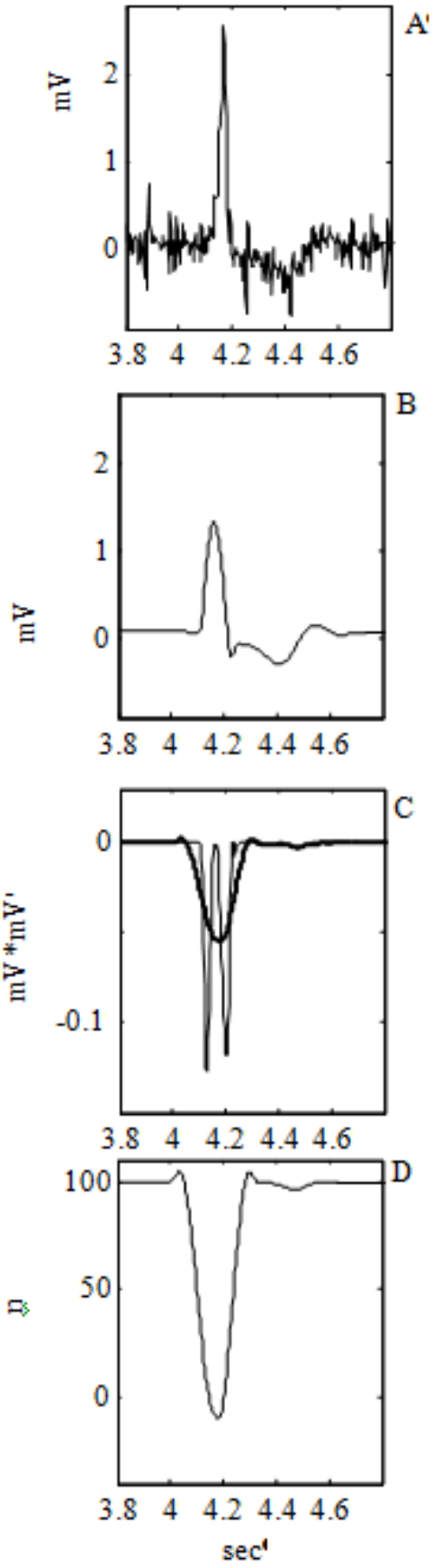

A'
mV
2
1
0
3.8 4 4.2 4.4 4.6
B
mV
2
1
0
3.8 4 4.2 4.4 4.6
C
mV*mV'
0
-0.1
3.8 4 4.2 4.4 4.6
D
%
100
50
0
3.8 4 4.2 4.4 4.6
sec'

Fig.1

A so-called ‘wings’ function is found by multiplying the slopes of two adjacent segments of 10 ms length, having a common point. The absolute value of the product is then taken and its negative value is considered (Fig. 1C). For a 1500 Hz sampling rate and segments’ length of 10 ms, the ‘wings’ (*W*) function is determined by:

$$W_i = -\text{abs}((S_i - S_{i-15})(S_i - S_{i+15})), \quad (1)$$

where S_i is the i-th sample of the filtered signal presented in Fig. 1B and $i>15$.

‘*W*’ is further smoothed by two-pass moving averaging with a window of 50 ms. The averaging is performed twice in the same forward direction. The result is a negative wave ‘W^*’ (shown by the thick line in Fig. 1C) that responds to the wave frequency of the ECGs. Next, the particular values of the ‘W^*’ function are transferred to a number of samples ‘*n*‘ (Fig. 1D) defining the dynamic window length over which the final Savitzky– Golay filter is applied. If ‘W^*_i’ is the current value of the smoothed ‘wings’ (the thick line of Fig. 2C) and W^*_{max}, W^*_{min} are its maximum and minimum values, the transfer formula to *n*, varying from n_{min} to n_{max}, is:

$$n_i = n_{min} + (n_{max}-n_{min})(W^*_i - W^*_{min})/(W^*_{max} - W^*_{min}) \quad (2)$$

The filtering rate from n_{min} to n_{max} is determined for the specific application, and for the signal in Fig. 1 it is from $n_{min}= -7$ (do not filter if n<1) to $n_{max}=100$.

2.2. Estimation of the EMG level

Up to now, dynamic filtration for the separation of ECG and EMG signals has been used only in electrocardiography where the ratio between the ECG and EMG amplitudes is significant. In electromyography during muscle load, the EMGs is many times greater than the ECGs. Low filtration level of dynamic filtering window with $n<7$ at muscle load allows not only ECGs but also EMGs to pass. On the other hand, low filtration during muscle rest is good to be done throughout QRS complexes. That is why we introduced an estimation of the EMG level by the following equation:

$$L_i = \sum_{j=i-25}^{j=i+25} abs(In(j)) \quad i >25, \quad (3)$$

where *In*=ECGs+EMGs is the input signal. The choice of 25 samples at equation 3 has been done empirically aiming the ‘*L*’ estimator to vary between 3 and 7 during rest and between 17 and 25 during muscle load.

2.3. Approximation procedure

A smoothing procedure adopted from the work of Savitzky and Golay (1964) is applied. The filter is of convolution type and uses least squares approximation method which is applied for defining the weighting coefficients. The mathematical description of the process is:

$$Y_j = \frac{1}{N}\sum_{i=-n}^{i=n} c_i X_{i+j} \quad (4)$$

Here *Y* and *X* represent the signal after and before approximation, respectively; *n* is the length of the approximation interval at both sides of the central point of the filtering window; c_i is a weighted approximation coefficient; and *N* is a normalization coefficient. The approximation coefficients are symmetrically weighted to the central point and are calculated for all the samples in the window for *i* equal from -*n* till to *n*:

$$c_i = 3n^2 + 3n - 1 - 5i^2 \quad (5)$$

The normalization coefficient is:

$$N = \frac{(2n+1)(4n^2+4n-3)}{3} \quad (6)$$

3. Results

The dynamic filtering is demonstrated with a trunk muscle recording shown in Figure 2:

- Fig. 2A - input signal - ECGs+EMGs;
- Fig. 2B - ECGs obtained by the EMGs suppression;
- Fig 2.C - ‘Wings’ function transferred to ‘*n*’ equal to the length of filtering window. The low values of ‘*n*’ are limited by a thick line ‘*L*’ obtained by the estimation of the EMG level; *L* varies from 5 to 20 depending on absence/presence of an EMG signal;
- Fig. 2D - input ECGs+EMGs filtered by Savitzky-Golay using the dynamic length ‘*n*’ of the filtering window;

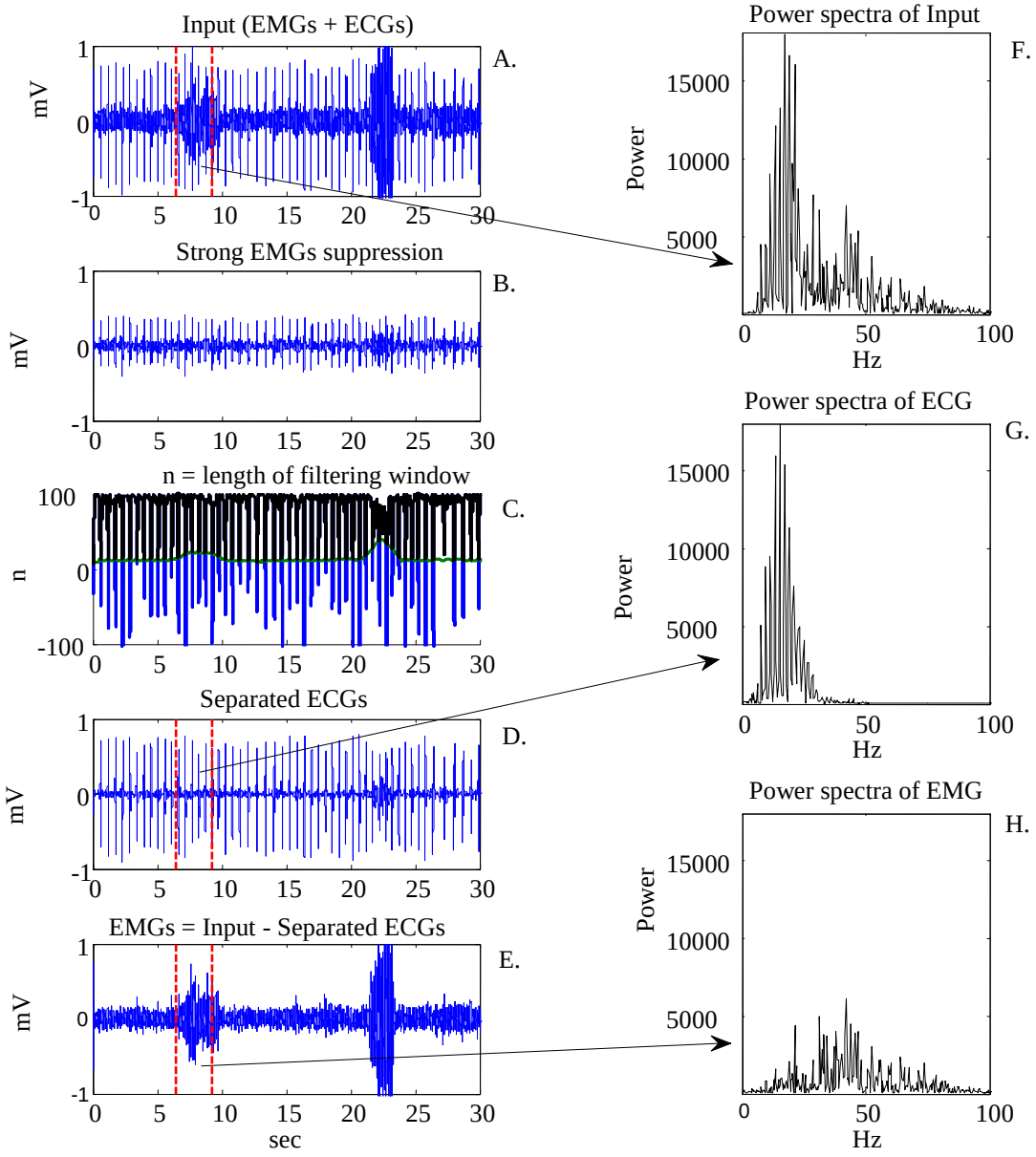


Fig. 2

- Fig. 2E - EMGs obtained by subtraction of the ECGs (Fig. 2D) from the input *In* (Fig. 2A).

Power spectra of the input (ECGs+EMGs) and of the separated by the suggested method ECGs and EMGs are shown on the right side of Fig. 2. We verified successfully the proposed method with experimental and modeling data. Special experiments were performed with a NORAXON system. EMGs from left muscles deltoideus pars acromialis, pectoralis major and latisimus dorsi were recorded by surface bipolar electrodes during different motor tasks planed in such way so that the ratio between the amplitudes of EMGs and ECGs to be in a wide range. Additionally the pure ECGs signal was recorded. For all recorded noised EMG data the proposed method filtered successfully the ECG noise. Additionally several modeled signals were processed also with a success. First the EMGs from m.deltoideus acromialis which is free of ECGs was summed with the experimental pure ECGs with different coefficients in order to have different ratio between the amplitudes of the both signals. Other processed signal was obtained summing the EMGs of m.deltoideus acromialis wih an arrhythmic, abnormal ECG signals taken from the Physionet 2017 Challenge Database (https://physionet.org/ challenge/2017/).

4. Discussions

Drake and Callaghan (2006) concluded that a Butterworth high-pass filter with a 30 Hz cut-off frequency is suitable for filtering purposes. For that reason, we processed the experimental data by a 4th order, high-pass Butterworth filter with cut-off frequency of 30 Hz (Fig. 3). The suggested method based on dynamic filtration is separating the EMG signal from the ECG signal without EMG signal distortion across its entire frequency range regardless of the ECG signal amplitude. The Butterworth filter suppresses signals in the 0 - 30 Hz range, thus preventing the low-frequency analysis of the EMG signal. An additional disadvantage is that it passes high-frequency ECGs components which is apparent at equal and higher amplitudes of the ECGs as compared to the EMGs (Fig.3 compared with Fig.2E). As can be seen comparing Fig.3B and Fig.2E the Butterworth filter is no as successful as our dynamic filtration.

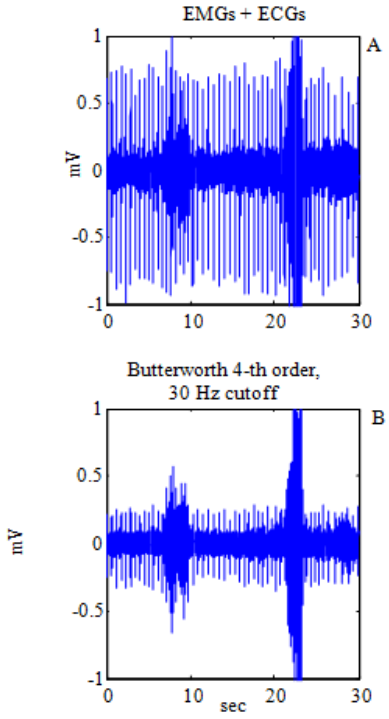


Fig.3

5. Conclusions

A method for separation of the ECGs from the EMGs using dynamic filtration has been suggested. The idea is first to obtain a filtered ECGs which is as close as possible to the initial ECGs in the mixed signal input (ECG + EMG) and then to subtract the filtered ECGs from the

initial signal. The approximation procedure of Savitzky-Golay with different length of filtering window was applied. The method was successfully verified on different experimental and modeled signals with different EMGs to ECGs amplitudes' ratios.

References:

1. Bortolan G., Christov I. (2014) Dynamic filtration of high-frequency noise in ECG signal. Comput. Cardiol., 41, 1089–1092.
2. Bortolan G., Christov I., Simova I., Dotsinsky I. (2015) Noise processing in exercise ECG stress test for the analysis and the clinical characterization of QRS and T wave alternans. Biomed. Sign. Process Control, 8, 378–385.
3. Christov I.I., Daskalov I.K. (1999) Filtering of electromyogram artifacts from the electrocardiogram. Med. Eng. Phys., 21, 731–736.
4. Christov I., Neycheva T., Schmid R., Stoyanov T., Abächerli R. (2017) Pseudo real-time low-pass filter in ECG, self-adjustable to the frequency spectra of the waves. Med. & Biol. Eng. & Comp., 55 (9), 1579-1588.
5. Drake J.D.M., Callaghan J.P. (2006) Elimination of electrocardiogram contamination from electromyogram signals: An evaluation of currently used removal techniques. Journal of Electromyography and Kinesiology, 16, 175–187.
6. Gopura R.A.R.C., Kiguchi K., Li Y. (2009) SUEFUL-7: A 7DOF upper limb exoskeleton robot with muscle-model-oriented EMG-based control. In: IEEE/RSJ Int. Conference on Inteligent Robots and System. St. Louis, pp. 1126-1131.
7. Kiguchi K., Rahman M.H., Sasaki M, Teramoto (2008) Development of a 3 DOF mobile exoskeleton robot for human upper-limb motion assist. Robotics and Autonomous Systems, 56, 678-691.
8. Maciejasz P., Eschweiler J., Gerlach-Hahn K., Jansen-Troy A., Leonhardt S. (2014) A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. J. Neuroeng. Rehabil., 9, 11:13.
9. Song Y., Sun L., Wang D., Du Z., Li Q. (2006) sEMG based control for 5 DOF upper limb rehabilitation robot system. In: Proc. IEEE Int.Conference on Robotics and Biomimetics, Kunming, China, pp.1305-1310.
10. Savitzky A., Golay M. (1964) Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. Anal. Chem., 36:1627–1639.
11. Veneva I., Raikova R., Angelova S. (2017) Active ortheses of the upper limbs. Survey and preliminary electromyographic investigations. XXVI МНТК “АДП-2017”, Созопол, 22 -25 юни 2017.

Acknowledgements

This paper is partially supported by the grant ДФНП-17-132 from Bulgarian Academy of Sciences.

Data Authors:

Ivajlo Christov, Prof., Sci.Dr., Dep. Processing and Analysis of Biomedical Signals and Data, Institute of Biophysics and Biomedical Engineering, BAS, Acad.G.Bonchev str. bl.105, tel: 979 36 35, Email: Ivaylo.Christov@biomed.bas.bg

Silvija Angelova, Ph.D student, Dep. Biomechanics and Control of Movements, Institute of Biophysics and Biomedical Engineering, BAS, Acad.G.Bonchev str. bl.105, tel: 979 36 10, Email: sis21@abv.bg

Rositsa Raikova, Prof., Sci.Dr., Dep. Biomechanics and Control of Movements, Institute of Biophysics and Biomedical Engineering, BAS, Acad.G.Bonchev str. bl.105, tel: 979 36 54, Email: rosi.raikova@biomed.bas.bg

ACTIVITY OF THE UPPER LIMB MUSCLES DURING MOTOR TASKS WITHOUT AND WITH AN EXOSKELETON

S. Angelova, I. Veneva, R. Raikova, S. Ribagin

Abstract. *Electromyographic signals (EMGs) from surface muscles of the upper limbs are often used for control of different technical devices – prosthesis, ortheses, robots for rehabilitation, active exoskeletons. The question is which surface muscles are suitable and how to process their EMGs. Experiments were performed using the Noraxon DTS EMG 8 channels system recording EMGs of 8 surface muscles during different motor tasks with and without an exoskeleton with 4 DOF (degrees of freedom) at shoulder and elbow. The EMGs were normalized according to their maximal values during recorded maximal isometric tasks. The main conclusions are that the exoskeleton construction impedes normal shoulder motions and EMGs of the shoulder muscles increase considerably. The EMGs of muscle pectoralis major is noised by the electrocardiographic signal and special filtering is necessary. In most of the motions without the exoskeleton considerable pronation/supination movements are observed, but when the exoskeleton is put on, these motions are limited and the EMGs of the pronator and supinator muscles are negligible. Other shoulder rotator muscles have to be chosen for future recordings.*

Key words: electromyographic signals, upper limb, exoskeleton.

1. Introduction

There are several exoskeletons and rehabilitation robots with more than one DOF controlled by EMG signals of surface muscles of the upper arm. In Kiguchi et al. (2008) a 3 DOF mobile exoskeleton is presented which is mounted on a mobile wheelchair. It performs shoulder and elbow flexion/extension and shoulder abduction/adduction using 8 channels of EMG signals for motion control. The muscles from which the EMG signals are taken are: deltoideus (anterior and posterior parts), pectoralis major, teres major, biceps brachii (long and short head), triceps brachii (long and lateral head). The aim is rehabilitation and assistance for performing daily activity. The control of the exoskeleton is in real time and it is a combination of flexible fuzzy control and adaptive neural network control. The authors do not use filtration of the EMG signals but only calculate a root mean square (RMS) value. This type of EMGs processing is not sufficient since during motions there are big motion artifacts which influence much RMS value. Another problem can be QRS complex influence on the EMGs of the muscle pectoralis major. This muscle is very close to the heart and in our experiments we observed clear powerful heart electrical rhythm. It was mentioned by the authors that an option exists when the EMG signals are weak to use for control signal based on a force sensor placed at wrist. So, the authors have 3 controllers – force-based, EMG based and obstacle based ones. The last controller prevents from accidental collisions between the user upper limb and the environment. Similar is the mechanic and control of the 4 DOF power-assist exoskeleton in Kiguchi et al. (2007), but one more motion is added – elbow pronation/supination. Four muscles are added into considerations – the muscles anconeus, pronator teres, flexor carpi radialis and supinator. These additional muscles are included probably with an aim to estimate the pronation/supination movements in the elbow. The muscle anconeus, however, is very small; it is a synergist of the muscle triceps brachii and acts in synchrony with it. A modification of this exoskeleton is reported in Kiguchi et al. (2010). One similar robot is reported in Gopura et al. (2008; 2009) - the so called SUEFUL-7 which has even 7DOF. They are: shoulder flexion/extension, aabductin/adduction and internal/external rotation, elbow flexion/extension and pronation/supination and wrist flexion/extension and radial/ulnar deviation.

There are 16 muscle parts from which the EMG signals are taken. Besides the muscles mentioned in Kiguchi et al. (2008) 8 muscles more are included – pronator teres, supinator, extensor carpi radialis and ulnaris, flexor carpi radialis and ulnaris, infraspinatus and teres minor. Besides the EMG signals (their RMS) of these muscles, inputs to the controller are also two measured forces (of forearm and of hand) and forearm torque. Muscle-model-oriented EMG-based control and/or sensor based control are realized in this work by using impedance control and neuro-fuzzy modifier. Other approach is reported in Li et al. (2006). Their 5 DOF (shoulder abduction/adduction and flexion/extension, elbow flexion/extension and pronation/supination and wrist flexion/extension) wearable rehabilitation robot has 5 servo motors. The control signals for these motors come from the EMG signals of the muscles of the healthy upper limb, since the robot is designed primary for stroke survivors with only one injured arm. These muscles are only 4 – of muscles biceps brachii, brachioradialis, mid-deltoideus and front-deltoideus, but for over each muscle four electrodes are placed. The EMG signals (their mean values) are inputs of a neural network to classify motions.

2. Methods

The subject participating in the experiments was a man, student, 25 year old. The experiments were performed using Noraxon DTS EMG 8-chanels system. It has 8 sensors for recording EMG signals from surface muscles. The signals are transferred wireless to a computer. They are pre-processed by the program Biomechanical Analysis Software MR3.8 and after that saved on the hard disk for further processing and analysis. Eight surface muscles of the upper arm were chosen for recording:

- **DELcla** – m. deltoideus, pars clavicularis – responsible for the flexion in the shoulder
- **DELspi** – m.deltoideus, pasr spinata – responsible for the extension in the shoulder
- **DELacr** – m.deltoideus, pars acromialis – responsible for the abduction in the shoulder
- **PMJ** – m. pectoralis major – responsible for the adduction in the shoulder
- **BIC** – m. biceps brachii – responsible for the elbow flexion
- **TRI** – m.triceps brachii, long head – responsible for the elbow extension
- **PRO** – m. pronator teres – responsible for the pronation in the elbow
- **SUP** – m. supinator – responsible for the supination in the elbow.

It has to be noted that these muscles during their contractions perform also other additional supplementary motions (Raikova, 1992; Veneva et al., 2017). We have chosen them as the main performers of the respective motions according to anatomical literature.

The sampling frequency was 1500 Hz, and the duration of each motor task was one minute. Hellige EMG conductive gel for better skin-to-electrode contact was used. The electrode locations were determined according to the international EMG guidance (SENIAM project - http://www.seniam.org/). Six motor tasks with only right arm were performed. They are as follows:

1. Reference position – the subject stood upright with his arms down beside the body, the arm was in relaxed position downward;
2. Maximal isometric tasks against resistance – the arm was in specific positions for each muscle and the subject was asked to push maximally against the instructor resistance;
3. Elbow flexion/extension – the initial position was the reference position; the subject flexed maximal the elbow, stood in the flexed position 5 sec and returned. The motions were performed 3 times with a rest from 10 sec between the trials;
4. Elbow pronation/supination – the initial position was the reference one; the subject made 3 times elbow pronation with a rest of 5 ms and 3 times elbow supination with a rest of 5 ms.
5. Shoulder flexion/extension – the initial position was the reference position; the subject flexed the shoulder till to 90^0 approximately, stood in this position 5 sec and returned. The motion was performed 3 times with a rest from 10 sec between the trials;

6. Shoulder abduction/adduction – the initial position was the reference one; the subject made abduction in the shoulder till to 90^0 approximately, rested 5 ms and returned. The motion was performed 3 times with a rest from 10 sec between the trials.

After that the exoskeleton was wearing (Fig.1) (Chakarov et al., 2014) and the 6 motor tasks were repeated.



Figure 1

The saved in text format EMG data were processed by custom made program written in MATLAB (Fig.1). First the maximal value for each muscle rectified EMG signals was determined and they were the coefficients for normalization. After that all EMG signals were normalized to the respective coefficients. Then the EMG signal of PMJ was filtered by using a Butterworth filter with order 4 and cut-off frequency of 30 Hz (Fig.2). The signals of other muscles do not need filtration. The last stage of processing is the rectification and smoothing of the signals – using 10 samples for averaging (Fig.3).

2. Results

The saved EMGs for all motor tasks were processed. One example is given in Fig.2 and Fig.3. The motion task is abduction/adduction in the shoulder joint. The normalized EMGs of the 8 muscles without exoskeleton are given in Fig.2A whereas in Fig.2B they are given for the same motor task with the exoskeleton. It is evident comparing the two pictures that the power of the shoulder muscle deltoideus increases in Fig.2B, since it has to carry the exoskeleton' mechanical construction which is heavy.

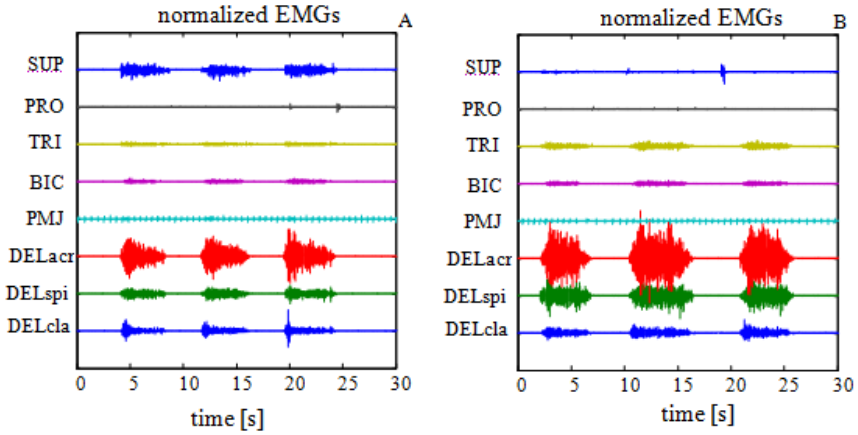


Fig.2

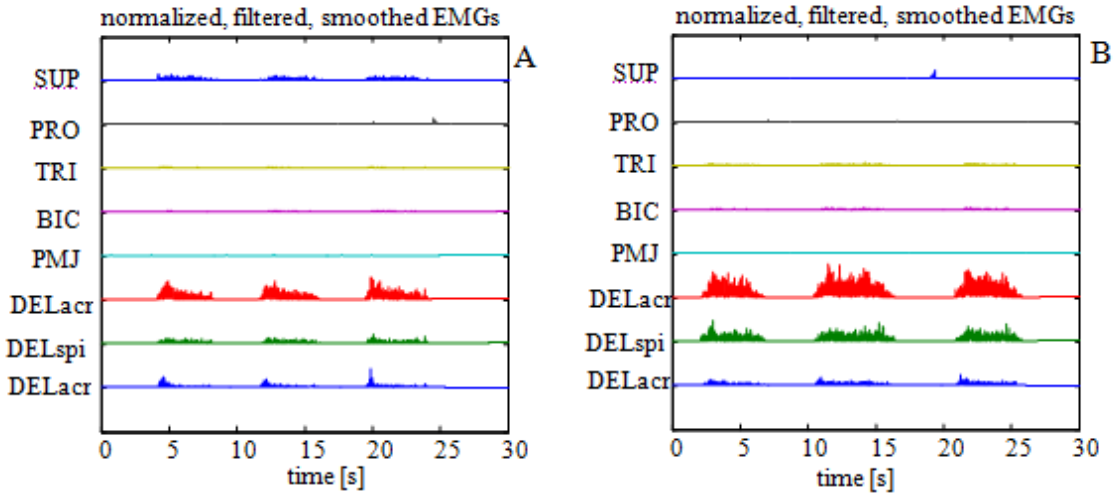


Fig.3

The heart electrical activity superimposed with the EMGs of the muscle PMJ is also visible. So, filtration is absolutely necessary. In Fig.3A and 3B the EMGs of this muscle is filtered using MATLAB Butterworth filter with order 4 and cut-off frequency of 30 Hz. It has to be noted that for some other motions this filter is not so successful. New approach has to be found. The motion abduction/adduction in the shoulder is accompanied by activity of the muscle supinator when the subject is without exoskeleton (Fig.2A). When the exoskeleton was put on, obviously a supination was not allowed by the mechanical construction and the activity of the supinator disappeared. It is visible that when the data was smoothed (Fig.3) only the three parts of the deltoideus were active (Fig.3B). All they had more activity, especially DELacr, when the exoskeleton is put on (Fig.3A versus Fig.3B).

Performing pronation/supination movements without exoskeleton the muscles PRO and SUB play significant role working together and m.BIC and m. TRI helping them during supination. When, however, exoskeleton is put on their activities decrease, whereas EMGs of the muscle DELcla increases. So, for controlling pronation/supination movements other muscles or a combination of muscles and maybe angles has to be found by new experiments. Elbow flexion/extension is performed by muscle BIC, but also PRO and SUP are considerable active when subject is without the exoskeleton. When, however, exoskeleton is put on the muscle BIC is predominantly active, the muscles PRO and SUP show slow EMGs level. So, this technical device impedes elbow pronation/supination. Flexion in the shoulder is performed synchronously by DELcla and DELacr and their EMG activity increase when the subject is with the exoskeleton. There is significant activity of the muscle SUP in the motion without exoskeleton, whereas when the exoskeleton is wore this muscle activity is zero, hence again a conclusion for rotation preventing by the technical device can be made. It is interesting the fact that the muscle triceps do not show considerable activity during all motor tasks. Even during extension in the elbow it is not evidently activity because the forearm falls down independently because of its weight. The same is valid for the muscle PMJ.

4. Conclusions

The aim of the study was to investigate by means of electromyography which muscles of the upper limb are suitable for neuro control of the designed 4 DOF exoskeleton. The main recruitment was these muscles to be surface ones and to have distinct EMG signal during motions for which they are prime movers.

Muscles PRO and SUP play significant role during motions without exoskeleton, but putting the exoskeleton they are nearly silent. Maybe other muscles performing shoulder internal/external rotation have to be investigated.

References:

1. Chakarov D., Veneva I., Tsveov M., Tiankov T., Trifonov D. (2014) New exoskeleton arm concept design and actuation for haptic interaction with virtual objects. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia, 44 (4), 3–14.
2. Gopura R.A.R.C., Kiguchi K. (2008) A human forearm and wrist motion assist exoskeleton robot with EMG-based fuzzy-neuro control. In: Proc. 2nd IEEE RAS&EMBS, Int.Conf. on Biomedical Robotics and Biomechatronics, Scottsdale, pp. 550-555.
3. Gopura R.A.R.C., Kiguchi K., Li Y. (2009) SUEFUL-7: A 7DOF upper limb exoskeleton robot with muscle-model-oriented EMG-based control. In: IEEE/RSJ Int. Conference on Inteligent Robots and System. St. Louis, pp. 1126-1131.
4. Kiguchi K., Rahman M. H., Sasaki M., Teramoto K. (2008) Development of a 3DOF mobile exoskeleton robot for human upper-limb motion assist. Robotics and Autonomous Systems, 56(8), 678-691.
5. Kiguchi K, Imada Y, Liyanage M. EMG-based neuro-fuzzy control of a 4DOF upper-limb power-assist exoskeleton. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2007;2007:3040-3.
6. Kiguchi K., Kose Y., Hayashi Y. Task-oriented perception-assist for an upper-limb power assist exoskeleton robot. In Proc. World Automation Congress © 2010 TSI Press. Kobe, Japan, 2010.
7. Li Q., Wang D., Du Z., Song Y., Sun L. sEMG based control for 5 DOF upper limb rehabilitation robot system. Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, December 17 - 20, 2006, Kunming, China, 1305-1310.
8. Raikova R. (1992) A general approach for modelling and mathematical investigation of the human upper limb. J Biomech., 25(8), 857-867.
9. Veneva I., Raikova R., Angelova S. (2017) Active ortheses of the upper limbs. Survey and preliminary electromyographic investigations. XXVI МНТК “АДП-2017”, Созопол, 22 -25 юни 2017.

Acknowledgements

This paper is partially supported by the grant ДФНП-17-132 from Bulgarian Academy of Sciences and Bulgarian National Science Fund, Grant no. ДН07/9.

Data Authors:

Silvija Angelova, Ph.D student, Dep. Biomechanics and Control of Movements, Institute of Biophysics and Biomedical Engineering, BAS, Acad.G.Bonchev str. bl.105, tel: 979 36 10, Email: sis21@abv.bg

Ivanka Veneva, Assoc. Prof., Dep. of Mechatronics, Institute of Mechanics, BAS, Acad. G.Bonchev Str. bl.4, tel. 979 6427, Email: veneva@imbm.bas.bg

Rositsa Raikova, Prof., Sci.Dr., Dep. Biomechanics and Control of Movements, Institute of Biophysics and Biomedical Engineering, BAS, Acad.G.Bonchev str. bl.105, tel: 979 36 54, Email: rosi.raikova@biomed.bas.bg

Simeon Ribagin, Assist. Prof., Ph.D., Dep. Bioinformatics and Mathematical Modelling, Institute of Biophysics and Biomedical Engineering, BAS, Acad.G.Bonchev str. bl.105, tel: 979 36 09, Email: sim_ribagin@mail.bg

КОМПЛЕМЕНТАРЕН ФИЛТЪР НА ТРИОСОВ АКСЕЛЕРОМЕТЪР И ЖИРОСКОВ (MPU6050)

И. Абулибде, П. Петкова

Резюме: *В настоящата статия са разгледани особеностите на различните филтри, като най-голямо внимание е обърнато на комплементарният филтър на триосов акселерометър и жироскоп. Чрез проект със свободен код на едноименната компания Ардуино е показана симулация на това как комплементарният филтър изчиства смущенията и извежда правилно изчислени резултати.*

Ключови думи: акселерометър, жироскоп, комплементарен филтър, смущения.

1. Въведение

Всяка управляваща система има сензори, които събират необходимите данни от окръжаващата среда. Данните се предават на електронен блок, който ги обработва и в съответствие с тях чрез вградения му алгоритъм изработва управляващ сигнал за изпълнителните механизми. Те от своя страна въздействат по необходимия начин върху средата. Класическата реализация на системите е добре известна – сензорите и изпълнителните механизми са отделно от електронния блок, който може да бъде реализиран и с една интегрална схема (ИС). Възможно е обаче сензорите и изпълнителните механизми да са част от ИС, която в този случай се превръща в т.нар. система върху чип (System on Chip, SoC). Именно това е същността на MEMS, които представляват интегрално изпълнение на електромеханична система. [2]

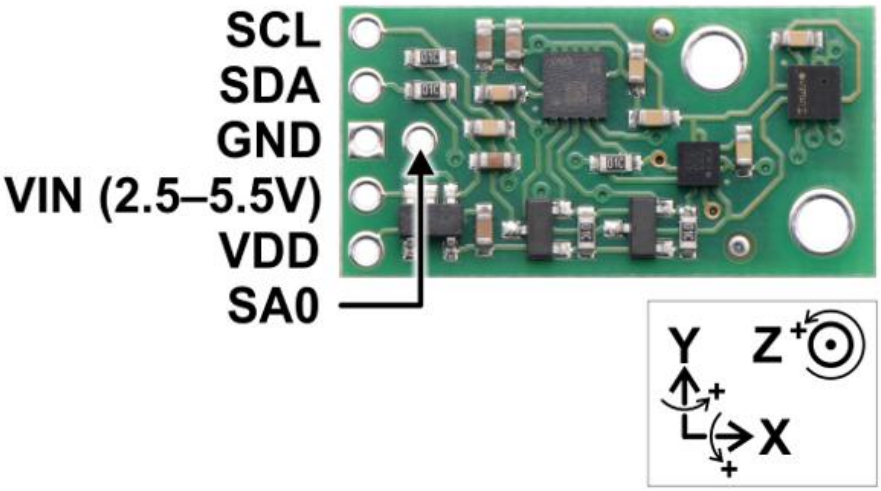
2. Основни технически параметри на сензорите – обхват, точност, прецизност, интервал на отчитане. Същност и общи сведения за триосовия акселерометър и жироскоп

Всеки сензор е конструиран така, че изработваният от него електрически сигнал да може да бъде преобразуван в стандартни мерни единици. Физическите величини, измервани от сензорите са различни, поради което и скалите, в които те се представят са различни. Като обхват на сензора се определя разликата между максималната и минималната стойност на физическата величина, която може да бъде измерена от сензора. Обхватът се измерва в същите мерни единици, в които се измерва и съответната физическа величина. Точността на сензора е мярка за фактическото отклонение на измерената стойност от действителната стойност на физическия параметър. Чувствителността на сензора се определя от минималната промяна в стойността на измервания параметър, която може да бъде отчетена. Доколкото данните от някои сензори постъпват като непрекъснат поток от стойности във времето, то друг характерен показател е т.нар. „честота на отчитане”. Нейната стойност е реципрочна на продължителността на интервала (периода) от време между две последователни отчитания и се измерва в херци (Hz). Като показател, характеризиращ сензора, се използва и продължителността на самия времеви интервал между измерванията. Съществени параметри за мобилните устройства, захранвани от батерия, са и консумираният ток или електрическа консумация от сензора.

Акселерометърът измерва ускорението по всяка от кординатните оси, с което могат да бъдат оценени силите, приложени върху мобилното устройство. Той е хардуерен сензор. Когато устройството е неподвижно, то изпитва земното ускорение от 1g (9.81 m/s2) по една от осите си или чрез векторната сума от компонентите по всички оси.

Стойностите на акселерометъра минус факторът „гравитация” дават външното ускорение. В най- общия случай акселерометърът се използва за да се определи ориентацията на мобилното устройство, както и в компютърните игри. Измерителната единица, използвана от сензора (в система Si) е m/s2. Следва да се вземе под внимание, че акселерометърът не измерва скорост, а интензивността на нейната промяна-ускорение.

Жироскопът (Gyroscope Sensor) е хардуерен и измерва интензивността на ротацията на устройството спрямо всяка от координатните оси (фиг. 1). Когато устройството не е подложено на ротация, стойностите на сензора са нули. Той има три основни атрибута: – Наклон (Pitch) – около остта X; – Завъртане (Roll) – около остта Y; – Азимут (Azimuth) – Z (от 0 до 360 градуса). Жироскопът като сензор има известни несъвършенства – неговите показания могат да натрупват грешка с течение на времето на използване. Проблемът се изразява в „плаване” (дрейф) на стойностите му и се преодолява с комбиниране на показанията на жироскопа с тези на акселерометъра. Показанията на сензора са в мерни единици rad/s (радиани за секунди) [1].



Фиг.1

3. Начини за изчистване на смущенията

Съществуват техники за филтриране на данните от сензорите и за комбиниране на показанията на два или повече сензора. Тези техники са известни под името Sensor fusion и се основават на два подхода:

- Използване на филтър на Калман.
- Използване на комплементарен филтър.

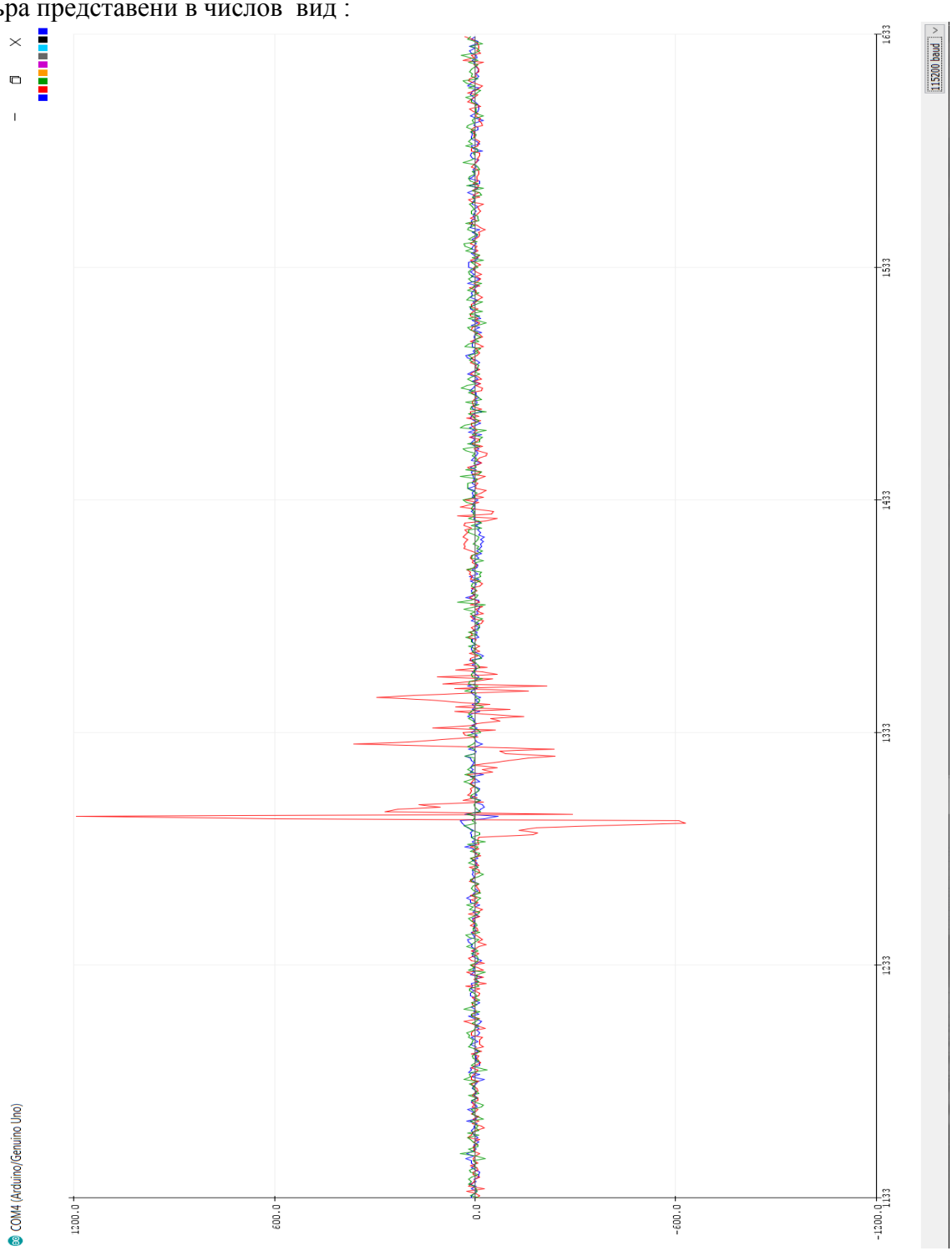
Комплементарният филтър трябва да се използва в безкраен цикъл. При всяка итерация стойностите на ъгъла на наклона и ъгъла на завъртане се актуализират с новите стойности на жироскопа чрез интегриране във времето. Филтърът след това проверява дали величината на силата, наблюдавана от акселерометъра, има стойност, която би могла да бъде действителният вектор. Ако стойността е прекалено малка или прекалено голяма, със сигурност знаем, че това е смущение, което не е необходимо да вземаме под внимание. След това ще актуализира ъглите на наклона с данните от акселерометъра, като вземе 98% от текущата стойност и добави 2% от ъгъла, изчислен от акселерометъра. Това ще гарантира, че измерването няма да се промени, но ще бъде много точна в краткосрочен план. [3]

$$angle = 0.98 * (angle + gyrData * dt) + 0.02 * (accData)$$

Филтърът на Калман намира най-оптималните средни стойности на всяко следващо състояние, както и запомня предишните резултати. Той представя доста прецизна и точна информация, но пък за сметка на това се използва сложен математически апарат и няма да се разглежда в тази статия.

4.Резултати

Резултатите без използването на филтъра съпоставени с резултатите с използването на филтъра представени в числов вид :



Фиг.2

COM4 (Arduino/Genuino Uno)

12	-13	-30	-0.01	-0.14	0.01
-2	-37	9	-0.01	-0.14	0.02
-13	10	-11	-0.01	-0.15	0.01
-69	692	5	-0.02	-0.09	0.01
-61	655	22	-0.03	-0.01	0.02
-40	296	44	-0.03	0.03	0.02
-66	307	294	-0.03	0.07	0.05
-86	201	548	-0.04	0.10	0.11
-140	409	896	-0.05	0.16	0.21
-327	1176	1620	-0.08	0.32	0.38
-249	277	874	-0.13	0.28	0.48
-73	880	-797	-0.17	0.32	0.39
-249	1621	-883	-0.23	0.51	0.30
-357	1514	-656	-0.23	0.69	0.23
-777	865	75	-0.30	0.81	0.23
-1280	1524	-326	-0.41	0.93	0.20
-1543	1222	248	-0.60	1.11	0.23
-2381	467	460	-0.88	1.15	0.28
-3858	4446	-13	-1.25	1.57	0.27
-4718	4236	-734	-1.68	2.11	0.19
-6319	1820	-454	-2.33	2.29	0.15
-7667	3537	260	-3.15	2.66	0.17
295	-197	-144	-3.25	1.03	0.16
295	-197	-144	-3.34	-0.57	0.14
295	-197	-144	-3.44	-2.14	0.13
295	-197	-144	-3.53	-3.68	0.11
295	-197	-144	-3.62	-5.19	0.10
295	-197	-144	-3.71	-6.67	0.08
295	-197	-144	-3.79	-8.12	0.06
295	-197	-144	-3.88	-9.54	0.05
295	-197	-144	-3.96	-10.93	0.03

Фиг.3

Премахнато е смущението чрез използването на комплементарния филтър, като грешките са сведени до минимум. По този начин употребата на триосовия акселерометър и жироскоп става по-прецизна и отчитането на резултатите е точно.

5. Изводи:

- Изяснява понятията триосов акселерометър и жироскоп, понятието МЕМС и комплементарен филтър.
- Получените резултати от симулирането са представени чрез графики, като ясно се забелязва премахването на смущенията след използването на комплементарния филтър.

Литература:
1. Особености на работата със сензори и с услугата за местоположение в ос android, Д-р инж.Мартин Пъшев Иванов. Сп. Инженеринг ревю – брой 4, 2006, Стефан Куцаров.
2. Reading a IMU Without Kalman: The Complementary Filter, by Pieter-Jan on Fri, 26/04/2013

COMPLEMENTARY FILTER FOR TRIO ACCELEROMETER AND GYROSCOPE

I. Abulibde, P. Petkova

Abstract: This article discusses the characteristics of the different filters, with the most attention being paid to the complementary filter of a triax accelerometer and a gyroscope. A free-text project of the Arduino Company has shown a simulation of how the complementary filter clears the interference and produces correct calculated results.

Данни за авторите:
К-т серж. Полина Александрова Петкова, НВУ „В. Левски“, факултет „Авиационен“, polipetkova66@gmail.com
К-т серж. Илиян Аднан Абулибде, НВУ „В. Левски“, факултет „Авиационен“, iliyanananan@gmail.com

РАЗРАБОТКА НА ИНТЕР ДИСЦИПЛИНАРНИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВЪЧНИ СТЕНДОВЕ ПО БИТОВА ЕЛЕКТРОТЕХНИКА

М. Дочев

Резюме: *В настоящата статия са представени резултатите от разработване и внедряване в учебния процес на интердисциплинарни учебно-тренировъчни стендове по битова електротехника. Прилагането им позволява да се формират знания и умения в обучаемите по синтезирането на електрически схеми на битови електротехнически устройства , тяхната реализация и особености на приложението им.*

Ключови думи: битова електротехника, стенд.

1. Въведение

Специалност „Електротехника” е широко профилна специалност, даваща възможност на завършилите я да се реализират във всички фирми, в които се произвеждат, експлоатират и поддържат електромеханични устройства, както и в областта на производството, разпределението, потреблението и преобразуването на електрическата енергия [1,2,3].

Специалистът по тая специалност с образователно-квалификационна степен “професионален бакалавър” получава:

- фундаментална и общо техническа подготовка по: математика, физика, електротехника, електрически измервания, електротехнически материали, програмиране и използване на компютри, електроника, цифрова и микропроцесорна техника, техническа механика, машинни елементи;
- специална подготовка по електрически машини, електрически апарати, електро енергетика, технологии в електротехниката, електрозадвижване, преобразувателна техника, възобновяеми енергийни източници, осветителна и инсталационна техника и др.
- специализирана подготовка в областта на експлоатацията и ремонта, контрола и диагностиката на електрическите машини и апарати и използването им в областта на автоматизацията и електро технологиите.
- специализирана подготовка в областта на експлоатацията и ремонта, контрола и диагностиката на битовата техника и електро технологиите.

Завършилият технически колеж по тая специалност, съгласно характеристиката на специалността, ТРЯБВА:

- **ДА ЗНАЕ:**
  - Приложението на математиката и информатиката в специалността му, теорията и практиката на приложението на електротехническите материали, основите на теоретичната електротехника, електроника и измервателна техника и апаратура, основите на електрозадвижването и автоматиката, теорията и приложението на електрическите машини и апарати, методите и средствата за контрол и диагностика на елекрически машини и апарати.
  - Технологията и особеностите на производство, експлоатация, сервиз и ремонт, методите и средствата за контрол и диагностика на показателите при произвеждането, настройването, изпитването и експлоатацията на електрически машини и апарати, електрообзавеждането и електрооборудването на промишлени предприятия, енергийни системи и оборудване;

- **ДА МОЖЕ:**
  - Да организира производствени, ремонтни и профилактични дейности по проектирането, експлоатацията, настройването и профилактиката на електрически машини и апарати, електрообзавеждане , битова електротехника .
  - да извършват измерване на различни електрически и неелектрически величини в производствени и лабораторни условия, и оформя нужните документи;
  - Да провеждат експериментални изследвания и да обработват техническа (конструктивна и технологична) документация, според изискванията на стандартизационните и нормативни документи;
  - Да организират производството, ремонта и сервизното обслужване и да управляват производствените звена;
  - Да провеждат настройка, контрол, профилактика и ремонт на електрически машини, електрически и електробитови апарати и уредите, в които те се използват;
  - Да разработват и внедряват нови видове и типове електрически машини, електрически и битови апарати и съоръжения.
- **РЕАЛИЗАЦИЯ:**
  - Работа във фирми и организации, в които се извършва разработка, изследване, проектиране, изпитване, производство, настройване, ремонт и експлоатация на електрически машини и апарати, енергетично оборудване, битова електротехника, електроинструменти, инсталационна техника и др.
  - Заемане на нормативно - сравняеми длъжности и в други европейски страни.
  - Приоритетни позиции: Конструктор, технолог, проектант, изпитател, енергетик, ръководител производство, н-к цех и др.

Всичко това е предпоставка да се разработят и внедрят в учебния процес на интердисциплинарни учебно-тренировъчни стендове по битова електротехника. Прилагането им позволява да се формират знания и умения в обучаемите по синтезирането на електрически схеми на битови електротехнически устройства , тяхната реализация и особености на приложението им.

2. Изложение

На основата на заложените в учебната програма теми, бяха разработени и изработени следните тренировъчни макети:

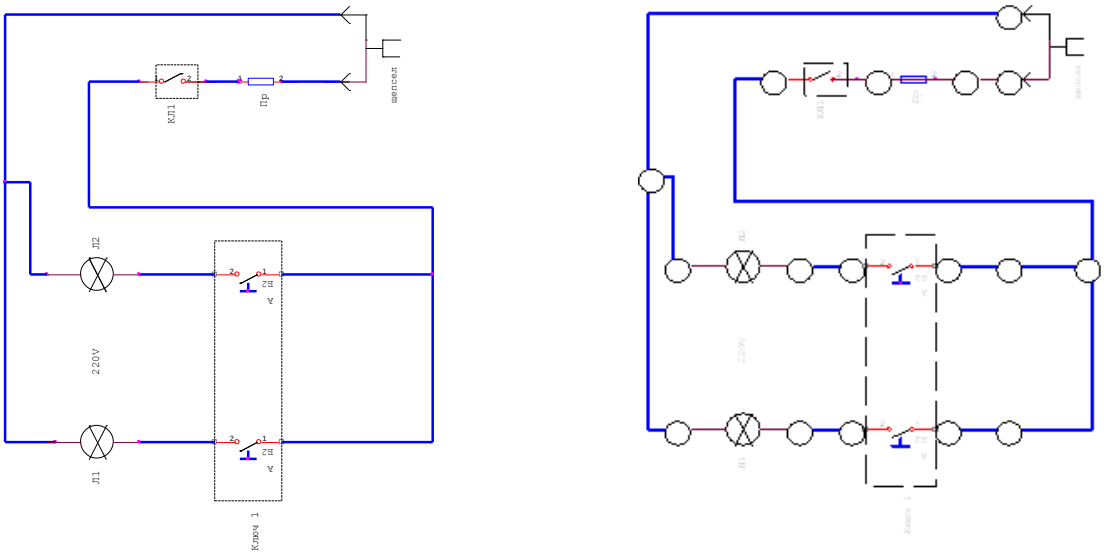
I група: Битова осветителна техника – със следните схеми и макети:

- Схеми на свързване на ключове и осветителни тела – обикновен ключ, сериен ключ, девиаторен ключ;
- Схеми на свързване на луминисцентни лампи;

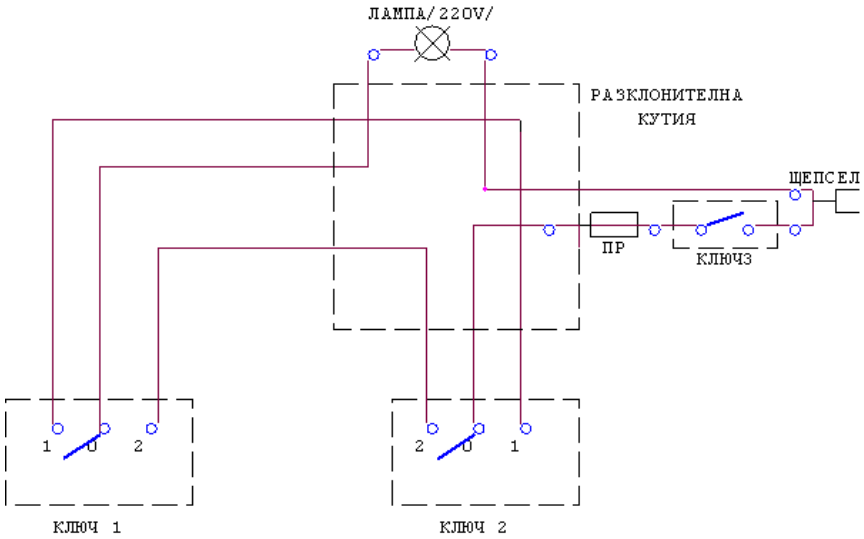
II група: Битови електроуреди:

- Схема на свързване на 5-тактов ключ - електросхема на бойлер;
- Схема на свързване на 5-тактов ключ - електросхема на готварска печка;
- Схема на свързване на стълбищен автомат;
- Схема на свързване на сензор на движение (обемен сензор);
- Схема на свързване на звънчева инсталация;
- Схема на свързване на дефекнотокова защита;
- Схема на свързване на апартаментно табло;

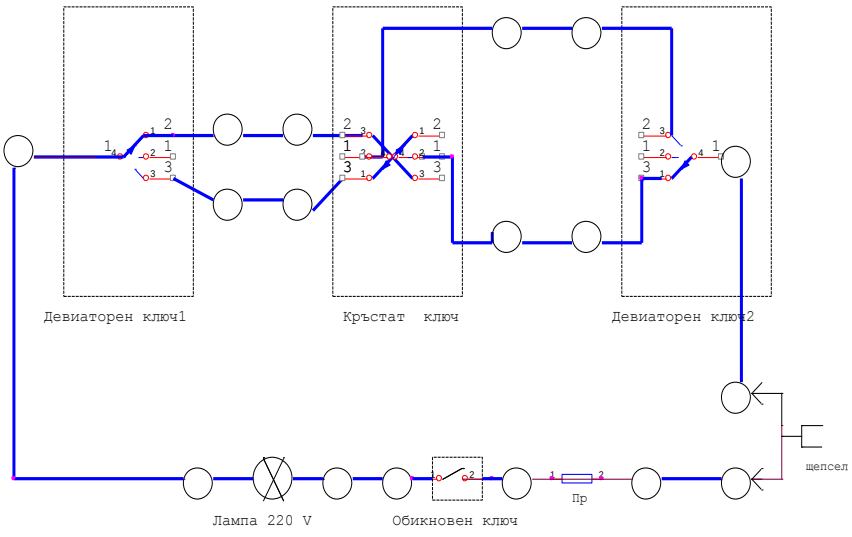
На следващите фигури са показани са принципните и монтажните схеми на някои макети. Те са изработени така, че обучаемите се запознават със схемата, необходимите елементи и инструменти, опроводяват я с монтажни проводници с щекери към съответните букси и я пускат в работен режим.



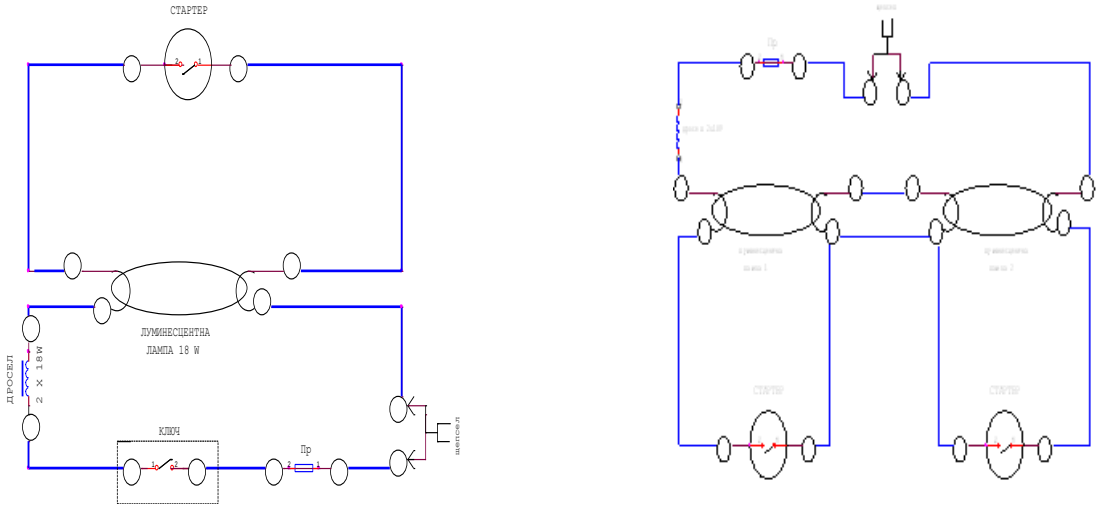
Фиг.1 Свързване на 2 лампи през два серийни ключа – принципна и монтажна схема



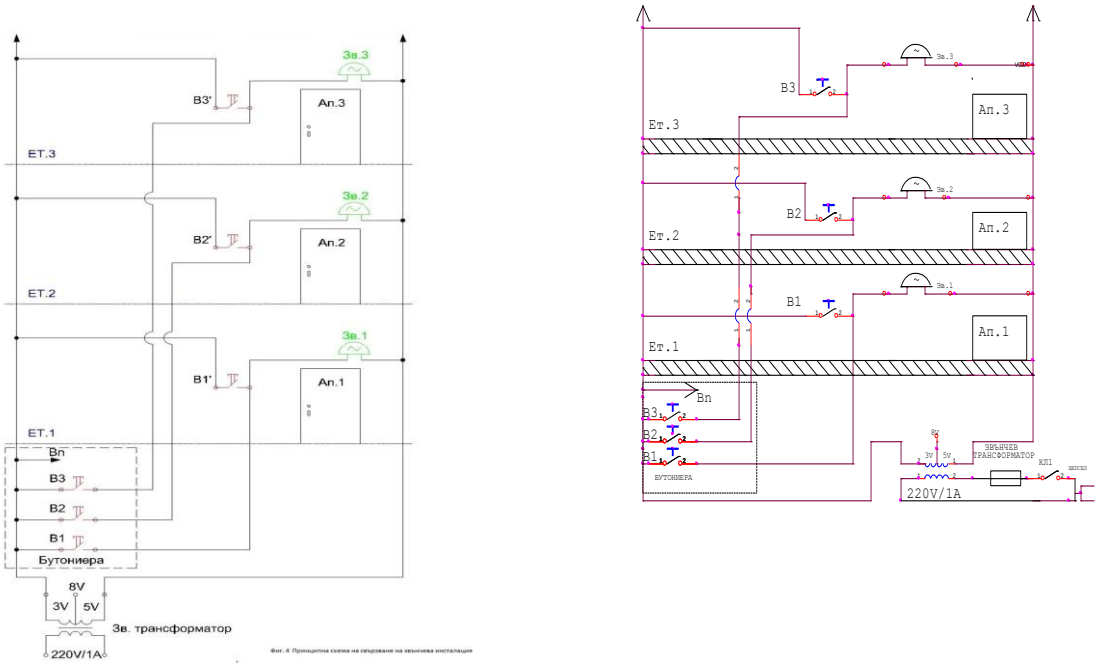
Фиг.2. Свързване на лампа, през два девиаторни ключа



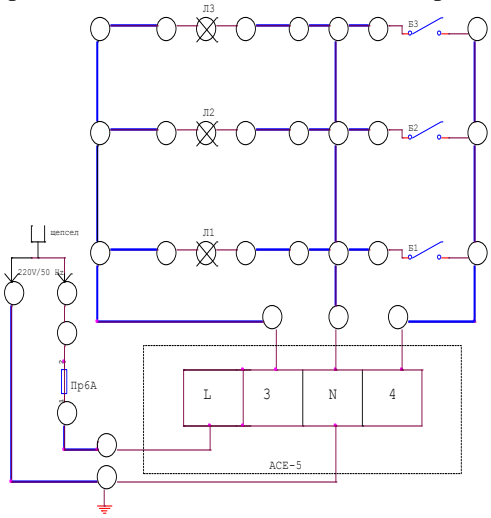
Фиг.3 Монтажна схема за управление на лампа от три места чрез два девиаторни и един кръстат ключ



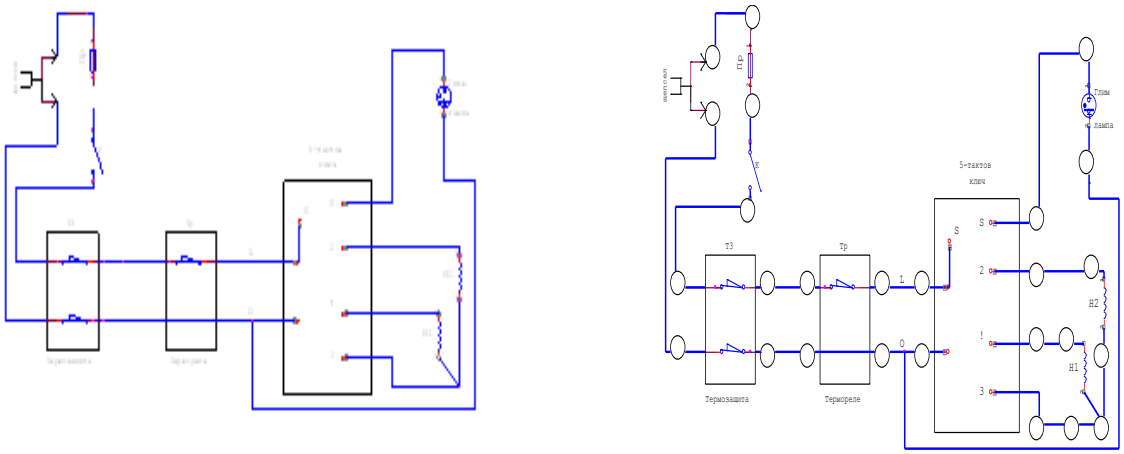
Фиг.4. Свързване на една и две луминисцентни лампи – монтажни схеми



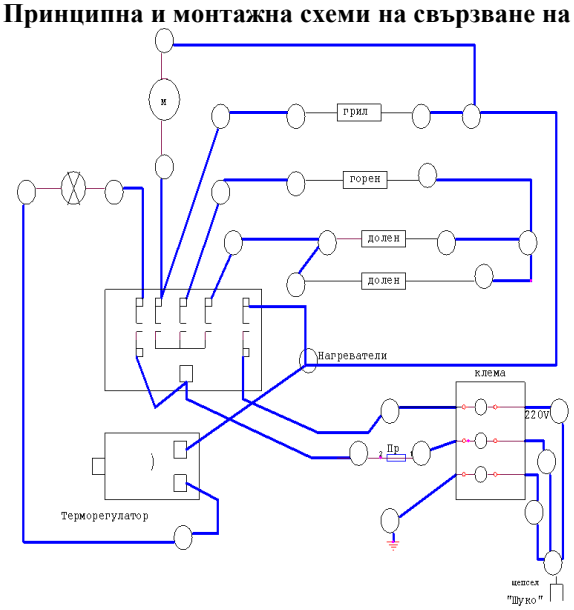
Фиг.5 Схеми на свързване на звънчева инсталация – приниципна и монтажна



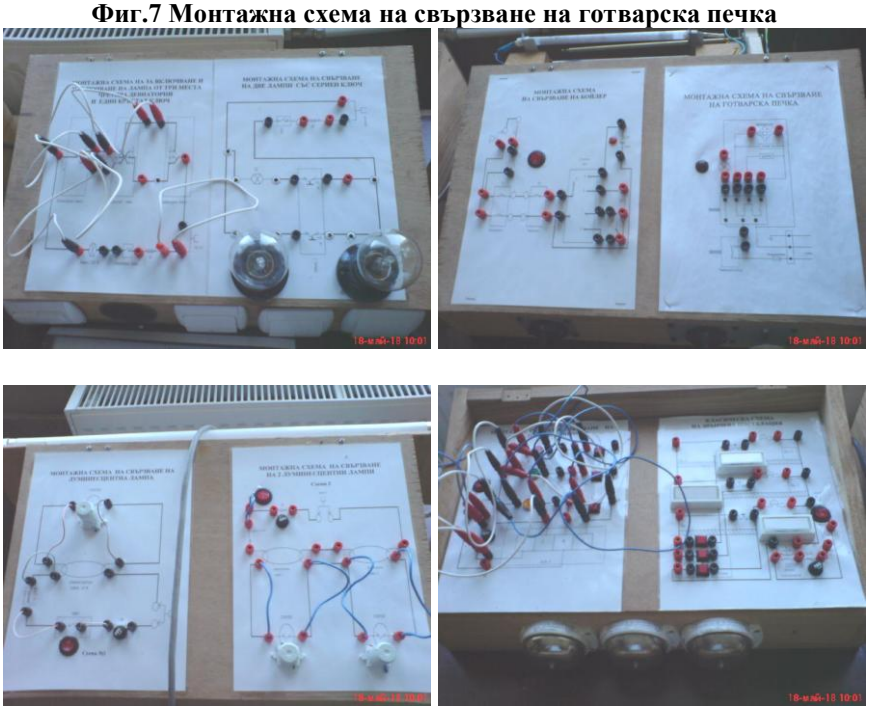
Фиг.6 Монтажна схема на свързване на стълбищен автомат



Фиг.7 Принципна и монтажна схеми на свързване на бойлер



Фиг.7 Монтажна схема на свързване на готварска печка



Фиг.8 Реализация – част от изработените учебно-тренировъчни стендове

3. Резултати:

Разработени са и са внедрени в учебно-практическата дейност на интердисциплинарни учебно-тренировъчни стендове по битова електротехника.

4. Изводи

Значително е повишено качеството на обучителния процес, обновена е материално-техническата база на колежа.

Литература:

1. Боткова Л., Електромонтажна учебна практика,Нови знания, С., 2006.
2. www.tklovech.org

DEVELOPMENT OF INTER DISCIPLINARY TRAINING STATIONS BY BOTH ELECTRICAL ENGINEERING

M. Dochev

Abstract: *This article presents the results of the development and implementation of the interdisciplinary training stands for household electrical engineering in the educational process. Their application allows students to form knowledge and skills in the synthesis of electrical circuits of household electrical devices, their realization and application specifics.*

Данни за автора:

Милко Ганчев Дочев, гл. ас. д-р инж., ТК-Ловеч, 5500 , ул.“С. Съев “31, e-mail: dochev@mail.bg

РАЗРАБОТКА НА ИНТЕР ДИСЦИПЛИНАРНИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВЪЧНИ СТЕНДОВЕ ПО ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНИ УСТРОЙСТВА

М. Дочев

Резюме: *В настоящата статия са представени резултатите от разработване и внедряване в учебния процес на интердисциплинарни учебно-тренировъчни стендове по електромеханични устройства. Прилагането им позволява да се формират знания и умения в обучаемите по синтезирането на електрически схеми за пускане, управление и контрол на електромеханични устройства.*

Ключови думи: електромеханични устройства, стенд.

1. Въведение

Специалност „Електротехника” е широко профилна специалност, даваща възможност на завършилите я да се реализират във всички фирми, в които се произвеждат, експлоатират и поддържат електромеханични устройства, както и в областта на производството, разпределението, потреблението и преобразуването на електрическата енергия [1, 2, 3].

Курсът по „Електромеханични устройства“ (ЕМУ) има за цел да даде на студентите знания относно общите въпроси от производството, пренасянето и разпределението на електрическата енергия, основните видове електрически апарати, трансформатори, въртящи се електрически машини и микромашини, техните конструктивни особености, принципи на действие, характеристики, избор и експлоатация.

Разглежданите въпроси са предимно с практическа насоченост и са ориентирани към най-масово използваните електрически машини и апарати, намиращи приложение както в индустриалното електробзавеждане, така и в бита.

Това е предпоставка да се разработят и внедрят в учебния процес на интердисциплинарни учебно-тренировъчни стендове по ЕМУ. Прилагането им позволява да се формират знания и умения в обучаемите по синтезирането на електрически схеми на електротехнически устройства , тяхната реализация и особености на приложението им.

2. Изложение

На основата на заложените в учебната програма по ЕМУ теми, бяха разработени и изработени следните тренировъчни макети:

I група: Битова техника – със следните схеми и макети:

Свързване на апартаментно ел. табло:

- *свързване на предпазители, токова защита и електронен електромер;*
- *свързване на електрически контур за контакти;*
- *свързване на електрически контур за осветление;*
- *свързване на стълбищно реле;*

II група: Електромеханични устройства:

Свързване на ел. табло с автоматични предпазители:

- пускане на трифазен асинхронен двигател по схема звезда с контактор и термична защита при захранване с трифазно напрежение U=380 V;
- пускане на трифазен асинхронен двигател като монофазен (схема триъгълник) с работен кондензатор чрез контактор и термична защита при захранване с напрежение U=220 V.

При синтезирането и изпълнението на макетите се тренират следните теми:

1. Монтаж на електрическо табло – свързване на предпазители, свързване на токова защита, свързване на еднофазен електромер, свързване на осветителен контур (разклонителна кутия, лампа, ключ), свързване на силова инсталация (свързване на контакт „Шуко“) , свързване на стълбищен автомат (две лампи, два бутона).

2. Управление на трифазен асинхронен двигател – управление с контактор по схема „Звезда“ с токова защита ;

3. Управление на трифазен асинхронен двигател с контактор по схема „триъгълник“ при захранване с 220 V.

Цялостната гама разработени стендове и макети позволи да се тренират следните обучителни дейности, изпълнявани в лабораториите по електротехника и учебна практика:

1. Монтаж на електрическа и силова инсталация. Изпълнява се на тренировъчен стенд.
2. Свързване на реле за време /стълбищен автомат/ с цел управление на стълбищно осветление.
3. Монтаж на сигнална инсталация. Свързване на звънчева и домофонна инсталация.
4. Механичен монтаж на електрическо табло. Опроводяване на изпълнителните електрически елементи.
5. Свързване на релета - токови, напрежителни и др.
6. Свързване на контактор, термично реле и сигнализация, с цел управляване на трифазен асинхронен двигател.
7. Свързване на монофазен асинхронен двигател. Управление с контактор.
8. Свързване на постояннотоков двигател. Реверсивно управление с контактори.
9. Управление на трифазен асинхронен двигател. Реверсивно управление.
10. Свързване на еднофазен трансформатор. Измерване съпротивление на намотките , опит на празен ход и късо съединение, характеристики.
11. Изработване на стабилизиран токоизправител. Свързване към трансформатор. Измерване на напреженията.
12. Свързване на автономна фотоволтаична система. Демонстриране начина на работа.
13. Свързване на ветрогенератор в автономна захранваща система.

На следващите фигури са показани са принципните и монтажните схеми на някои макети. Те са изработени така, че обучаемите се запознават със схемата, необходимите елементи и инструменти, опроводяват я с монтажни проводници и я пускат в работен режим след проверка и разрешение от обучаващия преподавател.



Фиг.1 Реализация – част от изработените учебно-тренировъчни стендове




Фиг.2 Реализация – част от изработените учебно-тренировъчни стендове

3. Резултати:

- Разработени са и са внедрени в учебно-практическата дейност на интердисциплинарни учебно-тренировъчни стендове по ЕМУ.
- Прилагането им позволява да се формират знания и умения в обучаемите по синтезирането на електрически схеми на ЕМУ, тяхната реализация и особености на приложението им.

4. Изводи

- Значително е повишено качеството на обучителния процес, обновена е материално-техническата база на колежа.
- Новосъздаденото стендово оборудване позволи да се организират национални състезания в лабораториите на колежа по приложна електротехника.

Литература:

1. Боткова Л., Електромонтажна учебна практика,Нови знания, С., 2006.
2. Божилов Г, Електромеханични устройства, С., 1991.
3. www.tklovech.org

DEVELOPMENT OF INTER DISCIPLINARY TRAINING STATIONS BY ELECTROMECHANICAL DEVICES

M. Dochev

Abstract: *This article presents the results of the development and implementation in the educational process of interdisciplinary training stands on electromechanical devices. Their application allows students to form knowledge and skills in the synthesis of electrical circuits for start-up, control and control of electromechanical devices.*

Данни за автора:

Милко Ганчев Дочев, гл. ас. д-р инж., ТК-Ловеч, 5500 , ул.“С. Съев “31, e-mail: dochev@mail.bg

ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 7

“СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ В ДИСКРЕТНОТО ПРОИЗВОДСТВО”

GENERALIZED NET MODEL FOR USER-ORIENTED CONTROL OF ACTIVE ELBOW ORTHOSIS DEVICE

S. Ribagin, K. Atanassov

Abstract: *This paper presents a novel approach for user-oriented control of EMG- powered elbow orthosis with the use of generalized nets modeling. We propose an abstract model based on the "on-off" myoelectric control, appropriate for maximum two degrees of freedom in the elbow joint.*

Keywords: generalized net model, active elbow orthosis.

1. Introduction

Upper extremity neuromuscular disorders are the leading cause of long-term disability, thus interventions designed to reduce upper extremity impairment are likely to have a large impact on the quality of life and patient independence. Advances in the material sciences, 3D printing technology, biopotential sensors and microprocessor technologies, have led to orthotic devices with promising functional capabilities, in order to assist physically disabled or elderly people, to increase the strength and for self-rehabilitation purposes. Unlike passive orthosis, active elbow orthotic devices have the potential of actively controlling the joints via user's biosignals. Recently, electrical signals associated with muscle activity or electromyography signals (EMG) of the upper limbs have been explored for use as control signals [1-4]. It remains still challenging and important to develop strategies to control such devices in concert with the intentions of the user. For the development of such strategies mathematical modeling methods can be applied.

Generalized Nets (GNs) [5] - an extension of Petri nets, are a convenient mathematical tool for modelling, simulation and control of different parallel processes from the artificial intelligence and medical science [6-9]. A GNs consists of: static and dynamic components, temporal components, and memory components In general, the GNs may or may not have some of the components in their definition. GNs which do not have some of the components form special classes, called reduced GNs [10]. The presented reduced GN-model is the first one which highlights a possible algorithm for user-oriented control of EMG- powered elbow orthosis and thus represents an application of GNs in rehabilitation robotics and bio-mechatronics. In the proposed reduced GN-model, presented in the next section, the most important component is the control architecture composed of several subsystems, represented by the model transitions and each subsystem interacts with others by the tokens flow and their characteristics during the GN-model functioning.

2. Generalized net model

The developed GN-model (Fig. 1) has 5 transitions and 21 places with the following meanings:

- Transition Z_1 the power supply subsystem,
- Transition Z_2 – the EMG sensors subsystem,
- Transition Z_3 – the EMG signal processing subsystem,
- Transition Z_4 – the output data processing subsystem,
- Transition Z_5 – the motor and the mechanical device subsystem.

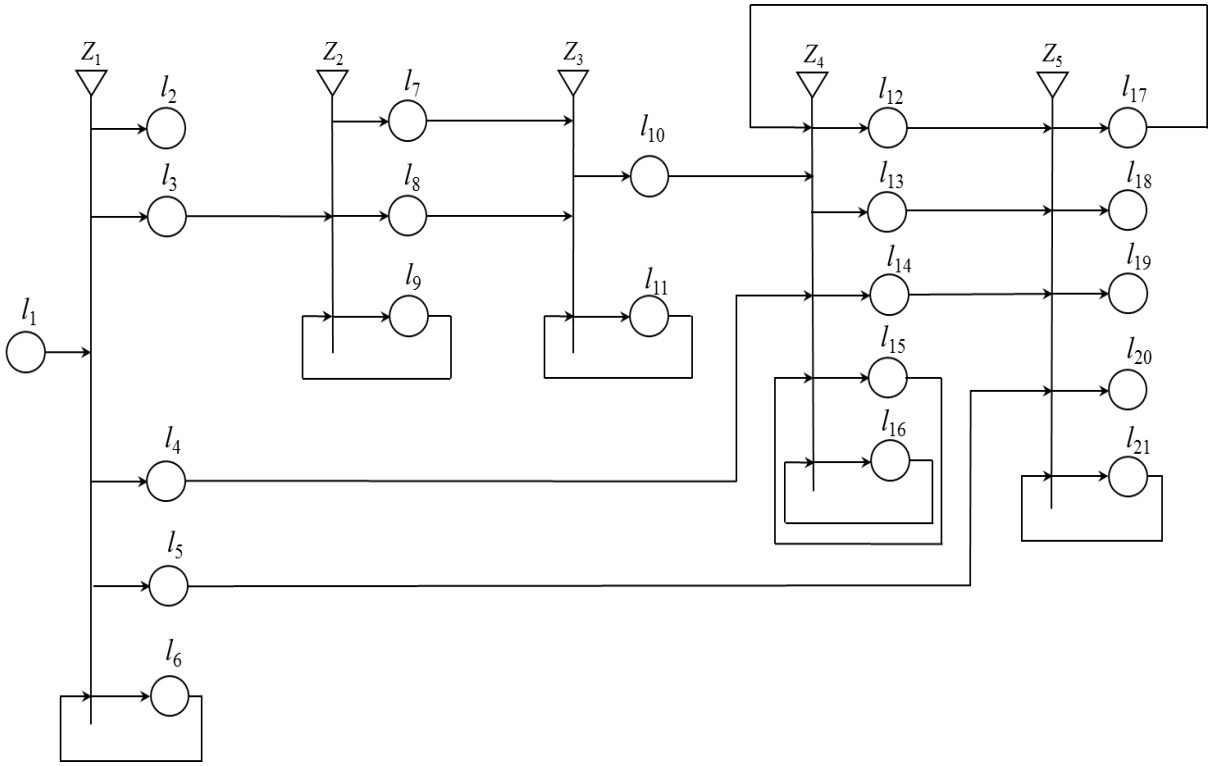


Fig. 1 GN-model of user-oriented control of active elbow orthosis

The GN-model contains 6 types of tokens: α, β, μ, η, γ, φ and κ. Some of the GN transitions contain the so called “special place” where a token stays permanently and collects information about the current state of the subsystems of the control process which it represents as follows:

- In place l_2, token β - information from the power supply subsystem,
- In place l_9, token μ - information from the EMG sensors subsystem,
- In place l_{11}, token η - information from the EMG signal processing subsystem,
- In place l_{16}, token γ - information from the the EMG signal calibration process and calculations of the signal coefficients for the motor driver,
- In place l_{21}, token φ - information from the motor and the mechanical device subsystem.

The token α enters in place l_1 with an initial characteristic: “the input power supply”. The transition Z_1 of the GN-model has the following form:

$$Z_1 = \langle \{l_1, l_6\}, \{l_2, l_3, l_4, l_5, l_6\}, \begin{array}{c|ccccc} & l_2 & l_3 & l_4 & l_5 & l_6 \\ \hline l_1 & false & false & false & false & true \\ l_6 & W_{6,2} & W_{6,3} & W_{6,4} & W_{6,5} & true \end{array} \rangle$$

and,

$W_{6,2}$ = “*the physical “on/off” switch of the power supply is “off””*,

$W_{6,3}$ = “*the output power supply for the EMG sensors is “on””*,

$W_{6,4}$ = “*the output power supply for the processing subsystem is “on””*,

$W_{6,5}$ = “*the output power supply for the motor is “on”*.

The token α from the place l_1 of transition Z_1 enters place l_6 and unite with token β with the above mentioned characteristic. On the next time-moment, token β splits to five tokens – the same token β and tokens α_1, β_1, β_2 and token β_3.

When the predicate $W_{6,2}$ is true, token α_1 enters place l_2 and there it obtains a characteristic: “*the power supply subsystem is “off””. When* the predicate $W_{6,3}$ is true, token β_1 enters place l_3 and there it obtains a characteristic: “*current voltage to the EMG sensors*”. When the predicate $W_{6,4}$ is true, token β_2 enters place l_4 and there it obtains a characteristic: “*current voltage to the processing subsystem*”. When the predicate $W_{6,5}$ is true, token β_3 enters place l_5 and there it obtains a characteristic: “*current voltage to the motor*”.
The transition Z_2 of the GN-model has the following form:

$$Z_2 = \langle \{l_3, l_9\}, \{l_7, l_8, l_9,\}, \begin{array}{c|ccc} & l_7 & l_8 & l_9 \\ \hline l_3 & false & false & true \\ l_9 & W_{9,7} & W_{9,8} & true \end{array} \rangle$$

and,
$W_{9,7}$ = “*the EMG sensor is powered on and is placed correctly on the m. biceps brachii*”,
$W_{9,8}$ = “*the EMG sensor is powered on and is placed correctly on the m. triceps brachii”*.

The token β_1 from place l_3 enters place l_9 and unite with token μ with the above mentioned characteristic. On the next time-moment, token μ splits to three tokens – the same token μ and tokens μ_1 and μ_2. When the predicate $W_{6,2}$ is true, token μ_1 enters place l_7 and there it obtains a characteristic: “*raw EMG signal from m.biceps brachii* ”.When the predicate $W_{9,8}$ is true, token μ_2 enters place l_8 and there it obtains a characteristic: “*raw EMG signal from m.triceps brachii*”.

The transition Z_3 of the GN-model has the following form:

$$Z_3 = \langle \{l_7, l_8, l_{11}\}, \{l_{10}, l_{11}\}, \begin{array}{c|cc} & l_{10} & l_{11} \\ \hline l_7 & false & true \\ l_8 & false & true \\ l_{11} & W_{11,10} & true \end{array} \rangle$$

and,
$W_{11,10}$ = “*the raw EMG signals from m.biceps brachii and/or m. triceps brachii are amplified, rectified and integrated* “

The tokens from the two input places of transition Z_3 enter place l_{11} and unite with token η with the above mentioned characteristic. On the next time-moment, token η splits to two tokens – the same token η and token η_1. When the predicate $W_{11,10}$ is true, token η_1 enters place l_{10} and there it obtains a characteristic: “*the processed EMG signals are send for calibration and normalization*”.

The transition Z_4 of the GN-model has the following form:

$$Z_4 = \langle \{l_4, l_{10}, l_{15}, l_{16}, l_{17}\}, \{l_{12}, l_{13}, l_{14}, l_{15}, l_{16}\}, \begin{array}{c|ccccc} & l_{12} & l_{13} & l_{14} & l_{15} & l_{16} \\ \hline l_4 & false & false & false & true & false \\ l_{10} & false & false & false & true & false \\ l_{15} & false & false & false & false & W_{15,16} \\ l_{16} & W_{16,12} & W_{16,13} & W_{16,14} & false & true \\ l_{17} & false & false & false & true & false \end{array} \rangle$$

and,

$W_{15,16}$ = “*the maximum and minimum values of the EMG signals are obtained during calibration* “

$W_{16,12}$ = “*the minimum values samples of the EMG signals are more prevalent than the maximum values*”

$W_{16,13}$ = “*the absolute value of difference between the EMG signals from m. biceps brachii and m. triceps brachii is less-than the maximum value of the EMG signals (from m. biceps brachii and m. triceps brachii)* “,

$W_{16,14}$ = “*NOT* $W_{16,13}$ “

The tokens from places l_4, l_{10} and l_{17} enter place l_{15} and unite in one token κ with the characteristics. “*the signal processing subsystem is powered on and the EMG signal is calibrated for the current user*”. When the predicate $W_{15,16}$ is true, token κ enters place l_{16} unites with token γ with the above mentioned characteristic. On the next time-moment, token γ splits to four tokens – the same token γ and tokens γ_1, γ_2 and γ_3. When the predicate $W_{16,12}$ is true, token γ_1 enters place l_{12} and there it obtains a characteristic: “*threshold value 1 = no movement*”. When the predicate $W_{16,13}$ is true, token γ_1 enters place l_{12} and there it obtains a characteristic: “*threshold value 2 =* user intention of flexion of the elbow”. When the predicate $W_{16,14}$ is true, token γ_1 enters place l_{12} and there it obtains a characteristic: “*threshold value 3 = user intention of extension of the elbow*”.
The transition Z_5 of the GN-model has the following form:

$$Z_5 = \langle \{l_5, l_{12}, l_{13}, l_{14}, l_{21}\}, \{l_{17}, l_{18}, l_{19}, l_{20}, l_{21}\},$$

	l_{17}	l_{18}	l_{19}	l_{20}	l_{21}
l_5	*false*	*false*	*false*	*false*	*true*
l_{12}	*false*	*false*	*false*	*false*	*true*
l_{13}	*false*	*false*	*false*	*false*	*true*
l_{14}	*false*	*false*	*false*	*false*	*true*
l_{21}	*true*	$W_{21,18}$	$W_{21,19}$	$W_{21,20}$	*true*

$\rangle$

and,

$W_{21,18}$ = “*the motor driver controller energized the phases of rotations in a timely sequence according to the threshold value 1”*

$W_{21,19}$ = “*the motor driver controller energized the phases of rotations in a timely sequence according to the threshold value 2* “,

$W_{21,20}$ = “*the motor driver controller energized the phases of rotations in a timely sequence according to the threshold value 3* “

The tokens from the all input places of transition Z_5 enter place l_{21} and unite with token φ with the above mentioned characteristic. On the next time-moment, token φ splits to three tokens – the same token φ and tokens φ_1 and φ_2. Token φ_1 enters place l_{17} with a characteristic: “*the current position of the elbow joint”*. When the predicate $W_{21,18}$ is true, token φ_2 enters place l_{18} and there it obtains a characteristic: “*neutral position of the motor (no rotation of the motor)”*. When the predicate $W_{21,18}$ is true, token φ_2 enters place l_{19} and there it obtains a characteristic: “*rotation of the motor into a number of equal steps toward flexion”*. When the predicate $W_{21,19}$ is true, token φ_2 enters place l_{20} and there it obtains a characteristic: “*rotation of the motor into a number of equal steps toward extension*”.

4. Conclusions

The presented GN-model provides a framework that may be very useful for the development of EMG-powered elbow orthosis prototype. The proposed model is the first step to some further extensions through including real experimental data and permitting much more complex modeling and improvement in control strategies of EMG-powered orthosis not only for the elbow joint but also for other kinematic parts of the human body.

References:

1. Kiguchi, K., Hayashi, Y. An EMG-based control for an upper-limb power-assist exoskeleton robot. IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part B Cybern., 42, 1064–1071, 2012.
2. Su, H., Li, Z., Li, G., Yang, C. EMG-based Neural Network Control of an Upper-limb Power-assist Exoskeleton Robot. In Advances in Neural Networks–ISNN, Springer: Berlin,Germany, pp. 204–211, 2013.
3. Lenzi, T., de Rossi, S.M.M., Vitiello, N., Carrozza, M.C. Intention-Based EMG Control for Powered Exoskeletons. IEEE Trans. Biomed. Eng., 59, 2180–2190, 2012.
4. Pylatiuk, C., A. Kargov, I. Gaiser, T. Werner, S. Schulz, G. Bretthauer, Design of a Flexible Fluidic Actuation System for a Hybrid Elbow Orthosis, 2009 IEEE 11th International Conference on Rehabilitation Robotics Kyoto International Conference Center, Japan, June 23-26, 200, 2009
5. Atanassov K. Generalized Nets, World Scientific, Singapore, 1991.
6. Atanassov K. Generalized Nets in Artificial Intelligence. Vol. 1: Generalized nets and Expert Systems. “Prof. M. Drinov”, Academic Publishing, House, Sofia, 1998
7. Atanassov, K. Generalized Nets as a Tool for the Modelling of Data Mining Processes. In :- Innovative Issues in Intelligent Systems (V. Sgurev, R. Yager, J. Kacprzyk, V. Jotsov, Eds.), Springer, Cham, 161-215, 2016.
8. Minchev Z. Generalized Nets Model for Control of Mobile Robot, In Proc. of BioPS’04, December 6 - 8, III.42 - III.45, 2004.
9. Shannon A., J. Sorsich, K. Atanassov, Generalized Nets in Medicine, Sofia, Academic Publishing House “Marin Drinov”, ISBN 954- 430-501-7, 1996
10. Atanassov K. On Generalized Nets Theory, Prof. M. Drinov Academic Publishing House, Sofia, 2007.

Acknowledgements

Work presented here is partially supported by the Project № DFNP-17-140/01.08.2017 of the Program for Career Development of Young Scientists, BAS

Data Authors:

Assoc. Prof. Simeon Ribagin, PhD, Medical College of Burgas University “Prof. Dr. Asen Zlatarov” 69 “St. Stambolov” Blv., Department of “Health and social care” and Institute of Biophysics and Biomedical Engineering, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev Str., Bl. 105, 1113 Sofia, Bulgaria, E-mail: sim_ribagin@mail.bg

Corr. Memb. Prof. Krassimir Atanassov, DSc. DSc., Institute of Biophysics and Biomedical Engineering, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev Str., Bl. 105, 1113 Sofia, Bulgaria, E-mail: k.t.atanassov@gmail.com

THE PREDICTIVE MAINTENANCE OF POWER TRANSFORMER USING BIG DATA ANALYTICS

A. Perçuku, D. Minkovska, L. Stoyanova

Abstract: *In this paper, Big Data analytics are applied into power transformer equipment data that are collected from sensors, to gain quality insights, make decision easy and to predict efficiently the maintenance of this equipment. The graph technology, as a Big Data tool, is used to implement this model. As a case study is used the electrical power transformer, installed and configured in Kosovo power transmission system.*

Keywords: predictive maintenance, power transformer, Big Data analytics.

1. Introduction

The transformers are static devices that transfer electrical energy from one circuit to another by the phenomenon of electromagnetic induction without any change in frequency [1]. Power transformers are important equipment of transmission system, and they adjust the electric voltage to different levels on each part of power transmission system from generation to the end user. They are very expensive equipment in power transmission system and any failures on them due to any reason is difficult to rectify problems, they are very costly, and have impact in operation of power system. To avoid unplanned outages and to have reliability in operation of transformers, it is necessary to prevent possible failures and help identify problems at early stages.

Maintenance aims to reduce and eliminate the failures that might occur during normal operation of equipment, and the main objective is to reduce downtime and keep the functionality of the system. An equipment failure leads to an unexpected production delay, decrease the efficiency, and in some cases cause other damages. The effective maintenance includes combination of reactive, preventive, predictive, and proactive maintenance strategies [2].

The reliability of power transformer can be achieved by increasing reliability of data acquisition, data communication and data storage systems, as well as analyzing huge amounts of monitored data, coming from intelligence devices. Modern power system is evolving in the ability to collect and store massive amounts of data from its components. The main characteristics of Big Data are volume (huge amounts of data), velocity (speed of data generation), variety (various format of data), veracity (data assurance), and Value (usefulness of data for an enterprise) [3]. Big Data Analytics improve the way companies use and transform their data into useful insights for the industry, and make decision easy.

The aim of this paper is to create a model for collecting large amounts of data coming from sensors, installed and configured in power transformer T1 on substation (SS) Ferizaj2 in Kosovo transmission system, using graph technology, as a Big Data tool. Big Data analytics is used and performed on these data, in order to predict efficiently the maintenance of this equipment.

2. Power transformer and predictive maintenance

To keep the machines well maintained is one of the most important things of modern industry. In this context the maintenance of power transformer is essential to work this equipment safely and reliably. Due to severe competition and restructuring taking place in the power industry, there is a need to reduce maintenance costs, operate transformers as much as possible, extend their life, and prevent unplanned outages [1].

The maintenance of electrical equipment is important and necessary activity, and these cover testing, inspection, replacement and adjustments, measurements etc. The objective is to achieve optimal cost benefit, minimize downtime costs through eliminating unplanned and emergency

shutdown, to reduce losses and times, reliability improvement, condition monitoring, failure analysis, and maximize availability. There are different strategies in maintenance of electrical equipment's. The reliability centered maintenance is very effective, because it combines the reactive, preventive, predictive and proactive maintenance strategies [2]. The most common of each maintenance strategy can be illustrated in figure 2.1 [2].

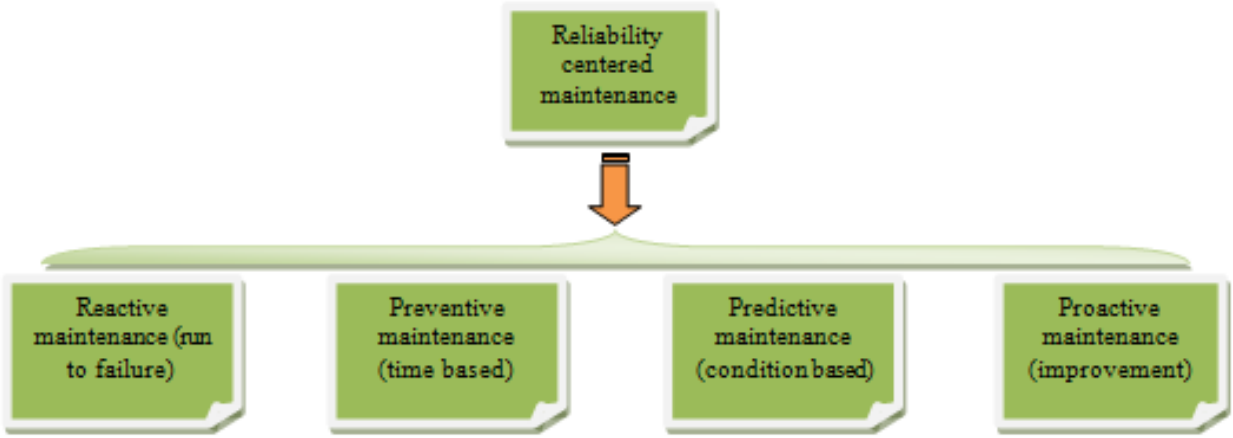


Fig.2.1 The reliability centered maintenance strategies

Reactive maintenance involves repair or replacement only when deterioration of the function causes a functional failure. Preventive maintenance consists of the regularly scheduled inspection, adjustments, cleaning, parts replacements, and repair of components. Predictive maintenance uses nonintrusive testing techniques, visual inspection, performance data, and data analysis to assess equipment condition. It replaces arbitrary maintenance tasks that are driven by the item's condition. Proactive maintenance improves equipment condition and rate of degradation through better design, installation procedures, failure analysis, and scheduling [2].

More maintenance activities include preventive and predictive maintenance activities. The aim of preventive maintenance is to keep components from aging and wearing out, or to restore and replace aged or worn components before they fail. The aim of predictive is to detect aging or wear in components so that preventive maintenance can be performed before ultimate failure occurs [4].

Predictive maintenance programs create the following benefits: 5-10% cost savings, 10-20% increase equipment uptime, 5-10% reduce overall maintenance costs, and 20-50% reduces efforts on maintenance planning time [5].

The focus of this research paper is predictive maintenance for power transformer, performing Big Data analysis on huge amounts of power transformer data coming from sensors.

3. Big Data analytics of power transformer

The ability to capture, store, manage, and analyze huge amounts of data in a meaningful manner requires appropriate Big Data Analytics capabilities, and these data can be used to provide information on equipment condition. In this context predictive maintenance is a core benefit of making device data usable, which helps in improving of operating efficiency and to detect and prevent possible failures.

Big Data is used to analyze, process, and store large amounts of data, that are generated fast from different sources and different format. To understand better what Big Data is, it is often described by using 5 V's: Volume (large volume of data), Velocity (speed at which data is generated), Variety (multiple formats and types of data), Veracity (refers to the quality of data) and Value (usefulness of data) [3].

The Big Data analytics mainly can involve identifying, preparing and analyzing large amounts of unstructured and structured data, to get meaningful information that can be used as an input to

identify patterns and enrich existing data. Big Data analytics enable easy decision making, there are four categories of analytics [3]:

- descriptive analytics (this form of analytics contextualizes data)
- diagnostic analytics (this analytics aim to determine the cause of a phenomenon)
- predictive analytics (this is carried in an attempt to determine the outcome)
- prescriptive analytics (this is prescribing actions that should be taken)

4. Case study

In this research paper is used graph technology, as a Big Data tool, to create the model for processing large amounts of data, to predict more efficiently the maintenance of power transformer. Graph databases are very powerful data modeling tools. A graph is a collection of edges and vertices, or a set of nodes and relationships that connect them [6]. The most used graph technology is Neo4j. Neo4j uses Cypher query language [6]. The syntax used to create nodes with their properties is as follows:

CREATE (<node-name>:<label-name> {<Property1-name>:<Property1-Value> ..... })

This syntax creates nodes with properties which are key-value pairs, to store the data.

As a case study in this research study is taken a three phase Siemens power autotransformer named T1, rated power of 300 megavolt Ampere (MVA), voltage ratings: High Voltage (HV): 400 kV, Low Voltage: 115 kV and Tertiary 10.5 kV, system frequency 50Hz, installed and configured in substation (SS) Ferizaj 2 in power transmission system of Kosovo. Large amounts of data are collected and analyzed in this power transformer, for seven parameters such as: power losses, load factor, apparent power, moisture in oil, top oil temperature, gas in oil, and hot spot temperature. The data of these parameters are collected in very short period of time, during one year period, see Table I.

Table I: The time period of data collected

Parameters	Time period of data collected
Power losses	every 1 sec and more
Load factor	every 2 min and more
Apparent power	every 2 min and more
Moisture in oil	once per day
Top Oil temper.	every 5 min and more
Hotspot temper.	every 14 min and more
Gas in Oil	every 1 min

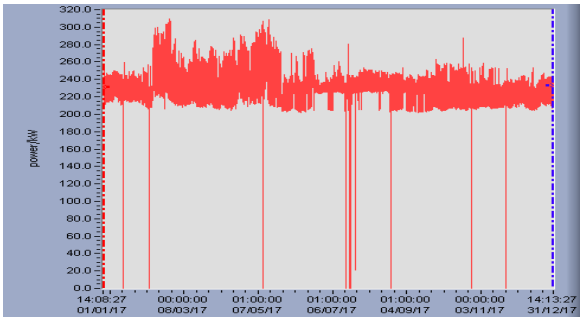


Fig.4a Power Losses in T1 during 2017

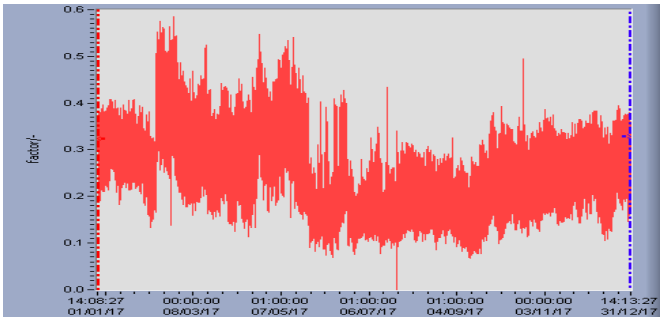


Fig. 4b Load Factor in T1 during 2017

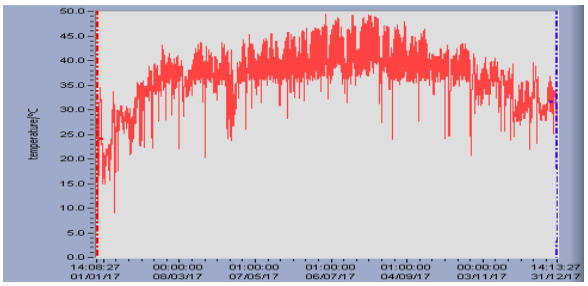


Fig. 4c Top oil temp. on T1 during 2017

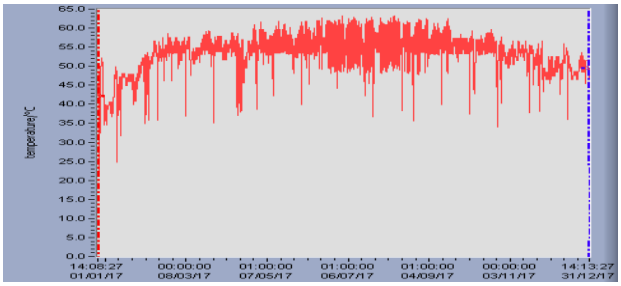


Fig. 4d Hot spot temp. during 2017 on T1

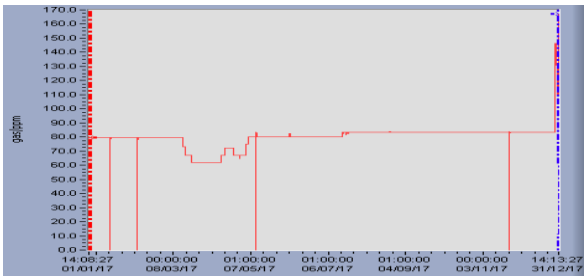


Fig. 4e Gas in Oil on T1 during 2017

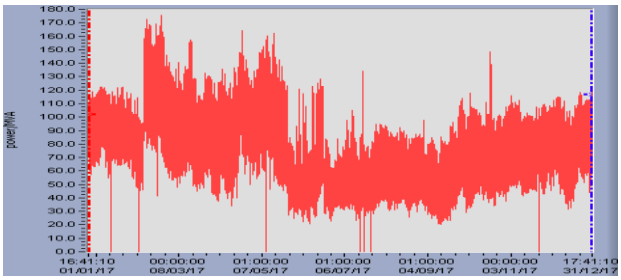


Fig.4f Apparent Power in T1 during 2017

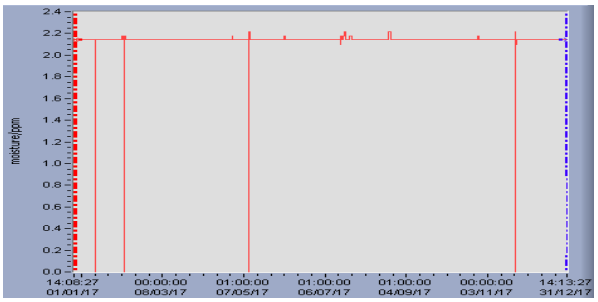


Fig. 4g Moisture in Oil on T1 during 2017

Those data are stored in graph database Neo4j for further analyses. The analyses are performed for a period of 2017 year, and are divided in two seasons; summer and winter. During summer and winter seasons, the analyses are done when there is high demand for energy which is called peak load, and for lowest demand for energy which is minimum load, during early morning hours. The peak load and minimum load can be in different time period in control areas; in our research case study we have taken the peak load in the time between 11^h-12^h for summer season, and the time period from 19^h-21^h for winter period, while the time for minimum load on two seasons is taken 04^h -06^h. The model created allows to query large amounts of data for those parameters and to check how our electrical equipment has been performed during period of 2017 year. All the results are presented on Table II. In figures 4a, 4b, 4c, 4d, 4e and 4g have shown in screenshots the curves for all parameters such as: power losses, load factor, apparent power, moisture in oil, top oil temperature, gas in oil, and hot spot temperature on date/time axis for 2017 year.

According to those detailed analyses that are provided by our model, the maintenance engineers can have a clear overview about the performance of power transformer, can get right insights, make decision easy, and can predict more efficiently the maintenance of this equipment.

Table II: Parameter's data analyses

Stored parameter's in Neo4j database	Summer period (01 Apr. ÷ 30.Sep.)						Winter period (01.Oct. ÷ 31.Mar.)						Measuring range	Alarms at:
	peak load (11^h-12^h)		load in: (04^h-06^h)		load for summ. 2017		peak load (19^h-21^h)		load in: (04^h-06^h)		load for wint. 2017			
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		
Power losses	212	308	202	250	202	308	219	305	203	242	203	309	0 ÷ 500 kW	-
Load factor	0.2381	0.2503	0.15903	0.17953	0.0667	0.5477	0.25292	0.56378	0.09781	0.35536	0.0978	0.5845	0 ÷ 2	1.05
Apparent power	79	136	21	107	20	164	76	179	29	107	29	175	0 ÷ 300 MVA	-
Moisture in oil	-	-	-	-	2.1	2.214	-	-	-	-	2.1	2.214	0 ÷ 100 ppm	10 ppm
Top oil temper.	24	49	27	43	23	49	16	41	9	39	7	43	-50 ÷ 200 °C	-
Hotspot temper.	38	63	45	60	36	63	36	58	24	57	21	60	0 ÷ 150 °C	110 °C
Gas in Oil	80.224	83.154	-	-	61.867	83.886	-	-	-	-	61.867	167.383	0÷ 2000 ppm	250 ppm

Conclusions:

- Big Data analytics, power transformer maintenance, specifically predictive maintenance benefits have been highlighted. In this research paper it is proposed a model for collecting and storing large amounts of data, using Neo4j graph technology, as a Big Data tool; Big Data analytics are applied on those data
- From the results shown above, by using this model, can be predicted more efficiently the maintenance of power transformer
- Future works is the ability to analyze and collect data from other parameters in power transformer, and also the possibility to include more electrical equipment's on this model

References:

1. S.V. Kulkarni, S.A.Khaparde: Transformer Engineering Design, Technology, and Diagnostics, Second edition, ISBN-13: 978-1-4398-5418-1, 2013
2. Paul Gill: Electrical power equipment maintenance and testing second edition, ISBN-13: 978-1-57444-656-2, 2009
3. Thomas Erl, Wajid Khattak, and Paul Buhler: Big Data Fundamentals Concepts, Drivers & Techniques, ISBN-13: 978-0-13-429107-9, 2016
4. John J. Winders, Jr.: Power Transformers Principles and Applications, ISBN: 0-8247-0766-4, 2002
5. Analytics Institute Deloitte: Predictive Maintenance Taking pro-active measures based on advanced data analytics to predict and avoid machine failures, 2017
6. Ian Robinson, Jim Webber & Emil Eifrem: Graph Database New Opportunities for Connected Data, LSI: 978-1-491-93200-1, 2015
7. Stephan Kudyba: Big Data, Mining, and Analytics, ISBN-13:978-1-4665-6871-6, 2014
8. Santhyan Munirathinam, B. Ramados: Big Data Predictive Analytics for Proactive Semiconductor Equipment Maintenance: A Review, 2014 ASE BIGDATA/ SOCIALCOM /CYBERSECURITY Conference

9. Peter Scheibelhofer, Dietmar Gleispach, Gunter Hayderer and Ernst Stadlober: A Methodology for Predictive Maintenance in Semiconductor Manufacturing, Austrian Journal of Statistics. Volume 41 (2012)
10. Joel Levitt: Complete Guide to Preventive and Predictive Maintenance, ISBN 978-0--8311-3441-9, 2011

ПРОГНОЗИРУЕМА ПОДДРЪЖКА НА ЕНЕРГИЙЕН ТРАНСФОРМАТОР ЧРЕЗ АНАЛИЗ НА ГОЛЕМИ ПО ОБЕМ ДАННИ

А. Перцуку, Д. Минковска, Л. Стоянова

Резюме: *В тази статия анализът на големите по обем данни се прилага върху данните от оборудването на трансформаторните сигнали, които се събират от сензорите, за да се получи качествено представяне, да се подготви леко вземане на решение и ефективно да се предскаже поддържането на това оборудване. Графичната технология, като инструмент от големите по обем данни, се използва за реализиране на този модел. Като казус се използва трансформаторът за електрическа енергия, инсталиран и конфигуриран в Косовската електропреносна система.*

Data Authors:

Arbër Perçuku, Mr.sc. elec. Eng., Pristina, Rep. of Kosovo, PhD Candidate at Faculty of Computer Systems and Technologies, Department of Programming and Computer Technologies, Technical University of Sofia, Rep. of Bulgaria, Sofia bul. “Kl. Ohridski”, tel.: 00383 44 215 165, e-mail: arber.percuku@gmail.com

Daniela Minkovska Assoc. Prof. PhD, Faculty of Computer Systems and Technologies, Department of Programming and Computer Technologies, Technical University of Sofia, Rep. of Bulgaria, Sofia bul. “Kl. Ohridski”, tel.: 00359 (2) 965-3317, e-mail: daniela@tu-sofia.bg

Lyudmila Stoyanova Assoc. Prof. PhD, Faculty of Computer Systems and Technologies, Department of Programming and Computer Technologies, Technical University of Sofia, Rep. of Bulgaria, Sofia bul. “Kl. Ohridski”, tel.: 00359 (2) 965-3453, e-mail: lstoyanova@tu-sofia.bg

INNOVATIVE APPROACH FOR EASSESSMENT IN INFORMATICS EDUCATION: A CASE STUDY

M. Ivanova, D. Minkovska, L. Stoyanova, P. Tomov

Abstract: *Nowadays, the digital world and formation of the digital society is reality and Informatics education contributes to its further development. Students expectations about the proposed teaching, learning and assessment in a course of Informatics are increased, because of their existing digital competences. The paper presents the results of the performed piloting experiment according to the TeSLA project with 150 students enrolled in the Informatics course from different faculties at Technical University of Sofia. An analysis and discussion of the developed and verified eAssessment model is provided.*

Keywords: Informatics, eAssessment, TeSLA, Higher education, blended-learning.

1. Introduction

A report of the joint Informatics Europe and ACM Europe Working Group on Informatics Education explains the importance of studying digital literacy and Informatics for all European citizens [1]. While digital literacy includes knowledge about usage of computer tools and Internet, Informatics steps at higher level revealing to students the huge possibilities of information technologies for creation of complex and advanced solutions and their applications in a wide variety of areas. Fourman defines Informatics as a science studying information presentation, processing and communication among systems [2]. The author reveals that the Informatics includes many aspects connecting different disciplines with their own conceptual bases and methodologies. So, Informatics programs and courses vary according to the university requirements and the level of study. Several scientific papers explore the specifics of studying Informatics. For example, Tıngöy and Güllüoğlu examine the students' attitude towards studying Informatics technologies [3]. After the course, the students' survey shows positive attitude as well as improvement of their learning and confidence in Informatics technologies. Other authors discuss the difficulties that students faced when studying programming languages [4]. Among the main difficulties are mentioned: not easy understanding of concepts behind programming structure, not easy learning of programming language syntax and difficulties in program design to accomplish a particular task.

Informatics education is seen as a key factor for development of the digital world and formation of the digital society. Competences obtained during Informatics courses and programs could be seen as a driving force for research, innovation and inventions. Knowledge and skills achieved in Informatics subjects are useful for students' professional development and successful realization at the market place. Anyway, to be familiar to Informatics concepts, many of students have to make more effort. Appropriate assessment tasks given to students could facilitate their learning and learning performance. Then, the emerged need for innovation in assessment process is discussed by several researchers [5] and the role of innovative practices in assessment in Higher education is shown in research papers [6]. The TeSLA project that is supported by European Commission according to H2020 program aims to develop an innovative solution for eAssessment with functionalities of students' authentication and authorship verification.

The aim of this paper is to present a model of eAssessment that enhances students' learning and assessment environment in the course of Informatics. It is verified with 150 students from different Faculties of Technical University of Sofia (TUS) during the winter semester of the 2017/2018 academic year.

2. Assessment in Informatics

The assessment of the students in the course of Informatics I in the machine faculties at the Technical University – Sofia is realized as ongoing assessment according to the curriculum. The students' knowledge changes and at definite periods during the semester is being tested. Formal assessment of students' level of knowledge uses tests, control tasks and homeworks [7].

The testing and assessment of the achieved knowledge in the course of Informatics I of the first-year students at Faculty of Power Engineering and Power Machines, Faculty of Mechanical Engineering, Faculty of Transport and Faculty of Industrial Technology is being performed in two stages. The topics of the course are being distributed evenly for the assessment of the theoretical and practical knowledge of these students. The practical part of the testing and assessment is being represented by problems to be solved – source code should be written in the programming language C. The theoretical part is represented by theoretical questions.

Up to the first and second test students are allowed after they have developed a first and second homework. It is assumed that if students for 2 months with the help of textbooks, lectures, laboratory exercises and consultations with colleagues and friends have mastered the necessary theoretical knowledge and acquired the skills to solve problems and have written more or less self-assignment tasks for homework , it is expected that they will cope with the tasks of the controllers and will successfully pass the theoretical test.

Assessment can be defined as "a method by which knowledge is found, which the student has" [8]. According to academic standards, the way in which the assessment and the assessment process are formed should determine the extent to which the objectives are met, taking into account the following two important elements:

• What the student should know, be able to do to pass the threshold of positive assessment;

• What the student should know, what he should be able to do to get a good (4), very good (5) and excellent (6) mark.

The analysis of the results according to the assessments done for each student can give us information about the student's complex preparation, competencies and personal qualities, and the ability to synthesize the obtained knowledge and the results of the student's group as a whole, i.e. about the level of their preparation and acquiring the necessary knowledge in the discipline [9].

Figure 1 shows a histogram of the success rate of a representative sample for the Faculty of Industrial Technology students, during the winter semester of the 2017/2018 academic year.

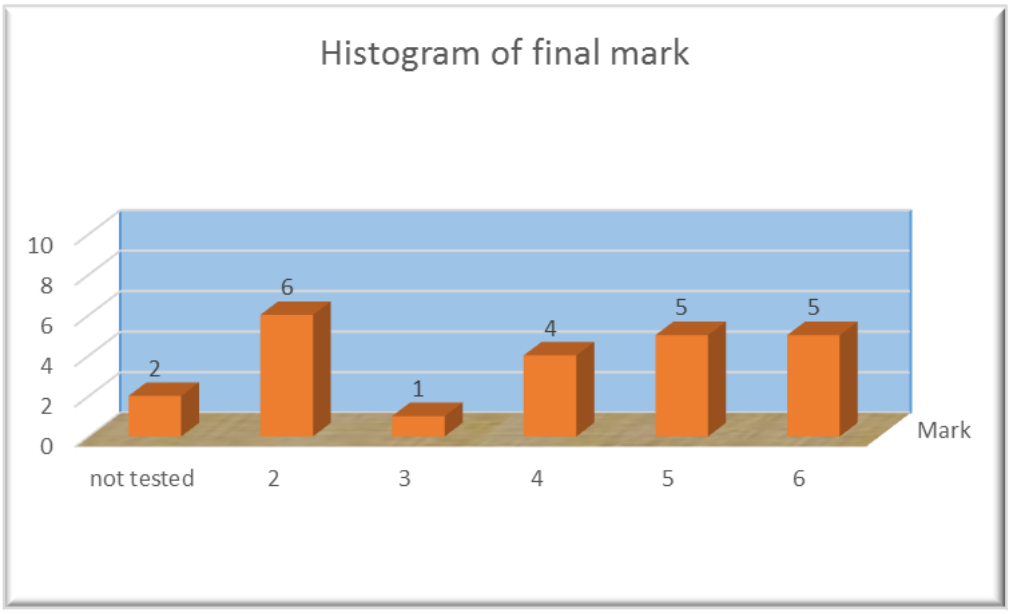


Fig. 1 The histogram of the Faculty of Industrial Technology students' success

From the data presented in the figure, it is clear that the majority of students trained successfully with the ongoing control, from which we can conclude that the used training model and the assessment method are suitable and successful for the students of the machine-building faculties.

3. Challenges in Informatics course

The lecturers in the course of Informatics in higher education institutions face new challenges - an avant-garde increase in the amount of information flows leading to the necessity of annual adjustments in curricula and the introducing of of new training methods related to new adaptive and interactive educational technologies [10].

The discipline of Informatics is one of the basic courses for the students at all Universities in the world. The different topics inside the discipline differ according to the definite faculty. All of the faculties of mechanical engineering education propose a course in Informatics and the topics inside the course are similar [11].

The necessity of studying the scientific discipline of Informatics is at the core of the globalization of the information society in theoretical and practical aspect. Although the specialty of the students has an important significance in determination of the tangible areas of study, the general principles, methods and approaches are common and do not depend on the particular application. In the modern dynamic world, the informatics as a scientific and academic discipline comes to be a driving factor in addressing the challenges of information technology [12] and information society as a whole. That means that a system of approaches and methods for acquiring knowledge and skills (acquired at the time of the education and training of students), appropriate to modern circumstances turns to be a necessity.

The challenges in the course of Informatics come also with the wide use of the e-learning activities. Some of the main tools for achieving quality and efficient e-learning are the modern multimedia learning environments [13]. Application of computer technology in conjunction with other media such as audio and video equipment create conditions for the organization of mixed architectures and their automatic control in dialog mode. In the spirit of the latest technologies, developing very rapidly may be reviewed the Top 10 Global Trends in ICT and Education [14]: Mobile Learning, Cloud Computing, One-to-One computing, Ubiquitous learning, Gaming, Personalized learning, Redefinition of learning spaces, Teacher-generated open content, Smart portfolio assessment and Teacher managers/mentors.

These trends are expected to continue and to challenge many of the delivery models fundamental to formal education as it is practiced in most countries. It will be interesting for us, for the goal of the project, to get feedback from the teachers for the information resources which they used in their practices [13].

4. Innovative approach in Assessment

In the scope of the TeSLA project an innovative solution in students’ assessment in the Informatics course was applied to face several of above mentioned challenges:

(1) The environment of assessment was technology enhanced – the system TeSLA for online assessment with functionality for e-authentication and authorship verification was adopted.

(2) The assessment scenarios were re-designed and improved – the offline assessment was transformed into blended assessment combining offline and online assessment activities.

(3) The online assessment activities were precisely designed with aim the suitable match between curriculum tasks and tested TeSLA instruments to be found.

A model for eAssessment was developed to provide adaptable, flexible, high-quality formal assessment environment to support students in their assessment activities and learning during the Informatics course (Figure 2). The eAssessment were performed in Moodle Learning Management System where the TeSLA system is integrated in the form of plugins with five instruments: face recognition (FR), voice recognition (VR), keystroke dynamics (KD), forensic analysis (FA) and plagiarism check (PL). During the course Informatics all these TeSLA instruments were tested considering the specificity of the course tasks and assessment activities. Three assessment activities were re-designed to fit the TeSLA system functionality.

The first assessment activity was explorative one, focusing on preparation of a technical report at home. It should summarize students' knowledge about a given topic in the area of programming. Learning objectives were: students to be able to extract important information related to a given topic, taking into account the course materials and all additional resources and to be able to write a scientific report. This activity contributes to the students' competency to be able to conduct research on a given topic and to prepare the report in ethical way. The teacher's role was to consult students in the researched domain and to instruct them how to perform this activity in Moodle and TeSLA. She/he supervised the submission of individually prepared report when it is submitted from the university. Two instruments were used: FR for students' authentication and PL for authorship check. Typically, this activity in the face-to-face scenario is performed in the following way: the students send via email or print their reports for evaluation by the teacher and usually, the teacher does not use software for plagiarism to check the students' work. The TeSLA system in this case gives possibilities for students' authentication and for plagiarism check to prove the work uniqueness. The assessment activity combines formative assessment, giving feedback to students and teachers and summative assessment, contributing to the achieved results with 25% of the final mark formed at the end of the semester.

The second assessment activity was designed in the form of an online quiz and the students had to answer a given question to check their new knowledge. The students had to explain their understanding on a given topic using received new knowledge during the lecture time. Learning objective of this assessment activity was the students to be able to understand and summarize new knowledge and the applied competency was to be able to understand course theory. The role of the teacher was to monitor the students' activity performance. Two instruments were used: FR and FA. FA was used to prove the originality of the short-written answer of the quiz. FR contributed to the students' authentication. In the face-to-face scenario, the students answer on the posed questions is in written form and the teacher recognizes the students enrolled in the course meeting them in the class room. The TeSLA system gives possibility the students' authentication and recognition of their written work to be performed automatically. The assessment activity used combination of formative assessment, giving information to students and teachers and summative assessment contributing to the achieved results with 15% of the final mark formation at the end of the semester.

The third assessment activity was oriented to the students' self-assessment. The students had to evaluate their course work through comparing the expected and achieved results. The learning objectives were the students to be able to develop a solution of an engineering task applying their theoretical and practical knowledge and skills and to be able to self-assess their work. This assessment activity contributes to the students' competency to be able to make a decision and to the competency to perform self-assessment and critical analysis. The teacher's role was to supervise students during the task performance and its submission. In this assessment activity two instruments were used: KD and VR. They both contributed to the student identification. These instruments allowed students to describe expected and achieved results.

The assessment activity is used for combination of formative and summative purposes and the achieved results contributed to 20% of the final mark formation at the end of the semester.

eAssessment environment – Moodle, TeSLA system

eAssessment scenario – individual tasks

Assessment activity	Student role	Teacher role	Assessment type	Location	Tested TeSLA instruments
1: Preparation of a technical report	-to prepare the report -to submit it	-consults -instructs	formative & summative	-preparation at home -submission at university/home	FR and PL
2: Answering a given question to check new knowledge	-to take the quiz	-monitors the student's performance	formative & summative	at university	FR and FA
3: Self-assessment	-to self-evaluate	-supervises	formative & summative	at university	KD and VR

Fig. 2 eAssessment model applied in the Informatics course

4. Conclusion

The paper summarizes the gained experience during the provided experiments with the TeSLA system in the Informatics course. A model for eAssessment is developed to facilitate the teachers and students' activities. It is verified with 150 students, testing all available TeSLA instruments, carefully chosen to improve assessment activities. The conducted experiment shows that the type of activities requires utilization of one or more TeSLA instruments. Our recommendation is usage of two or more instruments for an assessment activity that will guarantee the correct students' authentication and in parallel verification of the students' work. The TeSLA system is adaptive and could be used in a wide variety of assessment scenarios contributing to the organization of a flexible eAssessment. It is trust-based proposing mechanisms for e-authentication and verification of the students authoring and writing style.

The TeSLA system proposes huge possibilities for applying innovation in real educational practice improving the eAssessment environment, students' experience and teachers' pedagogy as well as the educational quality at whole. Technical University of Sofia as a blended institution, preparing engineering professionals, taking the advantages of offline and online assessment activities through precise design of assessment scenarios considering the applied context and the specific characteristics of every course. The Informatics education benefits the modern approach for eAssessment with the TeSLA system, including contemporary software technologies and pedagogical emerging practice.

Acknowledgement:

This work is supported by H2020-ICT-2015/H2020-ICT-2015 TeSLA project "An Adaptive Trust-based e-assessment System for Learning", Number 688520.

References:

1. Informatics education: Europe cannot afford to miss the boat Report of the joint Informatics Europe & ACM Europe Working Group on Informatics Education April 2013, http://www.informatics-europe.org/images/ documents/informatics-education-acm-ie.pdf

2. Michael Fourman, informatics, Informatics Research Report EDI-INF-RR-0139, July 2002, http://www.inf.ed.ac.uk/publications/online/0139.pdf
3. Özhan Tıngöy and Sabri Serkan Güllüoğlu, Informatics Education In Different Disciplines At University Level Case Study: A Survey Of Students' Attitude Toward Informatics Technologies, Tojet: The Turkish Online Journal of Educational Technology – October 2011, volume 10 Issue 4, 221-229.
4. Siti Rosminah MD Derus , Ahmad Zamzuri Mohamad Ali , Difficulties in learning programming: Views of students, 1st International Conference Current Issues in Education, ICCIE2012, At Yogyakarta, Indonesia
5. Looney, J. W. (2009), "Assessment and Innovation in Education", OECD Education Working Papers, No. 24, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/222814543073
6. Koçdar, S. and Dirkx, K., Innovative Practices in e-Assessment: The TeSLA Project, https://dspace.ou.nl/bitstream/1820/8108/1/Innovative%20practices%20in %20e-assessment.%20the%20tesla%20project2.pdf
7. Jelev G., Minkovska D. - Approaches for Definition the Validity of the Results of the Test for Knowledge Mastering, Proceedings, International Scientific Conference, Computer Science, FKSU, TU, Sofia, 2004
8. Dietel, R. J., Herman, J. L., Knuth, R. A. What Does Research Say About Assessment?, NCREL, Oak Brook, 1991
9. Jelev G., Minkovska D. - Results Analysis of Test Control on the Knowledge of the Students, Proceedings, International Scientific Conference "Computer Science'2006", Istanbul, Turkey, 2006
10. М. Петрова, В. Маринова, Актуални проблеми на подготовката и преподготовката на учителите за работа в нови информационни и комуникационни среди, http://journals.uni-vt.bg/getarticle.aspx?aid=1905 &type=.pdf
11. L. Stoyanova, D. Minkovska – Instruction in Informatics for Mechanical engineering Faculties at Universities – Challenge or Necessity, Computer and communications engineering , Vol.5 , No.1 /2011, ISSN 1313-2717
12. Manuel Castells, Information Technology, Globalization and Social Development, UNRISD Discussion Paper No. 114, September 1999
13. E-learning and OER (Open Educational Resources) usage in project partners High Schools analysys, KA2, Project title: "Integrating E-Learning and Open Educational Resources into Classroom" – iOERc, Zoran Zdravev, Lyudmila Stoyanova, Daniela Minkovska, etc.
14. http://blogs.worldbank.org/edutech/10-global-trends-in-ict-and-education

ИНОВАТИВНО РЕШЕНИЕ ЗА ЕИЗПИТВАНЕ В ОБУЧЕНИЕТО ПО ИНФОРМАТИКА: ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЛУЧАЙ

М. Иванова, Д. Минковска, Л. Стоянова, П. Томов

Резюме: *Понастоящем, цифровият свят и формирането на цифрово общество е реалност и обучението по Информатика допринася за неговото развитие. Очакванията на студентите относно преподаването, обучението и изпитването са повишени, поради техните съществуващи компетентности за работа в цифрова среда. Статията представя резултати от извършен пилотен експеримент по проекта ТеСЛА със 150 студенти, включени в курса по Информатика от различни факултети на Технически университет - София. Извършен е анализ и дискусия на разработения и верифициран модел за еИзпитване.*

Данни за авторите:

Малинка Спасова Иванова, доцент доктор инж., катедра „ЕКСТ“ при КЕЕ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, e-mail: m_ivanova@tu-sofia.bg

Даниела Велева Минковска, доцент доктор инж., катедра “Програмиране и компютърни технологии” при ФКСТ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, тел.: 965 33 17, e-mail: daniela@tu-sofia.bg

Людмила Йорданова Стоянова, доцент доктор инж., катедра “Програмиране и компютърни технологии” при ФКСТ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, тел.: 965 34 53, e-mail: lstoyanova@tu-sofia.bg

Панчо Кръстев Томов, доцент доктор инж., катедра „АДП” при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, тел. 965 29 80, e-mail: pkt@tu-sofia.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАЗЛИЧНИ ВИДОВЕ КОНТРОЛЕРИ ПРИ ПИЛОТАЖНО –НАВИГАЦИОННИТЕ КОМПЛЕКСИ НА МАЛОГАБАРИТНИ БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ

К. Каменов

Резюме: *В настоящия доклад е направено изследване на приложимостта на видовете контролери, които се намират в пазарно обръщение и се използват в ситемите за автоматично управление на малогабаритни безпилотни летателни апарати. Анализирани са характеристиките на елементите и на платките, като цяло и са посочени предимствата и недостатъците в това приложение. Разгледано е различното софтуерно осигуряване, което е достъпно в глобалната мрежа заедно с неговите предимства и недостатъци Направен е кратък обзор на полетните контролери за МБЛА. Посочени са няколко основни полетни контролери, техните характеристики, предимства и недостатъци*

Ключови думи: MEMC сензори , контрол на МБЛА, автопилот.

1. Въведение

МБЛА се явяват бързо развиващ се сегмент на авиационната техника. Решаването на задачите на навигацията и пилотирането се явява един от ключовите проблеми при управлението на подвижните обекти , и в частност на МБЛА. Системите, способни да решават такива задачи на борда на съвременните летателни апарати, се обединяват в единен информационно-управляващ комплекс, ядрото на който се явява системата за пилотиране и навигация.

Един от основните елементи за решаване на задачите по управлението на полета на летателния апарат е автопилота.

Автопилотът има следните основни функции: стабилизиране на летателния апарат във въздуха; стабилизация на височина с определена точност посредством барометричен висотомер;GPS, акселерометър, или други сензори; позициониране с помощта на GPS - GLONASS, автоматичен полет по предварително определени точки от маршрута, осигуряване на безопасността на полета (връщане в точката на излитане след загуба на сигнал), автоматично кацане, зависване пред препятствие (за мулти-хеликоптери) или прелитате над препятствия (за самолети).

Броят на функциите зависи от наличието на съответната периферия и микроконтролер. Контролерът на полета или автопилотът е типично устройство с микропроцесорно управление. Алгоритмите за управление се изпълняват програмно.

2. Развитие на полетните контролери и елементната база за тях.

Полетните контролери се развиват бързо, все по-малки, с по-добри параметри на хардуери, интегриране на все повече и повече функции. Пример за развитието на полетните контролери е показан на фиг.1. [2].

Като микропроцесорни основи на полетните контролери най-често се използват най-популярните 8-битови микроконтролери Atmel от семейството Atmega, заедно с пакет AVR32. Използват се и ARM контролерите заедно с техните обвивки, които са едночипови компютри.



Фиг.1 Развитие на полетните контролери



Фиг.2 FC процесори F1,F3,F4

В момента има 4 основни типа CPU, от които да избирате: F1, F3, F4 и F7. [2].

F1, F3, F4 и F7 са различните STM32 (фиг.2) процесори или микроконтролери (MCU), използвани в контролер на полета (FC). Понастоящем има 10 серии от STM32 MCU, от по-бърза до по-бавна скорост на обработка те са: H7, F7, F4, F3, F2, F1, F0, L4, L1, L0.

Първият 32-битов компютър [3], използван някога на mini quad е бил CC3D, който има F1 процесор.F1 FC има най-ниската технологична мощност от четирите, а сега се смята за остарял. Добре известни примери за полетни контролери F1 биха били Naze32 Rev5 и Rev6.(фиг.3).



Фиг.3 Naze 32



Фиг.4 Betaflight F3

Процесорите F3[3]са въведени за пръв път в полетните контролери през 2014 г. и се използват на много популярни FC, включително X-Racer, Betaflight F3, LUX V2 и KISS FC.На (фиг.4) е показан контролера Betaflight F3.

Процесорите F4 [3]са въведени малко след F3. Процесорите F4 се радват на популярност в контролерите на полетите, благодарение на предимствата на допълнителната мощност за обработка и се използват при много нови модели на пазара като Betaflight F4, DYS F4, Kakute F4, Matek F4 AIO, Raceflight Revolt (фиг.5) и BrainFPV RE1.



Фиг.5 Revolt F4



Фиг.6 AnyFC F7

Процесорът F7[3] е по-ново поколение MCU. F7 FC са все още много нови за пазара в момента. Полетни контролери с F7, например AnyFC F7 FC,е показан на (фиг. 6).

Част от разликите между платките с F1 и F3, е че при платките F1 имат само 2 UART в сравнение с 3, предлагани от F3. [3]. Ползите от F7 пред F3 и F4 е това ,че F7 е по-бърз процесор (216MHz срещу 168MHz на F4). [3]

Структурата на автопилота включва: акселерометри,жироскопи, магнитометричен сензор за стабилизиране за ориентация на летателния апарат по отношение на магнитния меридиан и барометричен сензор, даващ възможност да се стабилизира барометричната височина на полета. Наличие на GPS/GLONASS приемник, който дава възможност да се извършва автоматичен полет по маршрут, с опция автоматичното връщане до началната точка на полета.

В днешно време съществуват голямо количество типове полетни контролери :MultiWii, ArduPilot, PixHawk, Rabbit , DJI полетните контролери, Zero UAV, Fyetech контролери,KK контролери, контроллер AutoQuad, Open Pilot и др.Сравнение на възможностите на полетните контролери е показано в таблица 1[1].

Таблица 1 Сравнение на полетните контролери

Контролер	Управление на полета	Стабилизация на височина	Стабилизация на позиция	Полет по точки маршрут
Multi Wii	+	+	+	+
ArduCopter	+	+	+	+
Rabbit	+	+	+	+
DJI Naza Lite	+	+	+	–
DJINaza V1/V2	+	+	+	+
DJI Wookong	+	+	+	+
ZeroUAV X4/X6	+	+	+	+
XAircraft SuperX	+	+	+	–
XAircraft	+	+	+	–
KK	+	–	–	–
MicroKopter	+	+	+	+
Autoquad	+	+	+	+
Falcon2	+	+	+	+

3. Разпространени полетни контролери за МБЛА:

3.1. DJI Naza – M –Lite;



Фиг.7 DJI Naza – M –Lite



Фиг.8 MuitiWii Pro Flight Controler

DJI сега извежда най-рентабилното решение - системата NAZA-M Lite (фиг.7) за управление на полета. [4] Като опростена версия NAZA-M, наследява високата надеждност и стабилност на NAZA-M в базов пакет. Иновативният дизайн на All-in-One опростява инсталацията и спестява място и тегло.

Подобреният алгоритъм за управление, не само наследява изключителната летателна стабилност на DJI продуктите, но и осигурява отлична маневреност.

Характеристиките на полетния контролер DJI Naza – M –Lite са показани в [5].

Изисквания към системния софтуер:Windows (Windows 7,8 или 10).

Разликите между NAZA-M Lite, NAZA-M V1 и Naza M V2 + GPS Комбо са в разширените функции на отделните контролери.[6]

3.2.MuitiWii Pro Flight Controler W/MTK GPS Module



Фиг.9 ArduPilot Mega (APM) 2.6



Фиг.10 Falkon 2

MultiWii PRO (фиг.8) е Arduino базиран контролер на полета.[7]. Тази версия на MultiWii поддържа директно свързване на GPS модул (пакетът включва GPS модул MTK 3329), позволяващ изключително прецизна функционалност за позициониране. С възможности за разширение и пълна програмируемост, това устройство контролира почти всеки тип МБЛА.

Полетния контролер MultiWii PRO [8] включва: триосен жироскоп ITG3205; акселерометър BMA180; барометър BMP085; магнитометър HMC5883L; вградена USB връзка за програмиране заедно с входни изходни пинове.

3.3.Полетен контролер ArduPilot Mega (APM) 2.6.

В настоящо време проекта ArduCopter [1]подържа два типа контролери – APM 2x и Pixhwak. Контролера APM 2x е посторен на основата на 8- битовия микроконтролер ATmega2560, Pixhawk – на основата на 32-разряден високопроизводителен процесор STM32F427 с встроен съпроцесор.

Втория контролер има преимущество по отношение на производителността и обема на паметта спрямо първия. Контролерът Pixhawk има преидимство при построяването на скоростни летателни апарати.

Полетния контролер APM 2.6 (фиг. 9) е най-пълноценното решение за БПЛА, което позволява използването на автоматично управление по предварително зададен маршрут на полета. [10].

От полетния контролер ArduPilot Mega (APM) 2.6 се получава пълноценен автопилот. Има отворен комуникационен протокол.

Полетния контролер ArduPilot Mega (APM) 2.6 се съдържа 3 осен жироскоп, акселерометър, магнитометър и високо прецизен барометър; [10].

Софтуерът Ardupilot се зарежда, като се използва IDE на Arduino. [9].

Ardupilot Mega (APM) е професионален качествен IMU автопилот, който контролира самолети, коптери с много ротори, както и традиционни хеликоптери. [9].

3.4. Falkon 2

Falcon 2 е контролер за управление с множество ротори (multi –rotor), базиран на Arduino Zero. Това също е подобрена версия на Falcon 1. Falcon 2 показан на (фиг. 10).

Falcon 2 е програмируем чрез собствения USB порт на микроконтролера. Това позволява платката да бъде избрана и програмирана , като се използва IDE на Arduino.[11].

Falcon 2 е способен както за ръчен, така и за автоматичен полет. Той използва MPU-9250.

Falkon 2 има процесор: RISC 32-bit, 48MHz, Atmel ARM Cortex M0 + SAMD21J18A, 64-пинов TQFP пакет.

Falkon 2 е базиран на Arduino Zero. Той може да се програмира с IDE на Arduino чрез USB кабел, както всеки друг Arduino.

Резултати: Направен е сравнителен анализ на най-разпространените полетни контролери за МБЛА. Посочени са отделните предимства и слаби места на контролерите един спрямо друг.

4. Изводи:

- Направен е сравнителен анализ на най-разпространените полетни контролери и елементната база за тях. Посочени са техните характерни параметри.
- Получените резултати от анализа на полетните контролери са използвани при определяне на оптималните параметри при синтеза на ПНК за МБЛА.
- Подбран е подходящ за работа полетен контролер – автопилот.

Литература:

1. Мясищев А.А, Построение БПЛА на базе на полетного контролера APM 2.6, // УДК 004.522 Technical scieces ISSN 2307-5732//,Herald of Khmelnytskyi national university, Issue 5, 2016 (241)
2. Еволюция на полетните контролери,. <https://oscarliang.com/best-flight-controller-quad-hex-copter/#what-is-fc > (05.05.2018).
3. F1FC ,<https://oscarliang.com/f1-f3-f4-flight-controller/> .(05.05.2018).
4. DJI Naza – M –Lite < https://www.dji.com/naza-m-lite/feature/ >. (05.05.2018).

5. DJI Naza-M Lite Multi-Rotor Flight Controller GPS Combo <https://hobbyking.com/en_us/dji-naza-m-lite-multi-rotor-flight-controller-gps-combo.html>/ (05.05.2018).
6. whats-difference-of-naza-m-litenaza-m-v1naza-m-v2<https://www.dji.com/newsroom/news/whats-difference-of-naza-m-litenaza-m-v1naza-m-v2/> (05.05.2018).
7. MultiWii PRO Flight Controller w/MTK GPS Module <http://www.readytoflyquads.com/multiwii-pro-flight-controller/> (05.05.2018).
8. MultiWii PRO Flight Controller w/MTK GPS Module <https://hobbyking.com/en_us/multiwii-pro-flight-controller-w-mtk-gps-module.html?/>(05.05.2018.
9. ArduPilot Mega (APM) <http://www.ardupilot.co.uk/ardupilot-software.html />(05.05.2018).
10. ArduPilot Mega (APM)< http://ardupilot-mega.ru/> (05.05.2018).
11. Falkon 2<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=401203.0/ > (05.05.2018).

SURVEY OF DIFFERENT TYPES OF CONTROLLERS IN THE FLIGHT -NAVIGATION COMPLEXES OF MAV$_S$

K. Kamenov

Abstract: *This report explores the applicability of different types of controllers that are distributed in the market place and used in the systems for automatic control of small-size unmanned air vehicles. The characteristics of the elements and of the computer boards are analyzed in general and the advantages and disadvantages of this application are outlined. The different software provision, which is available in the interglobal network together with its advantages and disadvantages, has been analyzed. A brief overview of the MAV$_S$. flight controllers is made. Several major flight controllers, their features, advantages and disadvantages are mentioned.*

Данни за автора:
Красимир Русанов Каменов, асистент инж. катедра “Електротехника, автоматика и информационни технологии” от факултет „Авиационен“ при НВУ“Васил Левски„ Велико Търново тел.: 0898735276, e-mail: kam_kr@abv.bg.

ОТНОСНО ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ГЕНЕРИРАНЕ НА КЛАСОВЕ ВХОДНИ ФАКТОРИ ЗА НЕВРОННИ МРЕЖИ СЛУЖЕЩИ ЗА ИНТЕЛИГЕНТНО УПРАВЛЕНИЕ НА ЛОГИСТИЧНИ КОМПЛЕКСИ

Л. Лазов, А. Грънчаров

Резюме: *В настоящата статия са разгледани методи за генериране на класове от входни фактори, които да служат за прогнозирането на преходи в критични състояния на логистични комплекси. Разгледани са особеностите на невронни мрежи за интелигентно управление на логистични комплекси и специфичните изисквания към входните фактори на невронни структури от вида „радиална базисна функция и многослоен персептрон“.*

Ключови думи: входни фактори, невронни мрежи, логистичен комплекс, размито кодиране на невронни входове.

1. Въведение

Съвременното управление на логистични комплекси най-често се осъществява чрез интелигентни управляващи системи изградени на базата на невронни структури. По своята същност тези невронни структури представляват процесори за обработка на серия входящи вектори, формирани от постъпващите в реално време в интелигентната управляваща система данни на представителни параметри за външни въздействия.

Една от основните функции на интелигентната система е да разпознава критичните състояния, в които навлиза логистичният комплекс и съответно да генерира изходящи вектори от управляващи въздействия с цел предотвратяване на потенциални опасни състояния.

Основен проблем при обработката на тези данни е тяхната силна разнородност. Друга особеност на входящите фактори е, че в по-голямата си част постъпващите данни са неконтролируеми което на практика означава, че интелигентната управляваща система трябва да адаптира управлението на логистичния комплекс към тях, а не обратното.

Силната разнородност на входящите фактори се явява голямо предизвикателство пред коректното обучение на една невронна система за управление на комплекса [2], което от своя страна налага и разработването и използването на специализирани симулационни стендове за генериране на обучаващи вектори. Тези специализирани симулационни стендове трябва да пресъздават обкръжаващата среда в най-голяма степен, което е още едно допълнително предизвикателство.

2. Теоретични основи при генериране на класове входни фактори

В управлението на логистични комплекси е приета хипотезата, че на всяко реално състояние съответства математически образ или форма, който може да се представи като N-мерен вектор разположен в пространството на образите [1]. Всяка координата на вектора съответно характеризира количествено някакъв признак на образа. Процесът на разпознаване на тези образи представлява процедура по ранжиране (т.е., подреждане и включване) на състоянията, (представени чрез N-мерния вектор), към някои от формираните вече класове от състояния.

Един генерален метод за прогнозиране и разпознаване на критични състояния в логистични комплекси може да бъде реализиран в пет етапа (фази):

а) избор на параметри формиращи входящия вектор и подходящ алгоритъм за трансформация;
б) формиране на обучаваща извадка;
в) съставяне на вектор на състоянията;
г) дефиниране на критерий за класификация;
д) приемане на решение за ранжиране (подреждане и включване) на показателите към някой от известните класове.

При избора на метод за трансформация е необходимо да се отчитат и някои специфични изисквания, които трябва да предотвратят грешките, които биха възникнали при генериране на решения от управляващата контролна система. Тези грешки биха се получили поради самата природа на входните фактори.

При изграждане и използване на невронна структура за контрол и управление на логистични комплекси, обикновено се приема една координата от входящия вектор да се обработва от един неврон, включен в структурата на входящия слой на невронната система. В случаите, при които факторите изграждащи входящия вектор се подават в натурни координати то могат да възникнат проблеми при работата на мрежата, дължащи се на факта, че натурната променлива (например: „температура“, „атмосферно налягане“, „скорост на въздушния поток“ и т.н.), най-често се намира в някакъв вид корелационна зависимост с другите входящи променливи. В тези случаи процесът на трениране (т.е., обучение) на невронната мрежа става изключително труден (или дори невъзможен) поради липсата на определящи фактори за контролирано обучение и поради липсата на възможности за използване на представителни реализации за неконтролирано обучение.

По принцип, този вид проблеми биха могли да се решат и чрез въвеждане на специфичен вид неврони (в невронната структура), които да фокусират извършваните в тях операции само в дадена специфична област. Но трябва да се отбележи все пак, че разнородния характер на входящите параметри силно затруднява генерирането и обучението дори и на такава структура (т.е., с включени в нея специфични неврони). Това се дължи не само на голямата разлика в скалата на измерване на входните параметри, но също и на факта, че корелационните зависимости между входящите променливи не се запазват във времето, а често те просто се появяват и/или изчезват, като дори в определени случаи корелационните зависимости между входните променливи могат да променят и своя знак.

Всички изложени по-горе предпоставки водят да формулирането на някои специфични изисквания към кодирането на невронните входове, например:

- кодираните входящи параметри трябва да бъдат съвместими – т.е. всички възможни комбинации от входящи фактори да бъдат възможни и след извършване на трансформацията;
- след кодиране на входящите променливи, корелационните връзки между тях да са сведени до нива които няма да повлияят съществено върху резултата генериран от невронната структура;
- поради размития характер на границите между критичната и некритична област, трансформацията на входните фактори трябва да осигури възможност за изграждане на представителни образи при които, приетите гранични стойности да не оказват значимо качествено изменение на образа, а евентуално само количествено отместване.

В настоящия труд е разработена процедура за трансформиране на входните променливи базирана на коригираната нормализация по формулата:

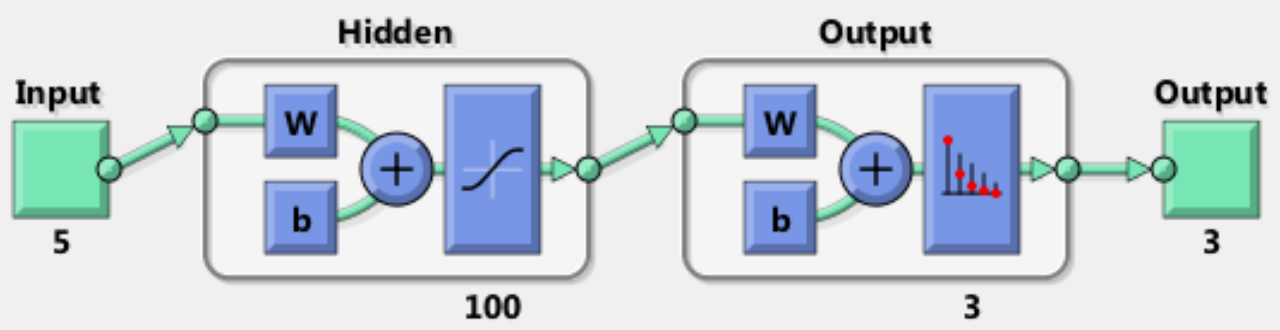
$$z = 2.\frac{\mathrm{fx} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} - 1 \qquad (1)$$

където z е трансформираната стойност на входната променлива x,

$x_{\min}$ и $x_{\max}$ са минималната и максималната натурни стойности на входната променлива, а fx е прогнозираната стойност изчислена по метода на пълзящото средно или

експоненциалното изглаждане, като дълбочината на прогнозата не е голяма (4÷5 реализации).

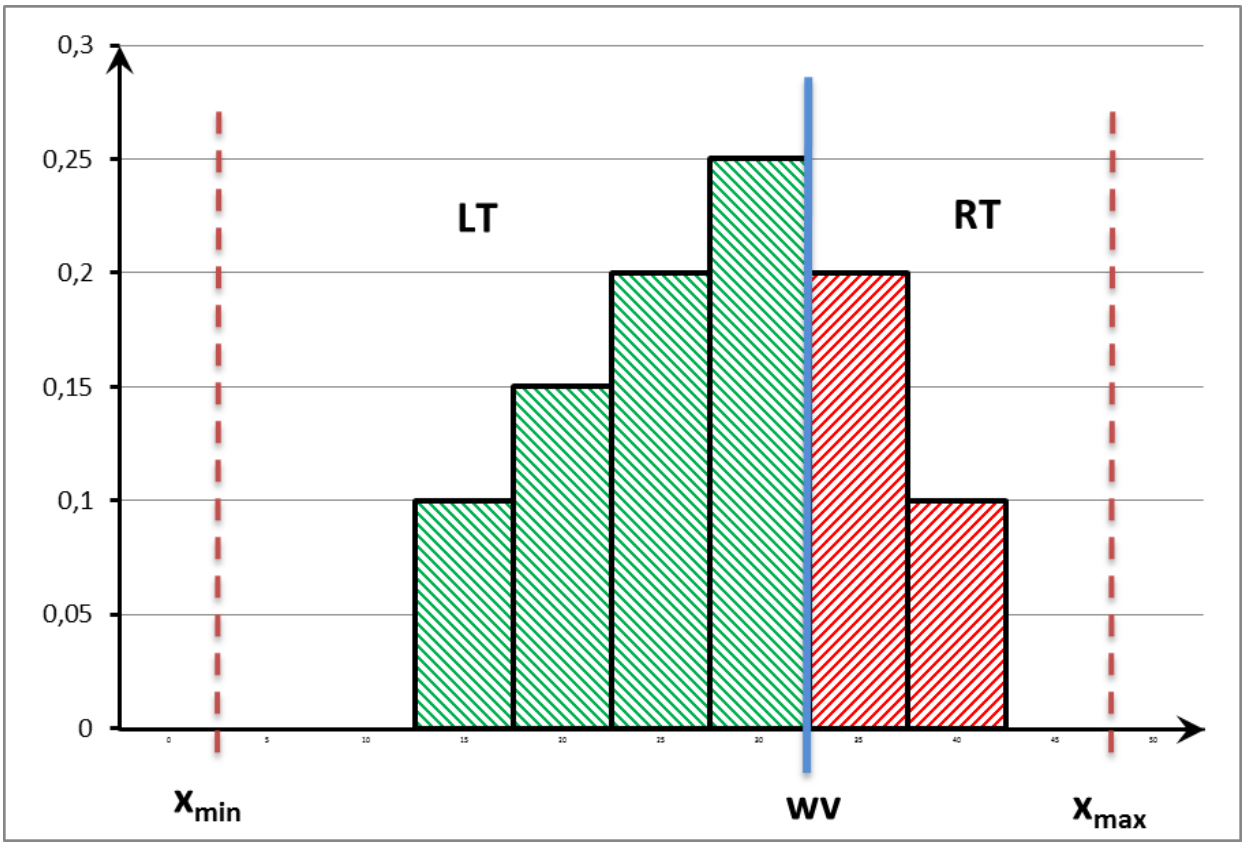
Корелационните връзки между така трансформираните входни фактори са сведени до нива които няма да повлияят съществено на работата на невронната структура, като същевременно всички трансформирани входни фактори се изменят в една скала. Тази процедура позволява по-точно определяне на стойностите на тегловите вектори w и на векторите на отместването b за невронната структура показана на фиг. 1.



Фиг. 1 Примерна структура на невронна мрежа за разпознаване на прогнозирани образи на критични събития в логистични комплекси.

Предложената трансформация на входните фактори позволява да се решат първите две от поставените задачи, а именно факторите подавани на входа на невронната мрежа да са съвместими и независими, същевременно да предоставят възможност за прогнозиране на състоянията. За решаване на третата задача, която изисква генерирането на прецизна качествена оценка, е необходимо да се създаде модел за генериране на образ на състоянията на логистичния комплекс. Този образ трябва да дава информация за предстоящо критично събитие независимо от количествените стойности на входните променливи. Използвайки този образ невронната структура би разпознала събитие независимо до колко е отдалечен образа (т.е. каква е неговата количествена стойност).

За постигане на тази цел е необходимо от трансформираните стойности да се генерират поне два класа – сигнален клас /WC/ и безопасен клас /SC/. За генерирането на двата класа е целесъобразно да се използва кратковременната история на развитие на процеса. За формиране на теглата на WC и SC може да се използва функцията на вероятностната плътност на процеса както е показано на фиг. 2 и предварително избрана сигнална стойност wv на параметъра x.



Фиг.2 Пример за генериране на сигнален и безопасен клас от левия и десния квантил на разпределението на входящия параметър

Количествената характеристика на безопасния клас се определя по:

$$z_{SC} = z.LT \quad (2)$$

а количествената характеристика на сигналния клас по:

$$z_{WC} = z.RT \quad (3)$$

3. Разработване на метод за генериране на входящи вектори при формирането на класове за разпознаване.

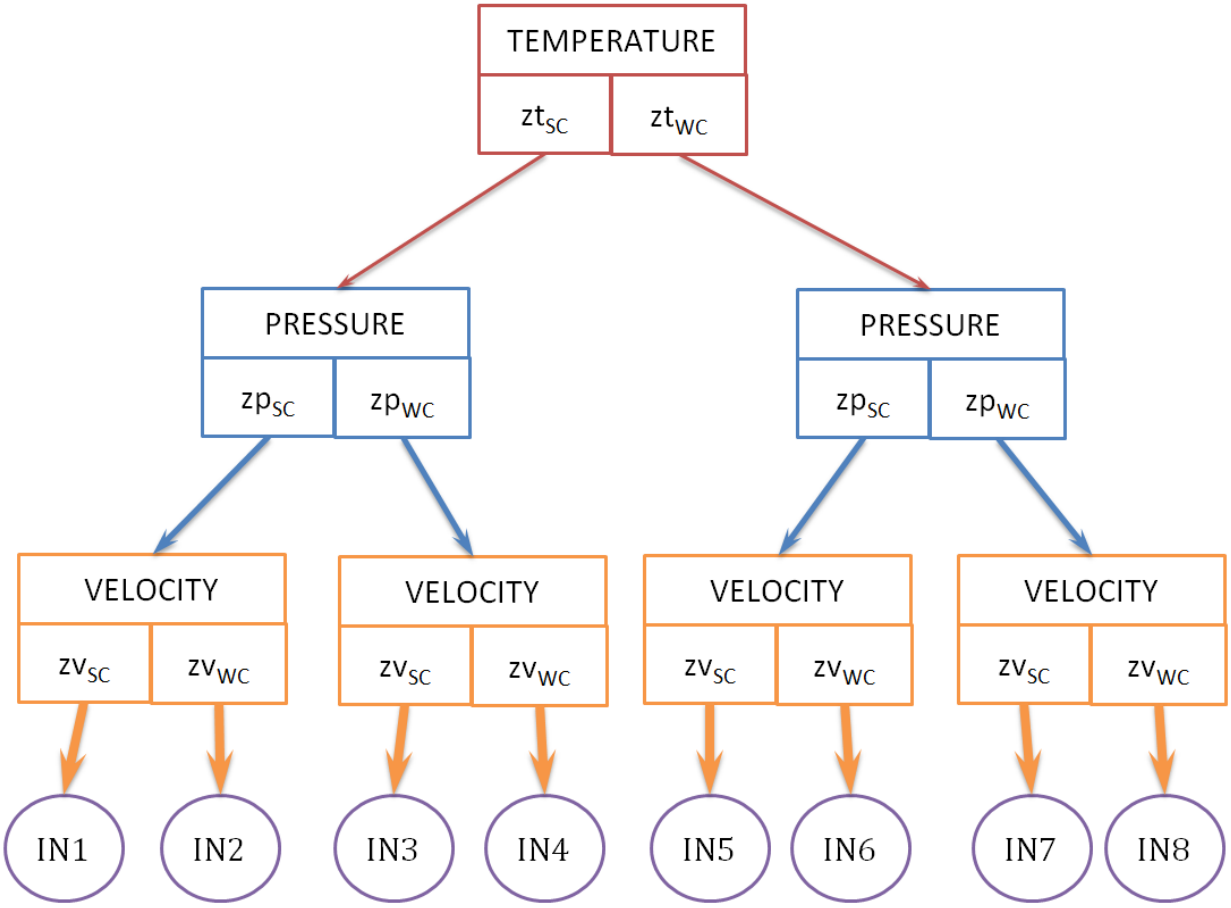
Процесът за разпознаване на образите се състои от решаването на две основни задачи. Първата задача обхваща формирането на класовете, наричана още обучение или трениране, а втората задача представлява самото разпознаване.

За решаване на първата задача е необходимо да се състави метод за преобразуване на пространството на образите, принадлежащи на даден клас, когато то не може да се отрази от координатите на входящия вектор, тъй като те се изменят в много широки граници. След извършването на тази трансформация в преобразуваното пространство на образите е възможно да се построи функция на координатите, характеризираща всички образи принадлежащи на дадения клас.

Максималната и минималната стойност на входящата променлива се определя от генерираните с помощта на симулационния стенд обучителни вектори. В този смисъл кодирането е извършено по приблизителни приближения по частични изследвания или данни. Този случай е удачен за използване при последователно постъпване на входящите данни.

Следващата стъпка е трансформирането на входящите данни по ур. 1, а след определяне на законите на разпределение на входящите параметри и изчисляване на количествените

оценки на сигналните и безопасни класове може да се пристъпи към формиране на образ на състоянието на логистичния комплекс чрез пълна комбинация на количествените характеристики. На фиг. 3 е представена методика за генериране на образ на състоянието на логистичен комплекс по три примерни входящи параметъра – температура zt_{SC}, zt_{WC}, налягане zp_{SC}, zp_{WC} и скорост на въздуха zv_{SC}, zv_{WC}.



Фиг.3 Методика за генериране на образ на състоянието на логистичния комплекс

4. Изводи:

- Изяснени са теоретичните въпроси, свързани с генерирането на класове от входящи фактори използвани при интелигентното управление на логистични комплекси чрез невронни мрежи за разпознаване на образи.
- Формулирани са етапите за разработване на класове от входящи фактори и е съставен модел за генериране на класове подходящи за употреба в невронни структури за разпознаване на образи от типа на многослойния персептрон.
- Получените резултати са използвани при изграждането на интелигентно управление на експериментална платформа за симулиране на различни състояния и характеристики в логистичен комплекс.

Литература:

1. Димитров, К.Д. Интелигентни диагностични системи в индустриални комплекси. Монография. И. Пропелер. София, 2012. ISBN 978-954-392-166-9
2. Haykin S. Neural Networks. Pearson Education. Delhi. 2005. ISBN 81-7808-3000-0

REQUIREMENTS FOR GENERATING CLASSES FOR INPUT FACTORS OF NEURAL NETWORKS, USED FOR INTELIGENT CONTROL OF LOGISTICS COMPLEXES

L. Lazov, A. Grancharov

Abstract: *A methods for generating classes for input factors are studied in this paper. These classes are to be used for critical states transitions forecasting in logistics complexes. Some different features of artificial neural networks, with application in intelligent control activities of logistics complexes, are considered. In addition, the specific requirements of neural structures of both "radial basis function" and "multi-layer perceptron" through the input factor conditions, are also considered.*

Данни за авторите:

Лъчезар Ненков Лазов, доцент доктор инж., катедра "ИЛПТСТ" при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. "Кл. Охридски" № 8, тел.: 965 28 94, e-mail: llazov@tu-sofia.bg

Александър Емилов Грънчаров, асистент инж., катедра „ИЛПТСТ" при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. "Кл. Охридски" № 8, тел. 965 28 94, e-mail: aeg@tu-sofia.bg

ОБОБЩЕН ПОДХОД ЗА СИНТЕЗ НА РОБАСТНО УПРАВЛЕНИЕ ОТ ФИКСИРАН РЕД ЗА ДИНАМИЧНИ СИСТЕМИ С ПОСТОЯННИ КОЕФИЦИЕНТИ

К. Петков, Д. Маринова

Abstract: *Представен е обединяващ подход за моделиране на многокритериални* H_∞/H_2 *управления от фиксиран ред за линейни параметрични системи. Подходът се основава на множество от изчислени линейни параметрични управления от пълен ред, стабилизиращи динамичната система за всички възможни траектории на параметрите. Достатъчните условия за робастност на управлението са дадени във форма на линейни матрични неравенства. Обобщеният подход е приложен за синтез на робастно* H_∞/H_2 *управление на динамични системи с постоянни коефициенти.*

Ключови думи: робастно управление, линейни матрични неравенства, линейни динамични системи, управление от фиксиран ред.

1. Увод

Моделирането на управление от фиксиран ред е важна задача за приложенията в реално време. Специално за системите от висок клас, управленията от нисък ред са привлекателни поради изискванията за устойчивост, надеждност и ограничени разходи.

За линейни параметрични системи се търси динамично управление с обратна връзка по изход. Задачата за моделиране на управление от фиксиран ред е синтез на управление по предварително определен брой състояния, така че системата със затворена верига да удовлетворява желани спецификации за устойчивост и изпълнение. Робастно управление се синтезира в случаите, когато системата е с неопределености. Като правило съществуващите методи за синтез на робастно управление водят до управление от много висок порядък, най-често от пълен ред, което трудно се осъществява в реални системи. Двете основни причини за това са липсата на пълна информация и забавянето при числено формиране на управляващия сигнал. Тези недостатъци могат да се преодолеят с моделирането на управление от фиксиран ред.

Динамични системи с адитивен характер на неопределеностите са разглеждани нееднократно. Неопределеностите могат да се включат и като системните матрици се представят като функция на даден параметър. Това дава възможност да се разработват методи за моделиране на робастно управление за динамични параметрични системи, които успешно да се прилагат и за системи с постоянни коефициенти.

В настоящата статия се предлага обобщен подход за робастно управление от фиксиран ред за линейни параметрични системи, като подхода се прилага за динамични системи с постоянни коефициенти. Така се обхваща неопределеността на тези системи, а синтезираното управление става реализуемо за практически цели.

2. Постановка на задачата

Дадена е крайномерна линейна параметрична система, описана в пространството на състоянията с израза

$$\begin{cases} \dot{x} = A(\alpha)x + B_w(\alpha)w + B_u(\alpha)u \\ z = C_z(\alpha)x + D_{zw}(\alpha)w + D_{zu}(\alpha)u \\ y = C_y(\alpha)x + D_{yw}(\alpha)w \end{cases} \quad (1)$$

със състояния $x(t)$, външни влияния $w(t)$, управляващ вход $u(t)$, управляван изход за качество на изпълнение $z(t)$ и измерен изход $y(t)$, като времето $t \in [0,T]$. Приема се, че системните матрици с подходящи размерности са реални непрекъснати функции на параметъра α, променящ се в даден интервал, и са ограничени.

Целта е да се синтезира динамично управление с обратна връзка по изход от фиксиран ред, по-нисък от реда на управляваната динамична система (1)

$$\begin{cases} \dot{x}_c = A_c(\alpha)x_c + B_c(\alpha)y \\ u = C_c(\alpha)x_c + D_c(\alpha)y \end{cases} \quad (2)$$

което експоненциално я стабилизира и удовлетворява H_∞ и/или H_2 критерии за изпълнение на затворената верига. Матриците в пространството на състоянията в уравнения (1) се приемат за постоянни, когато α е измерим в реално време.

Ако матриците на управлението от (2) се групират като

$$\Theta(\alpha) := \begin{pmatrix} A_c(\alpha) & B_c(\alpha) \\ C_c(\alpha) & D_c(\alpha) \end{pmatrix}, \quad (3)$$

то вътрешната връзка при затворена верига на системата (1) с управлението (2) се дава с израза

$$H_\Theta : \begin{cases} \dot{x}_{c1} = A_\Theta(\alpha)x_{c1} + B_\Theta(\alpha)w \\ z = C_\Theta(\alpha)x_{c1} + D_\Theta(\alpha)w \end{cases} \quad (4)$$

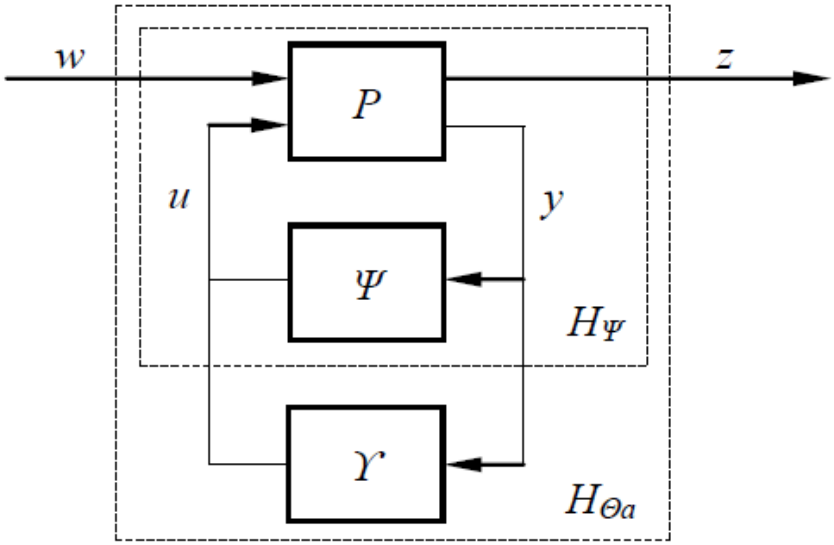
където $x_{c1}(t)$ е обобщения вектор на състоянието при затворена верига.

$$\begin{pmatrix} \hat{A}(\alpha) & \hat{B}_w(\alpha) & \hat{B}_u(\alpha) \\ \hat{C}_z(\alpha) & \hat{D}_{zw}(\alpha) & \hat{D}_{zu}(\alpha) \\ \hat{C}_y(\alpha) & \hat{D}_{yw}(\alpha) & 0 \end{pmatrix} := \left(\begin{array}{cc|c|cc} A(\alpha) & 0 & B_w(\alpha) & 0 & B_u(\alpha) \\ 0 & 0 & 0 & I_q & 0 \\ \hline C_z(\alpha) & 0 & D_{zw}(\alpha) & 0 & D_{zu}(\alpha) \\ \hline 0 & I_q & 0 & 0 & 0 \\ C_y(\alpha) & 0 & D_{yw}(\alpha) & 0 & 0 \end{array}\right), \quad (5)$$

Афинната зависимост на матриците от затворената верига в (4) $\Theta(\alpha)$ се изразява по следния начин

$$\begin{pmatrix} A_\Theta(\alpha) & B_\Theta(\alpha) \\ C_\Theta(\alpha) & D_\Theta(\alpha) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{A}(\alpha) & \hat{B}_w(\alpha) \\ \hat{C}_z(\alpha) & \hat{D}_{zw}(\alpha) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \hat{B}_u(\alpha) \\ \hat{D}_{zu}(\alpha) \end{pmatrix} \Theta(\alpha) \begin{bmatrix} \hat{C}_y(\alpha) & \hat{D}_{yw}(\alpha) \end{bmatrix} \quad (6)$$

3. Разширени условия за анализ



Фиг.1 Разширено управление $\Theta_a(\alpha)$

Представят се параметрично зависими условия във вид на линейни матрични неравенства, получени чрез свързване на $\Theta(\alpha)$ към линейно зависимо от параметър управление от пълен ред $\Psi(\alpha)$ с размерност $(n_x+n_u)\times(n_x+n_y)$, дефинирано в уравнение (3). Управлението $\Theta(\alpha)$ се разширява с експоненциално устойчива ненаблюдавана и/или неконтролируема динамика, за да се образува т.нар. разширено управление $\Theta_a(\alpha)$ със същата размерност както и $\Psi(\alpha)$. $\Theta_a(\alpha)$ се изразява в каноничната форма на *Калман*:

$$\Theta_a(\alpha)=\left(\begin{array}{c|c|c} A_c(\alpha) & A_{12}(\alpha) & B_c(\alpha) \\ \hline 0 & A_{22}(\alpha) & 0 \\ \hline C_c(\alpha) & C_2(\alpha) & D_c(\alpha) \end{array}\right) \qquad (7)$$

където $A_{22}(\alpha)$ съответства на експоненциално устойчива динамика. H_Θ и H_{Θ_a} имат идентични устойчивост и изпълнение, а устойчивостта и изпълнението H_Θ се характеризира чрез H_Ψ. Определя се разликата

$$\Upsilon(\alpha):=\Theta_a(\alpha)-\Psi(\alpha),$$

и се замества в уравнение (6) (представено схематично на фигура 1)

$$\begin{pmatrix} A_{\Theta_a}(\alpha) & B_{\Theta_a}(\alpha) \\ C_{\Theta_a}(\alpha) & D_{\Theta_a}(\alpha) \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} A_\Psi(\alpha) & B_\Psi(\alpha) \\ C_\Psi(\alpha) & D_\Psi(\alpha) \end{pmatrix}+\begin{pmatrix} \mathcal{B}_u(\alpha) \\ \mathcal{D}_{zu}(\alpha) \end{pmatrix}\Upsilon(\alpha)\begin{bmatrix} \mathcal{C}_y(\alpha) & \mathcal{D}_{yw}(\alpha) \end{bmatrix} \qquad (8)$$

За да се улесни представянето на разширените параметрично зависещи характеристики във вид на линейни матрични неравенства за H_∞ и H_2 изпълнение на линейната параметрична система (4), се дефинират следните две параметрично зависими матрици:

$$R_{\Psi,\infty}(\alpha) := \left(\begin{array}{cc|c} I & 0 & 0 \\ A_\Psi(\alpha) & B_\Psi(\alpha) & \hat{B}_u(\alpha) \\ 0 & I & 0 \\ C_\Psi(\alpha) & D_\Psi(\alpha) & \hat{D}_{zu}(\alpha) \end{array}\right), \quad R_{\Psi,2}(\alpha) := \left(\begin{array}{ccc} I & 0 & 0 \\ A_\Psi(\alpha) & B_\Psi(\alpha) & \hat{B}_u(\alpha) \\ 0 & I & 0 \end{array}\right).$$

4. Условия за синтез на управления от фиксиран ред

За да се синтезира управление от фиксиран ред във формата (2) на линейната параметрична система (1), е необходимо да бъдат получени достатъчни параметрично зависими линейни матрични неравенства, така че системата със затворена верига да е експоненциално устойчива и да удовлетворява един или повече H_∞ и/или H_2 критерии за изпълнение за всички траектории на параметрите $\alpha \in \tau,\ t \in \boldsymbol{T}$. Изискват се множество от стабилизиращи управления от пълен ред

$$\Psi_j(\alpha(t)) \in \boldsymbol{R}^{(n_X \times n_u)\times(n_X \times n_y)},\ \ \alpha \in \tau,\ t \in \boldsymbol{T},\ j \in S,$$

дефинирани като в (3), където всеки индекс j отговаря на спецификацията за изпълнение. Управленията от пълен ред $\Psi_j(\alpha)$ се изчисляват, като се използват известните до момента изпъкнали подходи.

5. Параметризиране на управлението

Всички променливи за оптимизация в (14) и (17) могат да бъдат параметрично зависими. Чрез налагането на специфична параметризация на променливите в линейните матрични неравенства

$$\overline{\Theta}_{11}(\alpha) \quad \overline{\Theta}_{13}(\alpha) \quad \overline{\Theta}_{21}(\alpha) \quad \overline{\Theta}_{23}(\alpha) \qquad \text{(9a)}$$

$$Y_{11}(\alpha) \quad Y_{13}(\alpha) \quad Y_{31}(\alpha) \quad Y_{33}(\alpha) \qquad \text{(9b)}$$

всяка желана параметризация на управлението от фиксиран ред може свободно да бъде избрана. Зависимостта на полиномния параметър се налага върху линейното параметрично управление от фиксиран ред, когато линейно матричните променливи (9a) са избрани полиномиално зависими от параметрите и (9b) са константни.

6. Строго подходящо моделиране на управление от фиксиран ред

H_∞ и H_2 синтезът на линейни матрични неравенства от фиксиран ред позволяват строго моделиране на управление от фиксиран ред (т.е. $D_c(\alpha) = 0$), чрез налагането на структурни ограничения върху някои от променливите на линейните матрични неравенства. В резултат стриктно правилно управление от фиксиран ред се получава винаги, когато съответните параметрично зависими линейни матрични неравенства са изпълними.

7. Намаляване на реда с итеративен контролер

Като се има предвид множеството от управления от фиксиран ред

$$\Psi_j(\alpha(t)) \in R^{(p+n_u)\times(p+n_y)}, \ \alpha \in \tau, \ t \in \boldsymbol{T}, \ j \in S,$$

където $0 \le p \le n_x$, отговарящи на управленията от ред *p*, може да се проектира управление от ред q $(0 \le q \text{ p } p)$. Размерността на параметрите / променливите на линейните матрични неравенства се обобщават, както следва:

$$P(\alpha(t)) \in \boldsymbol{S}^{n_x+p}, \ \overline{\Theta}_{12}(\alpha(t)) \in \boldsymbol{R}^{q\times(p-q)}, \ Y_{22}(\alpha(t)) \in \boldsymbol{R}^{(p-q)\times(p-q)}, \ A_{22}(\alpha(t)) \in \boldsymbol{R}^{(p-q)\times(p-q)}$$

8. Моделиране на управление на *LTI* системи от фиксиран ред

Понастоящем не е известно как задачата за моделиране на H_∞/H_2 управление от фиксиран ред за линейни независими от времето системи би могла да бъде изпъкнало преформулирана, дори в случая само на една спецификация за изпълнение. Независимо от липсата на такова изпъкнало състояние, са разработени няколко подхода за моделиране на управление от ограничен ред. Това включва директно решаване на неизпъкналата задача, решаване на неизпъкнало преформулиране по отношение на линейни матрични неравенства при ограничен ранг или създаване на изпъкнали достатъчни условия.

Представеният подход принадлежи към последната категория и се базира на процедура, използваща линейни матрични неравенства, състояща се от два етапа, за моделиране на управления от фиксиран ред, отговарящи на една или повече затворени вериги при H_∞/H_2 спецификации за изпълнение. В тази процедура първо се проектира обратната връзка за стабилизиране на разширената система и впоследствие се използва като параметър в достатъчно условие във вид на линейно матрично неравенство за моделиране на управление от фиксиран ред. Управление от фиксиран ред може да се реализира, когато е възможно оптимизационната задача с линейни матрични неравенства да бъде решена. Моделирането на състояние по обратна връзка като първа стъпка има безкрайно много решения, а подбраното точно частно решение влияе върху моделирането на управление от фиксиран ред на следващата стъпка.

Изборът на подходящо състояние по обратна връзка (в първата стъпка) за получаването на високо изпълнение на управления от фиксиран ред (във втората стъпка) не е тривиално. Затова се прилага предлагания подход, като се започне от множество от H_∞/H_2 управления от пълен ред (за оригиналната система).

9. Компютърна валидация

Даден е модел в крайномерно пространство на състоянията (1). Приема се, че параметърът α е известен и постоянен, т.е. динамиката на системата не е параметрично зависима. Разглежданата динамика е линейно независима от времето и следователно приема формата

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + B_w w + B_u u \\ z = C_z x + D_{zw} w + D_{zu} u \\ y = C_y x + D_{yw} w \end{cases} \qquad (10)$$

Целта е да се моделират *LTI* управления с динамичен изход от фиксиран ред

$$\begin{cases} \delta x_c = A_c x_c + B_c y \\ u = C_c x_c + D_c y \end{cases} \qquad (11)$$

като линейно независимата от времето система (10) експоненциално се стабилизира, така че да се гарантират една или повече спецификации за изпълнение на затворената верига. За разлика от общите линейни параметрични управления (2), редът на управлението се характеризира напълно с размерността на състоянието x_c.

Тъй като системата (20) не е параметрично зависима, съответните условия във вид на линейни матрични неравенства за моделиране на H_∞/H_2 управление от фиксиран ред се опростяват до независими от параметрите условия. В резултат, последните условия вече не са полубезкрайни и безкрайномерни, и по този начин директно се изпълняват и решават с помощта на подходящ софтуер.

10. Изводи:

- Задачата за синтез на управление от фиксиран ред е неизпъкнала
- Не е възможно да бъде получено изпъкнало преформулиране на задачата за синтез на H_∞/H_2 управление от фиксиран ред за линейни независещи от времето системи, дори когато е наложена само една спецификация на изпълнението.
- Предлаганият подход позволява изчисляването на многокритериални управления от фиксиран ред, които превъзхождат управленията от пълен ред в резултат на използването на *Lyapunov* и *G* парадигмата, чрез избиране на различно управление от пълен ред за всяка спецификация на изпълнение при получаването на линейни матрични неравенства, описващи управления от фиксиран ред.

Литература:

1. P.Gahinet and P.Apkarian. A linear matrix inequality approach to H_∞ control. International Journal of Robust and Nonlinear Control, 4(4):421–448, 1994.
2. M.Green and D.J.Limebeer. Linear Robust Control. Prentice-Hall, 1995.
3. G.H.Hardy, J.E.Littlewood, and G.Pólya. Inequalities. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2 edition, 1952.
4. C.W.Scherer. *LPV* control and full block multipliers. Automatica, 37(3):361–375, 2001.
5. C.Scherer. *LMI* relaxations in robust control. European Journal of Control, 12(1):3–29, 2006.
6. J.S.Shamma. Control of Linear and Parameter Varying Systems with Applications, chapter An overview of *LPV* systems. Springer-Verlag, 2012.

SUMMARY APPROACH TO FIXED RUNNING SYNTHESIS FOR DYNAMIC SYSTEMS WITH PERMANENT COEFFICIENTS

K. Petkov, D. Marinova

Abstract: *A unified approach to modeling multiple-order fixed-line controls for linear parametric systems is presented. The output is based on a set of calculated full-line linear parameter sets that stabilize the dynamic system for all possible parameter trajectories. The conditions for robustness of control are given in type of linear matrix inequalities.*

Данни за авторите:

Даниела Маринова, доцент доктор, катедра “Математическо моделиране и числени методи” при ФПМИ, Технически университет – София, Р.България, София, бул. “Климент Охридски” №8, тел. 965 33 43, e-mail: danmar@tu-sofia.bg

Кирил Райчев Петков, асистент, катедра “Математическо моделиране и числени методи” при ФПМИ, Технически университет – София, Р.България, София, бул. “Климент Охридски” №8, тел. 965 33 43, e-mail: k_petkov@tu-sofia.bg

МОДЕЛИРАНЕ НА РОБАСТНО УПРАВЛЕНИЕ ОТ ФИКСИРАН РЕД ЗА ДИНАМИЧНИ ПАРАМЕТРИЧНИ СИСТЕМИ

К. Петков

Резюме: *Представен е обединяващ подход за моделиране на многокритериални* H_∞/H_2 *управления от фиксиран ред за линейни параметрични системи. Поради безкрайномерността на задачата вследствие множеството параметри, представеният подход има за цел получаване на ограничено множество от линейни матрични неравенства за моделиране на многокритериални управления от фиксиран ред. Достатъчните условия за робастност на управлението са дадени във форма на линейни матрични неравенства. Обобщеният подход е приложен за синтез на робастно управление от фиксиран ред за динамични параметрични системи.*

Ключови думи: робастно управление, линейни матрични неравенства, линейни динамични системи, управление от фиксиран ред.

1. Увод

Управлението от пълен ред на динамичния изход чрез обратна връзка е предмет на редица изследвания в областта на управлението на линейните параметрични системи.

Моделирането на управления на линейни параметрични системи от фиксиран ред (т.е. с предварително зададени ред и параметрична зависимост), не е изучено подробно. Съществуващите подходи осигуряват единствено условия за моделиране на управление от редове, по-големи или равни на реда на изходната динамична система, докато алгоритмите за синтез на управления от фиксиран ред, които се използват за линейните независещи от времето системи, не могат да се приложат за линейните параметрични динамични системи. В същото време, съществуват изпъкнали методи за моделиране, които са приложими за линейните параметрични динамични системи, но са изчислително много взискателни.

В тази статия методът за моделиране на управления от фиксиран ред, описан в статия “Обобщен подход за синтез на робастно управление от фиксиран ред за динамични системи с постоянни коефициенти”, се прилага за синтезиране на многокритериални H_∞/H_2 управления от фиксиран ред за динамични параметрични системи. Предлаганият метод за моделиране на управления от фиксиран ред се прилага при рационална зависимост на параметрите, като по подразбиране както броят на състоянията, така и параметричната зависимост на управлението са фиксирани предварително. Приема се, че системата се характеризира с параметри, които са неизвестни, но са измерими в реално време. Получават се достатъчни условия във форма на линейни матрични неравенства за синтез на управления от фиксиран ред, което позволява моделирането на високоефективни H_∞/H_2 управления от фиксиран ред. Практическата приложимост на предлагания подход се оценява чрез валидации на различни динамични системи.

Методът използва зависимите полиномиални параметри на всички системни матрици и борави с множество цели за моделиране, като предоставя подход за избор на начално управление от пълен ред. Взимат се предвид границите за скоростта на изменение на параметрите, за да се получат по-гъвкави резултати в сравнение с неограничените скорости на вариране.

Вземането предвид на границите на скоростта на изменение на параметрите е от съществено значение за намаляване на консерватизма, присъщ на подходите за синтез на управление на линейни параметрични системи, основаващи се на квадратичната устойчивост. Използват се хомогенизация и полиномиални приближения за получаване на гъвкави формулировки на условията във форма на линейни матрични неравенства, които гарантират приложимостта на зависимите от параметрите условия за синтезиране. Комбинацията от всичко описано по-горе прави метода по-ефективен както изчислително, така и практически в сравнение със съществуващите подходи.

2. Постановка на задачата

Дадено е крайномерно линейно параметрично зависимо пространство на състоянията, като се приема, че параметъра α е неизвестен, измерим в реално време и променящ се във времето. Разглежданата динамична система е линейна параметрична, и има формата:

$$\begin{cases} \dot{x} = A(\alpha)x + B_w(\alpha)w + B_u(\alpha)u \\ z = C_z(\alpha)x + D_{zw}(\alpha)w + D_{zu}(\alpha)u \\ y = C_y(\alpha)x + D_{yw}(\alpha)w \end{cases} \quad (1)$$

със състояния $x(t)$, външни влияния $w(t)$, управляващ вход $u(t)$, управляван изход за качество на изпълнение $z(t)$ и измерен изход $y(t)$, като времето $t \in [0,T]$. Приема се, че системните матрици с подходящи размерности са реални непрекъснати функции на параметъра α, променящ се в даден интервал, и са ограничени.

Интерес представлява моделирането на линейни параметрични управления от фиксиран ред с динамичен изход:

$$\begin{cases} \dot{x}_c = A_c(\alpha)x_c + B_c(\alpha)y \\ u = C_c(\alpha)x_c + D_c(\alpha)y \end{cases} \quad (2)$$

с $x_c \in \boldsymbol{R}^q$, $q \text{ р } n_x$, и с предварително определената параметрична зависимост, която експоненциално стабилизира линейната параметрична система (1) така, че една или повече спецификации на H_∞/H_2 изпълнението със затворена верига да са изпълнени.

Поради факта, че линейната параметрична система (1) и управлението от фиксиран ред (2) зависят от параметрите, променящи се във времето, съответните линейни матрични неравенства:

$$R_{\Psi,\infty}(\alpha(t))' \begin{pmatrix} \Phi(\alpha(t)) & 0 & 0 \\ 0 & -\gamma I & 0 \\ 0 & 0 & I \end{pmatrix} R_{\Psi,\infty}(\alpha(t)) + \\ + He\left\{ \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z(\alpha(t))\hat{C}_y(\alpha(t)) & Z(\alpha(t))\hat{D}_{yw}(\alpha(t)) & -Y(\alpha(t)) \end{pmatrix} \right\} \text{ р } 0 \quad (3)$$

и

$$R_{\Psi,2}(\alpha(t))^{/}\begin{pmatrix}\Phi(\alpha(t)) & 0 & 0\\ 0 & -\gamma I & 0\\ 0 & 0 & I\end{pmatrix}R_{\Psi,2}(\alpha(t))+$$
$$+He\left\{\begin{pmatrix}0\\0\\I\end{pmatrix}\begin{pmatrix}Z(\alpha(t))\hat{C}_y(\alpha(t)) & Z(\alpha(t))\hat{D}_{yw}(\alpha(t)) & -Y(\alpha(t))\end{pmatrix}\right\}\ \mathrm{p}\ 0 \quad (4)$$

$$\begin{pmatrix}W(\alpha(t)) & C_{\Psi}(\alpha(t)) & \hat{D}_{zu}(\alpha(t))\\ * & P(\alpha(t)) & 0\\ * & * & 0\end{pmatrix}+$$
$$+He\left\{\begin{pmatrix}0\\0\\I\end{pmatrix}\begin{pmatrix}0 & -Z(\alpha(t))\hat{C}_y(\alpha(t)) & Y(\alpha(t))\end{pmatrix}\right\}\ \mathrm{f}\ 0 \quad (5)$$

описващи H_∞ и H_2 синтеза на управлението, имат безкрайномерни променливи за оптимизация и безкрайно много ограничения. Поради това те са цифрово нереализируеми. За да се избегне този проблем, трябва да се получи ограничено множество от достатъчни линейни матрични неравенства за моделиране на H_∞/H_2 управление от фиксиран ред.

3. Смекчаване на условията

Параметрично-зависимият синтез на линейните матрични неравенства (3), (4) и (5), дефинирани за всички параметри, среща трудности при цифровата им оптимизация. С настоящата статия се представя подход за получаване на ограничено множество от линейни матрични неравенства, чиято приложимост гарантира, че параметрично-зависимите линейни матрични неравенства (3), (4) и (5) могат да се съставят за всички $(\alpha,\ \forall\alpha)\in\Omega$ и следователно за всички параметри α. За целта се използва изпъкналата многостенна структура на параметричната област Ω и полиномиално параметричната зависимост. Предлага се опростено подразделяне на областта и впоследствие прилагане на хомогенизация, за да се получи ограничено множество от достатъчни линейни матрични неравенства. Това води до значително намаляване на числената сложност при запазване на нивото на консерватизъм.

В дискретния случай (аналогично за непрекъснатия случай) подходът за смекчаване на условията се състои в следните стъпки:

- ✓ Всяка функционална стойност $(\alpha,\ \forall\alpha)\in\Omega$ се изразява като изпъкнала комбинация от върховете на Ω. Предлага се Ω да се раздели на ограничено множество от изпъкнали многостени с по-малко върхове от Ω, обозначени с $\Omega^{(i)},\ i=1,\ \ldots,D$, където D е броят на многостените. За $(\alpha,\ \forall\alpha)\in\Omega^{(i)}$ линейната връзка е:

$$\begin{pmatrix}\alpha\\ \forall\alpha\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}F_1^{(i)}\\ F_2^{(i)}\end{pmatrix}\beta^{(i)}=F^{(i)}\beta^{(i)}$$

- ✓ Изолиране на зависимостта от времето на параметрично-зависимите линейни матрични неравенства:

$$\mathbf{R}_{\Psi,\infty}^{(i)}\left(\beta^{(i)}\right)^{/}\begin{pmatrix} -\mathbf{P}^{(i)}\left(\beta^{(i)}\right) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{P}^{(i)}\left(\beta^{(i)}\right) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma I & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I \end{pmatrix}\mathbf{R}_{\Psi,\infty}^{(i)}\left(\beta^{(i)}\right)+$$

$$+He\left\{\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ I \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \mathbf{L}^{(i)}\left(\beta^{(i)}\right)\mathbf{C}_{y}^{(i)}\left(\beta^{(i)}\right) & \mathbf{L}^{(i)}\left(\beta^{(i)}\right)\mathbf{D}_{yw}^{(i)}\left(\beta^{(i)}\right) & -\mathbf{Y}^{(i)}\left(\beta^{(i)}\right) \end{pmatrix}\right\}\ \mathrm{p}\ 0$$

Позволява се $\beta^{(i)}$ да бъде всяка функция, вариращa в единичен симплекс с размерност $M_i,\ i=1,\ \ldots,D$, така че зависимостта на $\beta^{(i)}$ от времето става без значение и дава достатъчни условия (3) да съдържа всички α

- ✓ Към полученото множество от условия във вид на линейни матрични неравенства, които трябва да са изпълнени за всички $\beta^{(i)}$ в единичния симплекс с размерност $M_i,\ i=1,\ \ldots,D$, се прилага подход, основаващ се на хомогенни полиномиални зависимости на всички променливи на линейните матрични неравенства върху параметрите, намиращи се в единичен симплекс.

Числената сложност на получената линейно матрична задача се влияе от полиномната степен на променливите на линейното матрично неравенство, броя *D* на подобластите на Ω и броя на върховете M_i на всяка подобласт $\Omega^{(i)}$.

4. Изводи

В резултат на проведени валидации върху модели на различни динамични системи, може да бъдат обобщени следните изводи:

- ✓ Използването на линейни матрични неравенства при синтез на управление на линейни параметрични системи води до интуитивен подход за проектиране на управление, при който броят на състоянията и параметричните зависимости са априоризирани;
- ✓ За да се приложи успешно подходът за моделиране на управление от фиксиран ред към реална динамична параметрична система, е необходимо да бъде извършено смекчаване на условията, така че да се получи числено атрактивна оптимизационна задача. За сложни динамични системи, подразделянето на изходния политоп на политопи с по-малък брой върхове води до значително намаляване на броя на достатъчните условия във вид на линейни матрични неравенства;
- ✓ Отчитането на скоростите на вариране на параметрите е от съществено значение за намаляване на консерватизма, присъщ на подходите за моделиране на управление на линейни параметрични системи, основаващи се на квадратичната стабилност.

Литература:

1. T.Asai and S.Hara. A unified approach to *LMI*-based reduced order self-scheduling control synthesis. Systems & Control Letters, 36(1):75–86, 1999.
2. J. De Caigny, J.F. Camino, R.C.L.F. Oliveira, P.L.D. Peres, and J.Swevers. Gain-scheduled dynamic output feedback for discrete-time *LPV* systems. International Journal of Robust and Nonlinear Control, 22(5):535–558, 2011.
3. J.A. de Loera and F.Santos. An effective version of Pólya's theorem on positive definite forms. Journal of Pure and Applied Algebra, 108(3):231–240, 1996.
4. G.H. Hardy, J.E. Littlewood, and G.Pólya. Inequalities. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2 edition, 1952.
5. L.H. Lee. Reduced-order solutions to H_∞ and *LPV* control problems involving partial-state feedback. In Proceedings of the 1997 American Control Conference, pages 1762–1765, Albuquerque, New Mexico, USA, June 1997.
6. R.C.L.F. Oliveira and P.L.D. Peres. Time-varying discrete-time linear systems with bounded rates of variation: Stability analysis and control design. Automatica, 45(11):2620–2626, 2009.
7. C.W. Scherer. Relaxations for robust linear matrix inequality problems with verifications for exactness. SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications, 27(2):365–395, June 2005.

MODELING OF FIXED ORDER FOR DYNAMIC PARAMETER SYSTEMS

K. Petkov

Abstract: *A unifying approach for multicriteria H_∞/H_2 fixed-line control for linear parametric systems is presented. Due to the immeasurability of the task due to multiple parameters, the presented approach aims to obtain a limited set of linear matrix disparities to model multi-criterion fixed-order controls. Sufficient conditions for robustness of control are given in the form of linear matrix inequalities. The aggregate approach is applied for the synthesis of robust fixed-order control for dynamic parametric systems.*

Данни за автора:

Кирил Райчев Петков, асистент, катедра “Математическо моделиране и числени методи” при ФПМИ, Технически университет – София, Р.България, София, бул. “Климент Охридски” №8, тел. 965 33 43, e-mail: k_petkov@tu-sofia.bg



ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 8

“ИНОВАЦИИ И ИНЖЕНЕРИНГ НА АВТОМАТИЗИРАНОТО ДИСКРЕТНО ПРОИЗВОДСТВО”

КЕРАМИЧНИ КАРБИДИ, СВОЙСТВА И ПРИЛОЖЕНИЕ

Б. Попов, М. Панева, Н. Стоименов, Д. Карастоянов

Резюме: *В настоящата статия са разгледани силициев и борен карбид. В табличен вид са представени свойствата на силициевият карбид. Обърнато е внимание на приложенията на силициевият карбид. Типичните свойства на борен карбид са представени в табличен вид. Разгледани са приложенията на борен карбид.*

Ключови думи: карбиди, керамика, силициев карбид, боров карбид.

1. Въведение

Силициевият карбид (SiC) и боровият карбид (B_4C) са сред най-трудните материали в света и се използват в разнообразни индустриални приложения, от дюзи за взривни съоръжения до космически огледала. Но за тези "твърди момчета" в света на материалите има повече от твърдостта - тези два керамични карбида имат профил на свойства, които се оценяват в широк спектър от приложения като минна индустрия, космонавтика, военна индустрия и заслужават да бъдат взети под внимание при новите проекти за изследване и проектиране на продукти.

Целта на настоящата работа е да бъдат разгледани свойствата и приложенията на керамични карбиди.

2. Силициев карбид

Използването на този материал с висока плътност и висока якост се е развило предимно от приложения с висока температура за множество инженерни приложения. Силициевият карбид се характеризира с:

- Висока топлопроводимост;
- Коефициент на ниско топлинно разширение;
- Изключителна устойчивост на топлинен удар;
- Изключителна твърдост;
- Полупроводникови свойства;
- Индекс на пречупване, по-голям от диаманта.

Въпреки че много хора са запознати с общите атрибути на тази усъвършенствана керамика (таблица 1), важно и често пренебрегвано съображение е, че свойствата на силициевия карбид могат да бъдат променени чрез промяна на крайния метод на уплътняване. Тези промени могат да осигурят информирани инженери с малки корекции в производителността, които потенциално могат да доведат до значителна разлика във функционалността на готовия компонент.

Например в рамките на двете категории производство на силициев карбид - синтероване и реакционно свързване - различни методи на уплътняване могат да доведат до различни предимства и ограничения на готовия материал. В един такъв случай, реактивно свързаният силициев инфилтриран силициев карбид (SiSiC) се получава чрез импрегниране на порест скелет от силициев карбид и свободен въглен с разтопен силиций. Това създава свързваща матрица от силициев карбид и оставя част от силиций в несвързана форма. Материалът не се свива по време на уплътняването, което води до стабилност на размерите, който позволява производството на мащабни компоненти и сложни форми. Надолу, свободният силиций ограничава работната температура до около 1380° C [1].

Таблица 1. Типични свойства на силициевия карбид (горещо пресован лист)

Типични свойства на силициевия карбид (горещо пресован лист)	
Химична устойчивост	
Киселини, концентрирани	Устойчив
Киселини, разредени	Устойчив
Алкали	Устойчив-разтворим
Халогени	Добра-лоша
Метали	Слаб
Електрически свойства	
Диелектрична константа	40
Обемно съпротивление при 25° C (Ohm-cm)	103-105
Механични свойства	
Якост на натиск (MPa)	1000-1700
Твърдост, Vickers (kgf mm^{-2})	2400-2800
Якост на срязване (MPa)	210-380
Модул на опън (GPa)	200-500
Физични свойства	
Явна порьозност (%)	0
Плътност (g, cm^3)	3.15
Термични свойства	
Коефициент на топлинно разширение при 20-1000° C (x10^{-6} K^{-1})	4.5
Точка на топене (°C)	2650-2950
Специфична топлина при 25° C (J K^{-1} kg^{-1})	670-710
Топлопроводимост при 20° C (W m^{-1} K^{-1})	90-160
Горна температура на непрекъсната употреба (°C)	1500-1650

Други методи за произвеждане и уплътняване на силициев карбид, синтерован без налягане (SSiC), горещо пресован или горещ изостатично пресован силициев карбид (HPSiC / HIPSiC), рекристализиран силициев карбид (RSiC) и силициев карбид в течна фаза (LPSiC). Тези методи променят по различен начин порьозността, здравината, издръжливостта, корозионната устойчивост, термичната устойчивост на издърпване или издръжливостта на счупване.

Приложения на SiC

Приложенията за силициев карбид са широко разпространени, но се основават на забележителна якост на материала. Някои от най-често срещаните приложенията включват:

- Автомобилни компоненти и пломби, изискващи превъзходни устойчивост на износване и термичен шок и способност за запазване на живот на превозното средство;
- Механични уплътнения, изискващи превъзходна устойчивост на корозия, абразия и шок;
- Дюзи за взрив и пулверизиране, изискващи отлично износване съпротивление, леко тегло и дълъг живот (силициевият карбид продължава 50% по-дълъг от волфрамовия карбид);
- Приложения на индустриални клапани, изискващи изключителни корозионна устойчивост, особено в киселини;

- Полупроводниково производство, което изисква изключителна устойчивост на износване и корозия, което от своя страна води до намалена поддръжка и рециклиране на компоненти.

Изследователският център Glenn на НАСА разработва силициев карбид като материал за съвременни полупроводникови електронни устройства, които могат да имат както функционални, така и финансови последици за космическата програма (фиг. 1). Електрониката и сензорите на основата на силициев карбид могат да работят при температури до 600° C, в сравнение с горната граница от 350° C за конвенционалната електроника базирана на силиций. Това би могло да бъде предимство при двигателите за изстрелване и въздухоплавателните средства, които работят при изключително високи температури [2].

При много по-ниските оперативни температури, свързани с космическите апарати, електрониката на базата на силициев карбид ще се под даде на по-компактна система за космически апарати и също така няма да изисква толкова охлаждане от термичните радиатори на космически кораб, колкото конвенционалната електроника на силиций. Тези термични радиатори, от своя страна, биха могли да станат по-малки и по-леки, намалявайки общото тегло и евентуално разходите. В допълнение, използването на високотемпературни, радиационно-втвърдени силициеви карбидни схеми би изисквало по-малко екранировка в ядрено задвижвани космически кораби, допълнително намалявайки теглото [3].



Фиг.1 Изследователският център Glenn на НАСА разработва силициев карбид.

3. Борен карбид

Твърдостта на боров карбид се нарежда само зад диаманта, кубичен борен нитрид и борен оксид (Таблица 2). Трудно е да се синтерова до пълна плътност, обикновено е борен карбид произведени с добавяне на помощни средства за синтероване като фин въглерод или силициев карбид [4, 5]. Борният карбид се характеризира с:

- Изключителна твърдост;
- Ниска топлопроводимост;
- Висок еластичен модул;
- Висока якост на натиск;
- Добри ядрени свойства;
- Ниска плътност.

Приложения на B_4C

Освен приложения, изискващи отлична устойчивост на износване и висока якост, други приложения могат да се възползват от отличителните свойства на борния карбид. Това ги прави привлекателни за използването им в минната индустрия. Някои от разнообразните приложения на този керамичен карбид [2]:

- Абразиви, изискващи изключителна твърдост при употреба при полиране и залепване, превръщане на диамантени инструменти и рязане с водна струя;
- Дюзи, изискващи износоустойчивост и износоустойчивост за изпомпване на шлам, шлайфане с пясък и режещи машини с водна струя;
- Ядрени приложения, тъй като 20% от естествения бор е изотопът ^{10}B, боров карбид може да се използва като абсорбент за неутронно лъчение в атомни електроцентрали;
- Корпусна броня, изискваща критичен баланс на твърдост, якост на натиск, висок еластичен модул и ниска специфична плътност.

Таблица 2. Типични свойства на борен карбид (горещо пресован лист)

Типични свойства на борен карбид (горещо пресован лист)	
Химична устойчивост	
Киселини, концентрирани	Разтворим
Киселини, разредени	Добре
Алкали	Слаба
Халогени	Слаб
Метали	Слаб
Електрически свойства	
Обемно съпротивление при 25° C (Ohm-cm)	0.1-10
Механични свойства	
Якост на натиск (MPa)	1400-3400
Твърдост, Knoop (kgf mm^{-2})	2800-3500
Твърдост, Vickers (kgf mm^{-2})	3200
Якост на срязване (MPa)	210-380
Модул на опън (GPa)	440-470
Физични свойства	
Явна порьозност (%)	<3
Плътност (g, cm^3)	2.45-2.52
Термични свойства	
Коефициент на топлинно разширение при 20-1000° C (x10^{-6} K^{-1})	5.6
Точка на топене (°C)	950
Специфична топлина при 25° C (J K^{-1} kg^{-1})	30-90
Топлопроводимост при 20° C (W m^{-1} K^{-1})	600-800

Използването на борен карбид за брониране се е увеличило драматично през последните години, като керамичният карбид бързо се превръща в материал за избора на военни и полицейски служители (фиг. 2). Тази усъвършенствана керамика, под формата на плочи или "плочки", вмъкнати в балистични жилетки, осигурява приблизително 50% намаление на теглото, като същевременно предлага еднаква или по-голяма защита от предишните форми на бронежилетки. Новите процеси за оформяне на материала за оптимално напасване също подобряват производителността и несъмнено спасяват живота [3].



Фиг.2 Приложения на борен карбид.

4. Заключение

Предвид уникалните си свойства и доказаната гъвкавост, силициевият карбид и боровият карбид предлагат на изследователите и дизайнерските инженери възможността да разследват други вълнуващи, но неизследвани понастоящем приложения за тази забележителна напреднала керамика. Тези материали със сигурност имат много повече приложения. Това дава основание да се изследват свойствата им и при барабанни мелници.

Благодарности

Изследването в настоящата статия е осъществено с подкрепата на проект по Фонд Научни Изследвания, „Конкурс за финансиране на научни изследвания на млади учени и постдокторанти – 2017“ договор ДМ-17/8-2017

Литература:

1. Prokurat L., Wereszczak A., Curzio E., Advances in Ceramic Armor II: Ceramic Engineering and Science Proceedings, 26 March 2008, ISBN:9780470080573, Online ISBN:9780470291368, DOI:10.1002/9780470291368
2. Hall L., Nanotechnology Flight Test: Material Impact on the Future, URL: https://www.nasa.gov/feature/nanotechnology-flight-test-material-impact-on-the-future
3. Boron Carbide (B4C) - Properties and Information about Boron Carbide, URL: https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=75
4. Cho N., Processing of Boron Carbide, Dissertation, Institute of Technology, 2006,
5. Ruzic J., Stoimenov N., Advanced copper matrix composites, 2016 – Monography in English, „Prof. Marin Drinov“ Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, ISBN 978-954-322-859-1

CERAMIC CARBIDS, PROPERTIES AND APPLICATIONS

B. Popov, M. Paneva, N. Stoimenov, D. Karastoyanov

Abstract: *In the presented attention is paid to silicon and boron carbide. A table shows the properties of silicon carbide. Attention is paid to applications of silicon carbide. The typical properties of boron carbide are presented in tabular form. Boron carbide applications are examined.*

Данни за авторите:

Богомил Попов, маг. инж., докторант в ИИКТ-БАН, ул. Акад. Г. Бончев, блок 2, 1113 – София, Р. България, e-mail: bogomildpopov@gmail.com

Миглена Панева, маг. инж., докторант в ИИКТ-БАН, ул. Акад. Г. Бончев, блок 2, 1113 – София, Р. България, e-mail: m.paneva7@gmail.com

Николай Стоименов, гл.ас. д-р, маг. инж., ИИКТ-БАН, ул. Акад. Г. Бончев, блок 2, 1113 – София, Р. България, e-mail: nikistoimenow@gmail.com

Димитър Карастоянов, професор д-р инж. ИИКТ-БАН, ул. Акад. Г. Бончев, блок 2, 1113 – София, Р. България, e-mail: dkarast@iinf.bas.bg

СЪВРЕМЕННИ АЛТЕРНАТИВИ НА БЪРЗОТО ИНОВАЦИОННО ОСТАРЯВАНЕ

Д. Дамянов, Б. Влахова

Резюме: *В настоящата статия са разгледани особеностите на етапът на производствено развитие и иновационното остаряване на производствената техника. Особено важен момент е правилното определяне степента на иновационното остаряване на влезлите в експлоатация машини, съоръжения, апарати и др. Целта на авторите е установяване влиянието на иновациите върху техникоикономическите и социални резултати от индустриалната дейност и предлагане на алтернативи на бързото иновационно остаряване.*

Ключови думи: иновации, иновационно остаряване, технологично обновление.

1. Въведение

В индустриалното развитие настъпва качествено изменение, на базата на нововъведенията и високите технологии. Развитието на технологиите оказва най–силно влияние върху такива базови дейности каквито са: енергиите, комуникациите, нано-технологиите, и др. Три са факторите които определят ефекта от новите технологии в настоящият етап на индустриално развитие и формират концепцията на съвременното производствено развитие, а именно:

- технологичен,
- социален и
- екологичен.

Технологичният диктува тенденцията за постоянно намаляване на ръчния, тежкия и непривлекателен труд за сметка на по висока производителност, като обект на тази дейност са всички основни и спомагателни технологични, производствени и информационни процеси и дейности.

Социалният предявява изискванията за разкриване на нови, или запазване на старите работни места. Екологичният дефинира трайната тенденция на спазване на екологичните норми и параметрите на устойчивото развитие на екологичната среда [1, 2]. Всичко това показва че вече са налице предпоставки и са създадени условия и възможности за комплексно решаване на проблемите на индустриалните предприятия и формиране на нова индустриална политика базирана на комуникациите, информатиката, интернет, Интранет и др.

2. Технологичното обновление и иновациите

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, а иновационното развитие започва да дефинира 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 [1]. Целта е произведеният продукт да бъде ефективен и конкурентноспособен, за да удовлетвори бизнес изискванията, както на производителите така и тези на пазара. В условията на ускоряваща глобализация и засилена пазарна конкуренция, пазарът и потреблението поставят пред индустриалния бизнес фундаментални въпроси, свързани с неговите конкурентни предимства в т. ч. фирмените

стратегии да са насочени към качеството и развитието на нововъведенията. Това поставя пред бизнеса отговорни въпроси, отнасящи се до ясно формулиране на поставените цели, свързани с печалбата, иновативното развитие, създаване на клъстери, въвеждане на стандарти за качество, запазване на околната среда и енергийната ефективност [3]. Усъвършенстването на мениджмънта и маркетинговите стратегии, подобряването на социалните услуги и обръщане по голямо внимание на човешките ресурси също е един от приоритетите на бъдещото иновационно развитие. Това ще наложи и преориентиране на дейността на някой от фирмите от широко застъпваните в световен мащаб производства с ниска добавена стойност към определени малки ниши заемани на основата на специфични конкурентни предимства и иновативни продукти с по-висока добавена стойност. Налага се създаване на дълготрайна фирмена гъвкавост, съобразена с бързо променящите се пазарни условия и успешно търсене на нови пазарни ниши и партньори.

Глобализацията е невъзможна без използване на иновациите и въвеждането на дигиталните технологии. Като цяло това развитие и тези процеси са немислими без комуникациите и цифровизацията, разглеждани като източник на тяхното ускоряване и развитие [3]. Те са и базата на международния информационен и технологичен обмен в условията на все по-открита, интегрирана, стандартизирана и непризнаваща граници дигитализирана информация. В резултат на това рязко ще се увеличава и информационното обслужване, което е свързано непосредствено с успехите на електрониката, комуникациите, електронната поща, интернет, Интранет и др. В основата си новите средства за комуникации са насочени главно към дейностите за връзка и управление. Не е за пренебрегване и разширяването на сферата на дейност и мащабите на иновациите в реалните и виртуални технологични процеси. Следователно разширяването на площта на насищане, т.е. интегрирано управление на иновациите в дигиталните процеси ще е бъде приоритет номер едно за индустриални компании. Това означава съсредоточаване в тази насока на мащабни научни резерви и влагане на огромни парични средства за научни изследвания и експерименти [4].

Устойчивите тенденции на технологично развитие са приоритет главно в ускореното въвеждане на иновационни решения. Те са свързани с повишаване производителността, качеството на произвежданата продукция, устойчивостта и гъвкавостта на процеса на производство, както и скъсяване на периода от зараждане на идеята до реализация на продукта на пазара. Тези решения имат и задачата да преодоляват трайната тенденция от дефицит на трудови ресурси, породен от демографски фактори. Това може да се осъществи чрез преразпределение на работещите в производствената и непроизводствената сфера в световен мащаб. От друга страна в началото на XXI$^{-ви}$ век все по-нарастващите изисквания на потребителите, както и увеличаващия се конкурентен натиск на световните пазари, предопределят необходимостта от един коренно различен подход към целия иновационен процес. Световна тенденция е, че произвежданите изделия започват да се усложняват извънредно много, както по отношение на вътрешната си структура, така и по отношение на потребителските и функционалните изисквания, които трябва да задоволяват. Към тях следва да се прибавят и увеличаващите се нужди от комплексни потребителски проблеми, чието разрешаване чрез общоприетите средства става все по-трудно.

3. Техническо развитие и иновационно остаряване

На настоящият етап на техническо развитие съществено влияние върху иновационното остаряване оказват два фактора [5, 6]:

- Първият фактор определя иновационното остаряване като неизбежно следствие от иновационното развитие в областта на техниката и технологиите в отраслите, произвеждащи средства за производството.

- Вторият фактор на иновационно остаряване възниква под въздействието на иновационните решения, изразени в конструирани и внедрени в производството нови, по-съвременни, по-производителни и с по-добри техникоикономически показатели машини в сравнение с произведените преди тях.

Отчитането на тези фактори, които характеризират качествената страна на иновационното развитие позволява да се разкрие не само механизма на неговото въздействие върху показателите за ефективността на производството, но и влиянието му върху различните страни на производствения процес. Развитието на техниката води след себе си и до съществени изменения в методите на експлоатация от една страна, а от друга до усъвършенстване методите за изменение характера на труда и повишаване квалификацията на персонала (раждат се нови професии) [7, 8, 9].

От изложеното до тук може да се направи извода, че влиянието на иновационното развитие се глобализира, в резултат на което настъпва иновационно остаряване на техниката и изоставане на равнището на влезлите в експлоатация технологии от съвременните. По-нататъшното използване на иновационно остаряла техника и технологични процеси води до определени загуби, размерът на които ще зависи от степента на това изоставане. Така 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 техническите нива и производителността, са тясно свързани и взаимозависими, тъй като те 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 научнотехническия прогрес. Физическата същност на тези зависимости се изразява в скъсяване периодите на създаване на нови технически решения, изобретения, технологии, модерни конструкции, ноу-хау и т.н. и повишаване на тяхната производителност в абсолютно и относително измерение за всеки нов период [10]. От това следва, че периодите на иновационното 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.

Следователно бъдещото развитие на индустриалните дейности ще се характеризира с все по-високи технически нива и по-висока производителност, бързо иновационно остаряване и глобална интензификация на процеси и дейности [3]. При това тези зависимости формират нови сфери, генериращи нова среда на развитие, гъвкаво балансирана от въздействието на вътрешни и външни фактори. Сега не може да се говори само за отделни иновации и иновационни процеси, а за иновативно производство, разглеждано комплексно. Въздействието на външната среда определя основните изисквания към технологичното поведение на фирмите и създава предпоставките и условията за ново отношение към иновациите като неразделна и необходима част от глобалното развитие на индустрията и обществото.

4. Иновационно развитие и иновационно остаряване

На настоящия етап на технологично развитие особено важен момент в тази насока е правилното определяне степента на иновационно остаряване с цел установяване влиянието на иновациите върху техникоикономическите и социалните резултати от индустриалната дейност. Оценката на влиянието им върху мащаба и сроковете на иновативното остаряване е изключително важна за навременното отстраняване на отрицателните последици от въздействието им. Освен това, влиянието на иновационното развитие се глобализира, в резултат на което настъпва иновационно остаряване на техниката и изоставане на равнището на влезлите в експлоатация технологии от съвременните.

Технологичното развитие и по-точно неговите последици, проявяващи се под формата на иновационно остаряване на продукти и процеси, водят до своеобразна нагласа на производителите за търсене на начини и средства за усъвършенстване и изменение на параметрите им. Тенденцията за изменение на параметрите на иновационните продукти и процеси в резултат на бързото им иновационно остаряване е в насока на по съвършени и по производителни и вече формира нова алтернативна концепция за иновационното развитие. Тя поставя и нови изисквания, както към потребителската същност на иновационните продукти, така и към методите, подходите и начините на тяхното производство.

Основните направления, осигуряващи алтернативен ефективен изход от ограниченията налагани от бързото иновационно остаряване при създаването на конкурентоспособни иновационни продукти, се прилага активно от много фирми в автомобилостроенето, електрониката, производството на продукти за бита и др. Този нов подход, възприет бързо от индустриалните фирми, вече проявява своите предимства в следните насоки [12]:

- Разработване и прилагане на модулния принцип на конструиране и производство на иновационни продукти;
- Проектиране и производство на стандартизирани модули с различно технологично предназначение;
- Проектиране и производство на иновационни продукти с възможно най-висока надеждност и със експлоатационен срок;
- Привеждане на експлоатационния срок в рамките на надеждностния срок, особено за предметите предназначени за бита.

Разглеждане на проектния и производствения цикъл като непрекъснат процес на протичане и използване модерните методи за проектиране, симулиране, виртуално представяне и други с цел възможно най-голямо скъсяване на цикъла.

Иновационното развитие и по конкретно иновационното остаряване налагат условия, с които фирмите трябва да се съобразяват [11]. Това произтича както от технологичната нагласа, така и от силното въздействие на потребителския интерес. Ето защо все повече фирми започват да прилагат гъвкави технологични и организационни форми на поведение към заобикалящия ги индустриален и пазарен свят.

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 с цел по ефективно алтернативно въздействие на иновационното остаряване. Тази политика все повече се адаптира към глобалното индустриално поведение на иновациите като ресурс за бъдещото им развитие.

Друго проявление на тази политика е, че относителният дял на специфичните иновационни решения в даден продукт става все по-голям. Делът на иновации с универсален характер, включвани в иновативните продукти, относително намалява. За сметка на това броят на иновативните решения с различно технологично предназначение става все по-голям. Това развитие заедно с новите производствени концепции и глобалната електронна среда дефинират интеграционната същност на съвременната иновационна индустрия.

Стратегическата политика на индустриалната фирма е немислима без добре изградена, преценена и осмислена политика за иновационно развитие. Иновационната политика всъщност формира и концепцията за икономическите показатели на фирмата и е основен фактор за нейния просперитет.

Иновационното развитие оказва най-силно влияние върху такива базови дейности като енергиите, комуникационните, биотехнологичните, нано-технологичните дейности и др. Следователно и най-голям иновационен бум ще се очаква в тези направления [13, 14, 15]. Това по същество означава и бурно развитие на иновационните дейности свързани с обслужването на големите приоритетни направления в развитието на световния прогрес.

Основната концентрация на учените в света ще бъде насочена върху решаване проблемите на иновационното развитие и задоволяване на растящите човешки потребности.

4. Изводи:

- Влиянието на иновационното развитие се глобализира, в резултат на което настъпва иновационно остаряване на техниката и изоставане на равнището на влезлите в експлоатация технологии от съвременните.
- Използването на иновационно остаряла техника и технологични процеси води до определени загуби, размерът на които ще зависи от степента на това изоставане.
- Бъдещото развитие на индустриалните дейности ще се характеризира с все по-високи технически нива и по-висока производителност, бързо иновационно остаряване и глобална интензификация на процеси и дейности.
- Технологичното развитие и по-точно неговите последици, проявяващи се под формата на иновационно остаряване на продукти и процеси, водят до своеобразна нагласа на производителите за търсене на начини и средства за усъвършенстване и изменение на параметрите им.

Литература:

1. Дамянов Д., Иновации, ПРИМАКС, Русе, 2013.
2. Демирова С., Тенденции при определяне на експлоатационния срок на машините в зависимост от иновационното остаряване и физическо износване, 52-ра НТК, Рига, Латвия, 2013.
3. Петрова Д., Управление на фирма – мениджмънт и инвестиции, Издателство „Екс-прес” - Габрово,2011, ISBN 978-954-490-249-0.
4. Туккель Й. , Управление инновационными проектами, BHV-СПб, 2013.
5. Яшин С. , Анализ эффективности инновационной деятельности, BHV-СПб, 2012.
6. Berger S., Making in America: From Innovation to Market, USA, 2013.
7. Dima, I., Industrial Production Management in Flexible Manufacturing Systems, IGI Global, 2013.
8. Garner, E. - Maximising Your Potential, 2012.
9. Graaf |L., Bill Gates, Edison and the Rise of Innovation, USA, Oct. 1 2013.
10. Knight L., Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice USA Dec. 19 2012
11. Passenheim, O. - Enterprise Risk Management, 2010.
12. Thomas, B. , Miller C. - Innovation and Small Business, 2010.
13. www.mee.government.bg
14. www.eib.org
15. www.mag.innov.ru

MODERN ALTERNATIVES TO RAPID INNOVATION AGING

Damianov D., Vlahova B.

Abstract: *This article discusses the peculiarities of the stage of production development and the innovation aging of production equipment. It is especially important to determine the degree of innovation aging of the machines, equipment, apparatuses, etc. put into operation. The aim of the authors is to identify the impact of innovation on the technical and economic results of industrial activity and to offer alternatives to rapid innovation aging.*

Данни за авторите:

Димитър Дамянов, професор доктор инж., катедра „АДП” при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, e-mail: damianov@tu-sofia.bg

Беата Пламенова Влахова, инж., катедра „Машиностроителна техника и технологии” при Факултет „МУ”, Технически университет – Габрово, Р. България, Габрово, ул. „Хаджи Димитър” № 4 тел.: 066/827257, e-mail: beata_mineva@abv.bg

ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА АДАПТИВНО РОБОТИЗИРАНО ЗАВАРЯВАНЕ

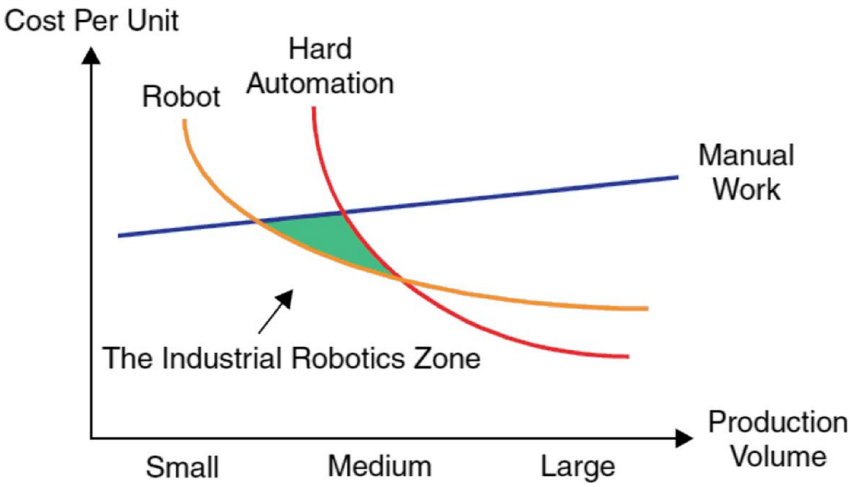
С. Карастанев

Резюме: *В статията е представено роботизирането на заваръчния процес. Обсъдени са основни аспекти на роботизираното заваряване и някои проблеми при неточно производство или позициониране на детайлите. Описани са примери на адаптивни заваръчни роботи ABB, FANUC, CLOOS, PANASONIC.*

Ключови думи: заваряване, роботи, сензори, адаптация.

1. Въведение

Промишлени роботи и механизирано оборудване станаха незаменими за индустриално заваряване с висока производителност [1], тъй като ръчното заваряване води до ниска производителност, дължаща се на неблагоприятната работна среда, [2]. Динамичното пазарно поведение и силната конкуренция принуждават производствените компании да търсят оптимални производствени процедури. За малки и средни производствени обеми, роботизираното производство дава най-добрата цена на единица продукция в сравнение с ръчното и с твърдата автоматизация. В допълнение към конкурентните единични разходи, роботизирани заваръчните системи носят други предимства, като подобрени производителност, безопасност, качество на заваряване, гъвкавост, малко работно пространство и намалени разходи за труд - фиг. 1, [3].



Фиг. 1 Зона на роботизираното заваряване

Заваряването е неразделна част от модерното промишлено производство и роботизираното заваряване се счита за основен символ на модерната заваръчна техника, [4]. В най-ранните приложения на роботизираното заваряване, то беше разглеждано като двупластова система за заваряване. Първият пас беше посветен на изучаването на геометрията на шева. Вторият пас беше действителното проследяване и заваряване на шева. С развитието на технологиите идват роботизирани заваръчни системи, които проследяват шева в реално време, изпълнявайки едновременно фазите на изучаване и проследяване. В най-новата технология на роботизираното заваряване системата не само работи в реално време, но и изучава бързо променящата се геометрия на шева, работейки в неструктурирана среда, [5].

2. Основни аспекти на роботизираното заваряване

Основните аспекти на роботизираното заваряване са:

- Конфигурации на роботизирана заваръчна система

Роботите могат да бъдат категоризирани въз основа на критерии като степен на свобода, кинематична структура, вид на задвижването, геометрия на работното пространство и характеристики на движението, [6]. Въз основа на работното пространство [7], антропоморфните роботи са най-често използваният тип при индустриално роботизирано дъгово заваряване.

- Фази на заваръчните операции

Заваръчната операция се състои от три различни фази, важни при проектирането на автоматизирана роботизирана система за заваряване, за да се постигнат добри резултати и качеството на заваряването, [7]:

Фаза на подготовка. В тази фаза заваръчният оператор установява заваряваните части, апаратурата (източник на захранване, робот, програма за робота и т.н.) и параметрите на заваръчния процес, заедно с вида газова защита и заваръчен тел. Когато се използва CAD / CAM или друго офлайн програмиране, предварителната заваръчна програма за робота е достъпна и пусната онлайн. Тя може да се нуждае само от незначителна настройка за калибриране, което лесно може да бъде направено от заваръчния оператор, който извършва избрани онлайн симулации на процеса.

Фаза на заваряване. Автоматичното оборудване трябва да има същите способности като ръчно заваряване, т.е. системата трябва да бъде способна да поддържа ориентацията на горелката, да следва желаната траектория (която може да е различна от планираната), да извършва проследяване на шевовете и промяна на параметрите на заваръчните процеси в реално време, емулирайки адаптивното поведение на ръчните заварчици.

Фаза на анализ. Фазата на анализ обикновено е пост заваръчна фаза, в която операторът проверява получената заварка, за да се установи дали е приемлива или дали са необходими промени в предишните две фази. Използването на усъвършенствани сензори, като 3D лазерни камери, позволява осъществяването на тази фаза онлайн по време на заваряване.

2. Проблеми при роботизираното заваряване

Роботизацията на заваръчния процес води до следните проблеми:

- Съгласуваността, необходима за заваряване на детайл след детайл, при липса на подходящ контрол, може доведе до колебания в качеството поради лошо фиксиране или вариации в процеса на метално формоване.

- В случай на производство или ремонт с ниско или средно количество, времето и усилието, положени за програмиране на робота за заваряване на нова част може да бъде доста високо, [8].

- Роботизираното заваряване изисква подходящ дизайн на частите, съгласувани форми на полето на заваряване (шева)и толеранси в размерите от 0,5 до 1 мм. Промяна на шева изисква използването на сензорни технологии за запълването му, [9].

- Роботизирането на заваряването е с висока начална цена, така че точното изчисление на първоначалната цена и точното изчисляване на възвръщаемостта на инвестициите са от съществено значение, [10].

- Възможния недостиг на квалифицирани заварчици с необходимото знание и обучение представлява ограничение.

- За разлика от адаптивното човешко поведение, роботите не могат независимо да вземат автономни коригиращи решения и трябва да бъдат допълнени от използването на сензори и система за вземане на решения.

- В някои области не може лесно да се извърши роботизирано заваряване, като съдове под налягане, вътрешни резервоари и корабни тела, дължащи се на ограничения на работното пространство, [11].

- Повечето сензорни интелигентни системи, налични на пазара не са тясно интегрирани с контролера на робота, което ограничава производителността на роботизираната система. Роботът не може бързо да отговори на данните от датчика, което води до забавяне и нестабилност.

За адаптиране към неточности в габаритите на заваряваните детайли, както и при неточности в позиционирането им, се прилагат различни видове сензорни системи и адаптивно следене на заваръчния шев.

3. Примери на адаптивни заваръчни роботи

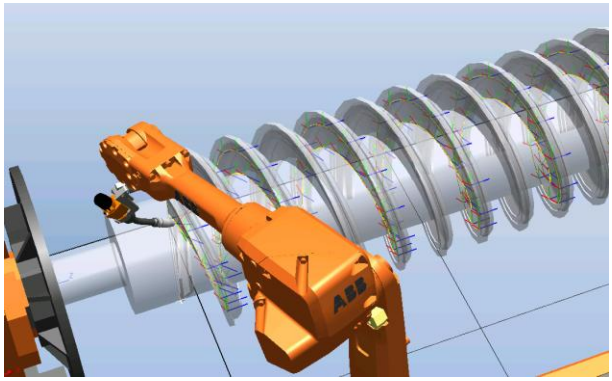
ABB предлага както добър заваръчен робот, така и иновативни решения за откриване и проследяване на заваръчния шев в реално време (Sensor Based Adaptive Arc Welding).

Основната част от заваръчните шевове са праволинейни. Те биват между две плочи със скосяване (равнинен прав шев), между две плочи под ъгъл 90^0 или една над друга (вътрешен ъгъл), както и две плочи на 90^0 (външен ъгъл). Друга възможност, изискваща траекторно управление, е заваряването по дъга от окръжност – фиг. 2. Тук следва да се отбележи, че освен следене на траекторията на шева, трябва непрекъснато да се изменя и ориентацията на заваръчната горелка.

По принцип по-сложна е ситуацията при съвместяване на движението по права линия и движението по дъга от окръжност, т.н. винтова линия. Това понякога е илюзорно, защото транслацията и/или ротацията на детайла може да се извършва от манипулатор на детайла, а заваръчната горелка да е неподвижна или да следва проста траектория. На фиг. 3. е показан робот ABB при заваряване на винтов шев, където детайлът се върти, а заваръчният робот извършва праволинейно движение и заваряване.



Фиг.2 Заваряване по дъга от окръжност

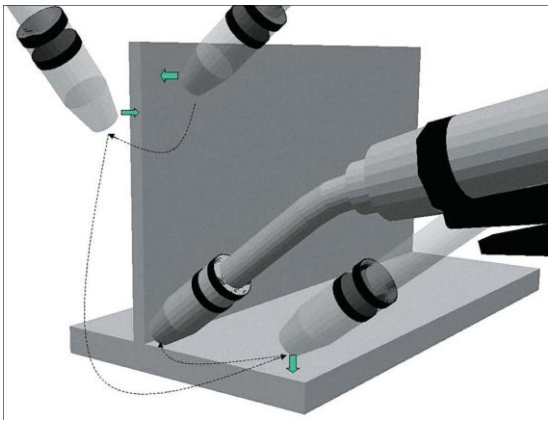


Фиг.3 Робот ABB и заваряване на винтов шев

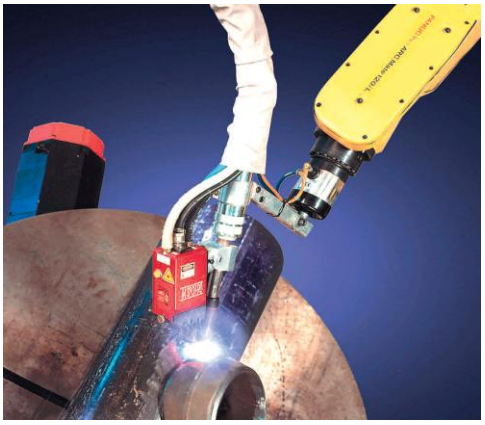
На фиг. 4. е показано тактилно локализиране на ъглов заваръчен шев съвместно с робот ABB чрез следната процедура:

- Докосване до едната плоча,
- Докосване до единия ръб,
- Докосване до другата плоча,
- Заваряване от началото на шева.

С тази процедура се открива както началото, така и направлението и траекторията на заваръчния шев.



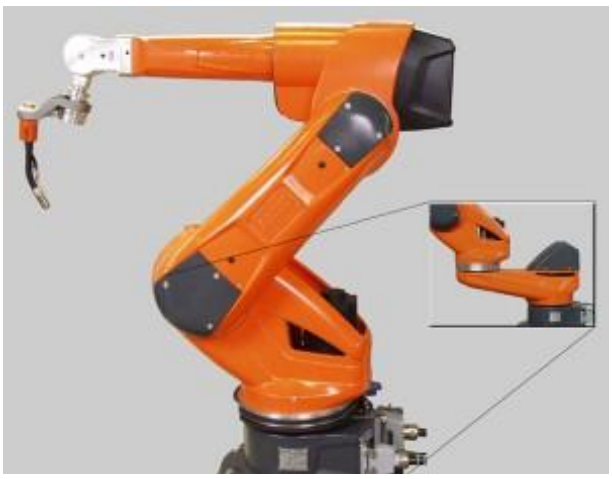
Фиг. 4. Тактилно локализиране на ъглов шев



Фиг. 5. FANUC ARC Mate+MSPOT90

FANUC Robotics предлага адаптивен процес на заваряване в реално време, като комбинира изпитана технология на дъгова заварка с възможностите за съвместно наблюдение на Servo Robot MSPOT-90 лазерен скенер – фиг. 5. Работещ в рамките на ArcTool приложен софтуер е дефинируем от потребителя адаптивен алгоритъм, който използва обратна връзка от датчика за динамично регулиране на параметрите на заваряването. Тези параметри включват скорост на движение, напрежение и скорост на подаване на тела, обемно запълване на заваръчната вана. Тази опция ArcTool позволява на робота да адаптира процес на заваряване динамично.

CLOOS е един от водещите в разработването и производството на роботи за заваряване с висока стойност за индустриални приложения. Благодарение на интегрирането на иновативни технологии, новото поколение роботи за заваряване QIROX® предлага допълнителни предимства в качество и производителност. Сред основните акценти е въвеждането на незадължителна седма ос- фиг. 6. Това допринася за значително увеличаване на гъвкавостта и динамиката на робота за заваряване QIROX®. В резултат на това автоматизираните заваръчни процеси се конфигурирани по по-ефективен начин.



Фиг.6. Заваръчен робот QIROX® на CLOOS



Фиг.7. Заваръчен робот Panasonic

Заваръчният робот на **PANASONIC** претендира за най-добрия в класа си високоскоростен модел – фиг. 7. Има цифрова връзка с токоизточник на Panasonic. Комуникациите се осъществяват чрез Profibus, Ethernet и др. Контролерът може да управлява до 27 оси едновременно. Освен стандартните на заваряване има следните функции за адаптация по шева:

- Осцилации,
- Припокриване,
- Рестартиране на дъгата
- Автоматично освобождаване на тела при залепване във ваната,
- Сензор за дъгата,
- Сензор за допир,
- Управление на до 5 различни типа заваръчни машини,
- Синхронизирано движение между няколко робота.

5. Заключение

Роботизацията на заваръчните процеси решава редица проблеми, свързани с тежък, вреден и непривлекателен ръчен труд. Същевременно съвременното ниво при производство на детайли, подлежащи на заваряване, предполага твърде големи неточности в размерите и позиционирането им, в сравнение с предварително заложените в заваръчните програми параметри, както и спрямо точността на заваръчните роботи. Това налага въвеждане на иновативни методи и средства за адаптивно проследяване на заваръчните шевове в темпа на процеса и корекции в програмираните траектории или в заваръчната дъга.

Литература:

1. P. Kah, M Shrestha, E Hiltunen and J Martikainen39., Robotic arc welding sensors and programming in industrial applications International Journal of Mechanical and Materials Engineering (2015) 10:13 DOI 10.1186/s40712-015-0042-y
2. Laiping, C. Shanben and L. Tao, “The modeling of welding pool surface reflectance of aluminum alloy pulse GTAW,” Materials Science and Engineering: A, vol. 394, no. 1–2, p. A 320–326, 2005
3. Pires, JN, Loureiro, A, Godinho T, Ferreira P, Fernando B, Morgado J. (2003). “Welding robots,” IEEE Robotics & Automation Magazine, 45–55.
4. Cui, H, Dong, J, Hou, G, Xiao, Z, Chen, Y, & Zhao, Z. (2013). “Analysis on arcwelding robot visual control tracking system”, in 2013 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE).
5. Pires, JN, Loureiro, A, & Bölmsjo, G. (2006a). Welding robots: technology. London: System Issue and Application. Springer-Verlag. p. 74.
6. Tsai, L-W. (2000). Robot analysis: the mechanics of serial and parallel manipulators (p. 19). New York: Wiley & Sons.
7. Ross, LT, Fardo, SW, Masterson, JW, & Towers, RL. (2010). Robotics: theory and industrial applications (p. 47). Illinois: The Goodheart-Willocx Company, Inc.
8. Dinham, M, & Fang, G. (2013). Autonomous weld seam identification and localisation using eye-in-hand stereo vision for robotic arc welding. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 29(5), 288–301.
9. Robot Welding, “Key issues for robotic welding,” [Online]. Available: http:// www.robotwelding.co.uk/key-issues.html. [Accessed 4 September 2013].
10. Rochelle, B. “Think before you integrate (robotic welding),” thefabricator.com, 1 March 2010.
11. Robotics Bible, “Arc welding robot,” 11 September 2011. [Online]. Available: http://www.roboticsbible.com/arc-welding-robot.html. [Accessed 12 May 2013].

INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR ADAPTIVE ROBOTIZED WELDING

S. Karastanev

Abstract: *The paper presents the robotizing of the welding process. Basic aspects of the robotized welding are discussed, as well as some problems, connected with non-precise producing or positioning of the details. Examples of adaptive welding robots are described - ABB, FANUC, CLOOS, PANASONIC.*

Данни за автора:
Стефан Карастанев, гл. ас., Институт по механика-БАН, ул. Акад. Г. Бончев, блок 4, 1113 – София, Р. България, e-mail: robotics@iinf.bas.bg



ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ 9

“CAD/CAM/CAE СИСТЕМИ И ВИРТУАЛНО ИНЖЕНЕРСТВО”

ИЗБОР НА ТЕХНОЛОГИЧНА СТРАТЕГИЯ ПРИ ГЕНЕРИРАНЕ НА УПРАВЛЯВАЩИ ПРОГРАМИ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА РАВНИННИ ПОВЪРХНИНИ СЪС CAM СИСТЕМИ

С. Николов

Резюме: *В статията с помощта на CAE система е изследвано влиянието, което различните траектории на движение на режещия инструмент, при обработване на равнинни повърхнини, оказват върху неговата скорост и ускорение. Въз основа на получените при изследването резултати са дадени препоръки за избора на технологични стратегии при разработване на управляващи програми за обработване на равнинни повърхнини с помощта на CAM системи.*

Ключови думи: технологични стратегии, CAE системи, CAM системи, управляваща програма, равнинна повърхнина.

1. Въведение

Съвременните CAM системи позволяват избор на различни технологични стратегии при разработването на управляващи програми. Компонентите на тези технологични стратегии включват: движение на режещия инструмент към обработваната повърхнина; движения на режещия инструмент за снемане на материал от обработваната повърхнина и движение за отвеждане на режещия инструмент след обработването [1].

Като част от избора на технологичната стратегия, потребителя има възможност да задава различни траектории на движение на режещия инструмент, при извършване на необходимите движения за снемане на материала.

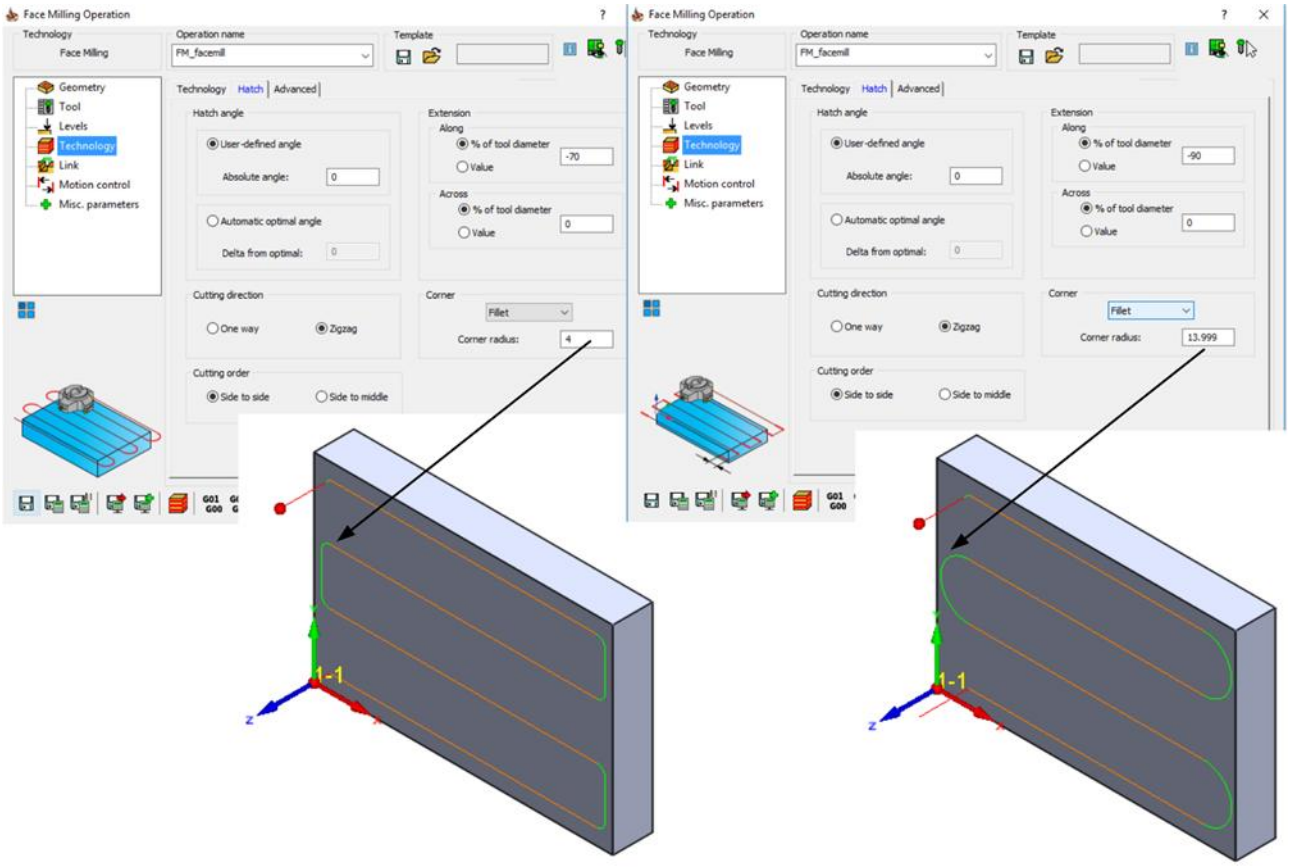
Целта на настоящата работа е да се изследва влиянието, което използването на различни траектории на движение на режещият инструмент за снемане на материала при обработването на равнинни повърхнини, оказва върху неговата скорост и ускорение при обработването.

2. Избор на траектория при обработване на равнинни повърхнини

При обработване на равнинни повърхнини режещите инструменти се движат най-често по офсетови, спираловидни или зигзагообразни криви [1]. В настоящата работа ще се изследва движението на режещият инструмент по зигзагообразна крива, тъй като при тази траектория промените в посоката на движение на инструмента са най-големи.

При разработване на зигзагообразна траектория на движение, потребителя на CAM системата има възможност да контролира различни нейни параметри като: разстоянието между отделните прави ходове на инструмента; посоката на движение на инструмента при правите ходове, спрямо координатна система; дължината на правите ходове; траекторията на движение между два съседни прави хода на инструмента и др.

На фиг.1 са показани параметрите, които потребителя на CAM системата SolidCAM може да променя при разработване на зигзагообразна траектория на движение на инструмента при обработване на равнинни повърхнини [2]. Със стрелки е показано как промяната на радиуса на закръгление влияе на генерираната от системата траектория, което е обект на изследване в настоящата статия.



Фиг. 1 Разработване на зигзагообразна траектория в средата на SolidCAM

3. Изследване на промените на скоростта и ускорението на режещия инструмент при движение по различни траектории

Изследването на движението на режещия инструмент по различни траектории на движение ще се извърши с помощта на CAE системата SolidWorks Motion. За тази цел е разработен симулационен модел показан на фиг.2. Този модел включва:

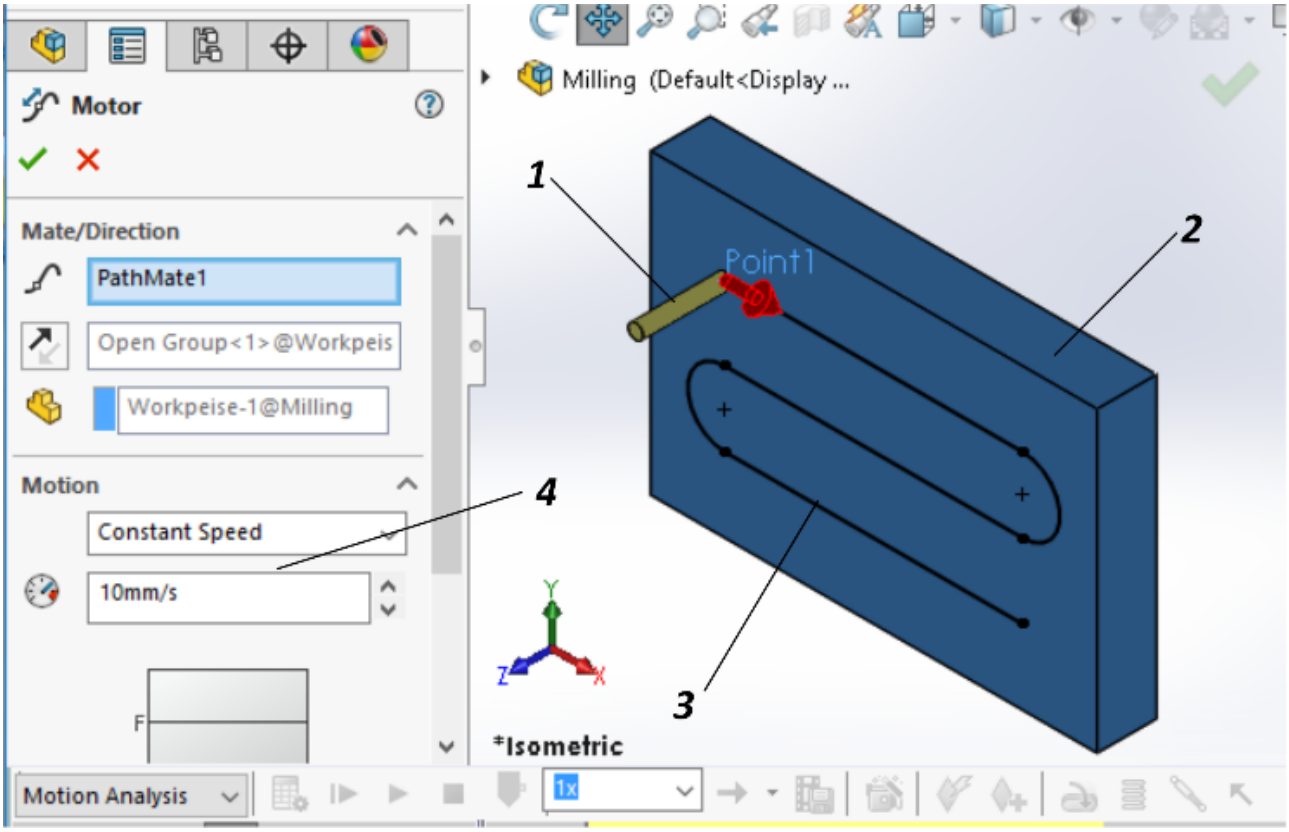
- 3D модел на режещият инструмент (1);
- 3D модел на обработвания детайл (2);
- Траектория на движението на режещия инструмента (3);
- Задвижване на режещия инструмент (4).

Изследването ще включва определяне на промените в линейните скорости и ускорения в направление на осите X и Y, на инструмента при движението му по траектории с различен радиус на закръгление.

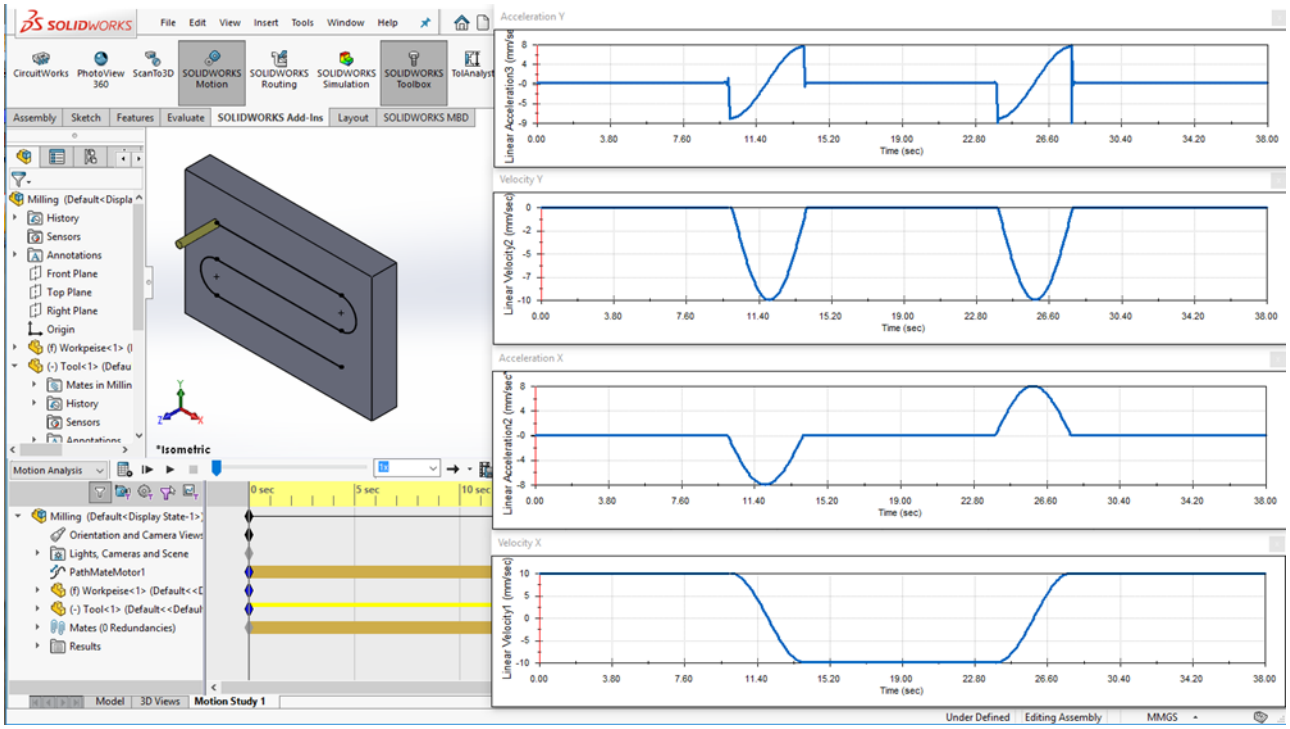
Зададената скорост на движение на режещия инструмент е 10 [mm/s].

Радиусите на закръгление за изследваните траектории са: 12,5 [mm] (движение по тангенциална дъга от окръжност между правите ходове), 12, 10, 8, 6, 4, 2 [mm] (движението между правите ходове се осъществява по права, която се свързва с правите ходове, чрез тангенциални дъги със съответния радиус).

На фиг.3 са показани определените промени в скоростите и ускорение в направление на осите X и Y, за проведеното изследване при радиус на закръгление на траекторията 12,5 [mm].



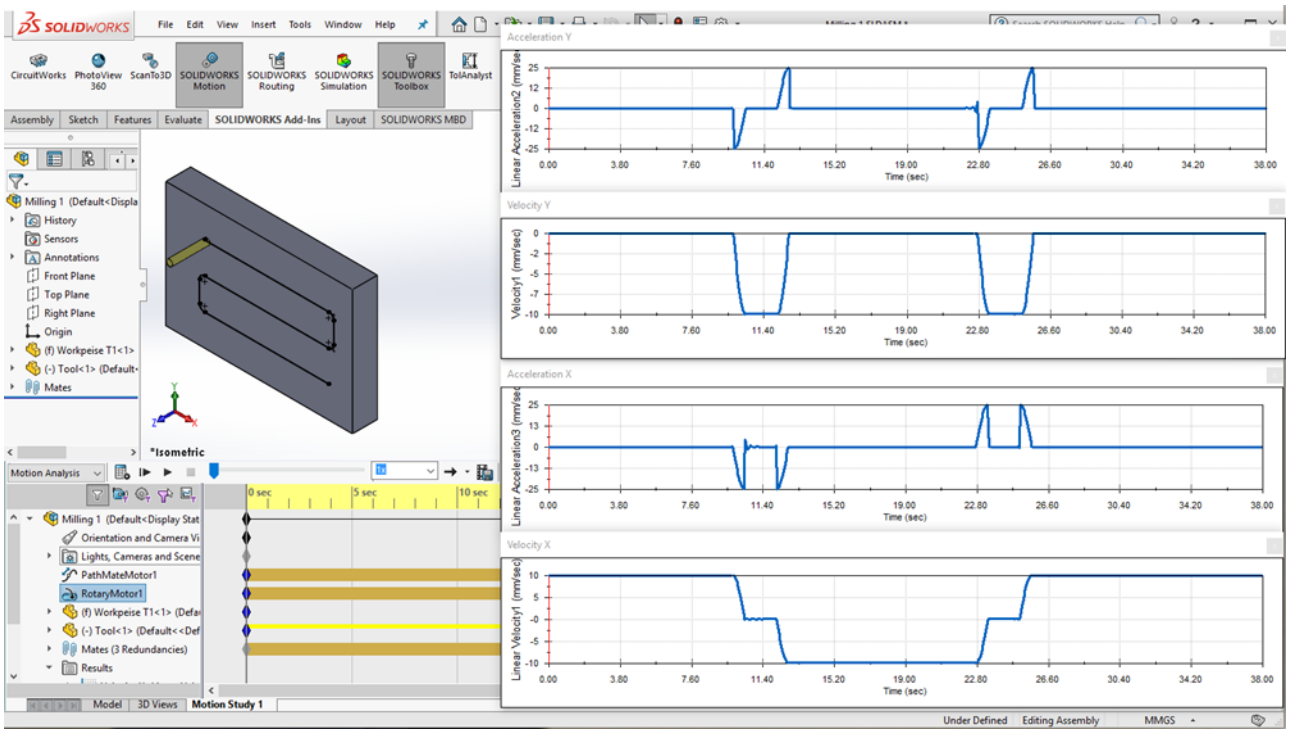
Фиг. 2 Симулационен модел



Фиг. 3 Промени в скоростта и ускорението на инструмента при движение по траектория с радиус на закръгление 12,5 [mm]

На фиг.4 са показани определените промени в скоростите и ускорение в направление на осите X и Y, за проведеното изследване при радиус на закръгление на траекторията 4 [mm].

Графиките на промените на скоростите и ускоренията при радиус на закръгление 12, 10, 8, 6 и 2 [mm] са подобни на показаните на фиг.4.



Фиг. 4 Промени в скоростта и ускорението на инструмента при движение по траектория с радиус на закръгление 4 [mm]

4. Анализ на резултати от проведеното изследване

Промяната на радиуса на закръгление на траекторията освен до изменение в скоростта и ускорението на инструмента води и до промяна на нейната дължина.

Обобщение на получаваните промени са показани на фиг.5.

Намаляването на радиуса на закръгление от 12,5 до 2 [mm], води до намаляване на дължината на траекторията с 6,3 %.

Това на практика означава, че ще се намали и времето необходимо за обработване на повърхнината, като намалението ще е под 6,3 %, поради промените в скоростта на движение на режещия инструмент при смяна на посоката на движение.

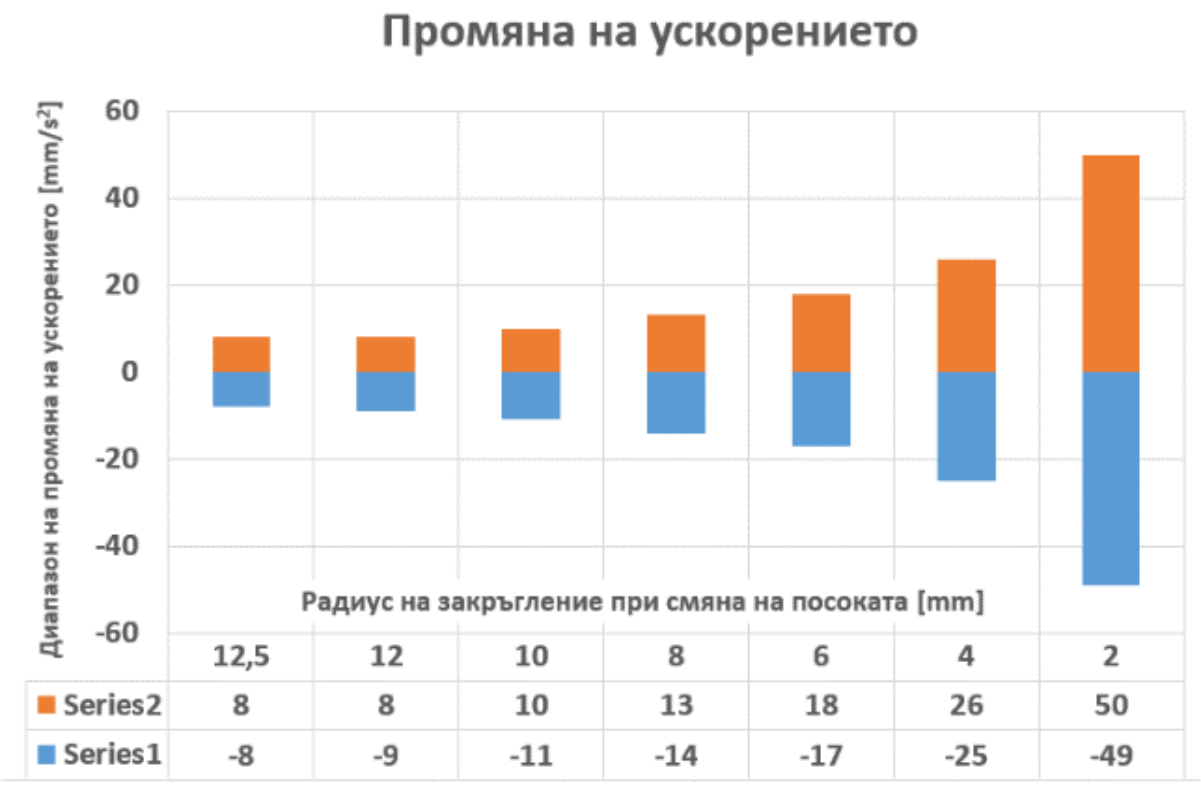
На фиг.6 са показани диапазоните на промяна на ускорението на режещия инструмент при смяна на посоката на движение за проведеното изследване.

От графиката се вижда, че с намаляването на радиуса на закръгление на траекторията, рязко се увеличават максималните стойности на получаваните ускорения. Това заедно с колебанията на линейната скорост на режещия инструмент, при смяната на посоката на движение (фиг.3 и фиг.4), влошава условията на работата му и създава предпоставки за по-бързото му износване и влошаване на качеството на обработваната повърхнина.

От изложеното до тук следва, че намаляването на радиуса на закръгление от една страна води до намаляване на времето за обработване на повърхнината, но създава предпоставки за влошаване на качеството на обработваната повърхнина и ускорено износване на режещия инструмент.



Фиг. 5 Изменение в дължината на траекторията



Фиг. 6 Изменение на получаваните ускорения

5. Резултати:

Анализът на получените от изследването резултати, позволява да се дадат следните препоръки при разработване на зигзагообразна траектория на режещия инструмент за обработване на равнинни повърхнини:

- По-големите радиуси на закръгление осигуряват по-добри условия за работа на режещия инструмент и по добро качество на обработваната повърхнина;
- По-малките радиуси на закръгление осигуряват по-висока производителност;
- При използване на малки радиуси на закръгление, при възможност се препоръчва, смяната на посоката на движение да става извън обработваната повърхнина (където няма контакт между инструмента и детайла), което ще елиминира неблагоприятните ефекти от колебанията в линейната скорост на инструмента;
- Постигането на максимална производителност, при високо качество изисква съчетаването на минимален радиус на закръгление, с подходящо разполагане на зоната за смяна на посоката на движение на режещия инструмент.

6. Изводи:

- Извършено е изследване на промените в линейните скорости и ускорения в направление на осите X и Y, на режещия инструмент при обработване на равнинни повърхнини, със зигзагообразни траектории с различен радиус на закръгление.
- Определено е влиянието на различните радиуси на закръгления, на зигзагообразните траектории на движение на режещия инструмент, върху производителността и качеството на обработката.
- Дадени са препоръки за избор на параметрите на зигзагообразна траектория на режещия инструмент, за обработване на равнинни повърхнини, при създаване на управляващи програми с използване на CAM системи.

Литература:

1. Николов Ст., Технологични стратегии за фрезови операции използвани в съвременните CAM системи, Научни известия на НТС по Машиностроене, година XXII, бр. 4(153), юни 2014 г., ISSN-1310-3946, (540-546)
2. SolidCAM 2017 Milling Help, SolidCAM Ltd. 2017
3. SolidWorks Online Help, Dassault Systemes, 2018

SELECTION OF TECHNOLOGY STRATEGY IN THE DEVELOPMENT OF PROGRAMS FOR MACHINING OF PLANAR SURFACES WITH THE CAM SYSTEMS

S. Nikolov

Abstract: *In the article, using the CAE system, the influence of the various motion trajectories of the cutting tool during machining of planar surface, on its on speed and acceleration have been study. On the basis of the results obtained in the study, recommendations are given for the selection of technological strategies in the development of programs for planar surfaces machining by using of CAM systems.*

Данни за автора:

Стилиян Николов Николов, доцент доктор инж., катедра „АДП” при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. “Кл. Охридски” № 8, тел. 965 37 65, e-mail: st_nikolov2@tu-sofia.bg

СЪВРЕМЕННИ ТЕНДЕНЦИИ ПРИ РАЗРАБОТВАНЕ И ПРАКТИЧЕСКО ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИНТЕГРИРАНИ CAD/CAM СРЕДИ

И. Атанасов, Д. Атанасова

Резюме: *В настоящата статия са разгледани съвременните принципи при изграждане и практическото приложение на интегрирани CAD/CAM системи за автоматизирано технологично проектиране на операции за механична обработка на сложно профилни детайли по разработен предварително 3D модел.*

Ключови думи: интегрирани *CAD/CAM* системи, автоматизирано технологично проектиране.

1. Въведение

Технологичното проектиране по принцип се отличава с голям дял на субективно присъствие, породено от квалификацията на технолога програмист и състоянието на машинния парк с ЦПУ оборудване в конкретната фирма. Ето защо подход при автоматизацията и създаването на приложно програмно технологично осигуряване е диференциране на проблемите и задачите на такива, които изискват диалогова технологична намеса и такива, които могат да се алгоритмизират (респективно автоматизират) на дадено ниво. Разчита се винаги, че потребителят е технолог – програмист, който при диалог със системите ще приема правилни технологични решения, съобразявайки се с конкретните условия на вида на производство във фирмата, в която работи. Останалите решения, които се поддават на известна алгоритмизация, трябва да са с елемент на експертни системи, в които да е заложен опитът, знанията и достиженията до даден етап на развитие, в концентриран, лесно и удобно (програмно дружелюбно) приложим вид. [1]

Развитието на изчислителната приложна техника осигурява в настояще време добра материална база на основата на внедряване на персоналните компютри, снабдени с добро налично програмно обезпечение. Този тип оборудване се развива особено интензивно, не само като базово програмно обезпечение (операционни системи, хардуерни възможности, бързина, минитюаризация), но и като периферно допълнение (3D скенери и принтери, активни Space Mouse и Space Navigator). Дял имат и съвременните достижения на комуникацията – InterNET общуването и обмен на данни.

Целта на автоматизацията на технологичното проектиране е да се повиши качеството на самия процес, да се снижат разходите, да се съкратят сроковете за проектиране и от там сроковете за внедряване на изделието като цяло. На съвременния етап това се осъществява с различни по сложност, обхват и области на приложение системи за автоматизирано проектиране - CAD/CAM системи.

Технологичното проектиране включва в себе си:

- проектиране на технологичния маршрут за обработване на детайлите;
- проектиране на съдържанието на технологичните операции;
- разработване на управляващите програми за оборудване с ЦПУ.

Съществуват следните насоки за развитие на CAD/CAM системите:

- приложение на изкуствения интелект (AI – Artifical Intelligence), с цел подпомагане на потребителя при задачи от тип прогнозиране, разпознаване на обекта, управление и самообучаващи се системи, но за съжаление на този етап има частични успехи;

- разработване на елементи от експертни системи (ES – Expert System). Това са системи с експертни знания, реализирани като база технологични умения и рационални подходи, систематизиращи опита на специалисти в дадена потребителска насока;

- създаване на интегрирани CAD/CAM структури, обединявайки два функционално мощни софтуера в една програмна среда.

Прилаганите CAD/CAM системите имат типично модулна структура, ориентирана към потребителски функции, като работят в реално време в интерактивен (диалогов) режим. Задачите, които те решават, изискват оптимизационни подходи и решения, тъй като непрекъснато се търси ефект от намаляване на технологичната себестойност, увеличаване на производителността, обработване с оптимални режими на рязане, избор на подходящ режещ инструмент и др. [11]

Автоматизацията на инженерния труд и в частност използването на софтуерни разработки за автоматизирано конструктивно проектиране (CAD системи) и неговата връзка с технологичното проектиране (CAM системи) стават все по необходими и нужни за машиностроителното производство с използване на оборудване с ЦПУ.

2. Обобщена блок схема на информационния поток при една интегрирана CAD/CAM среда

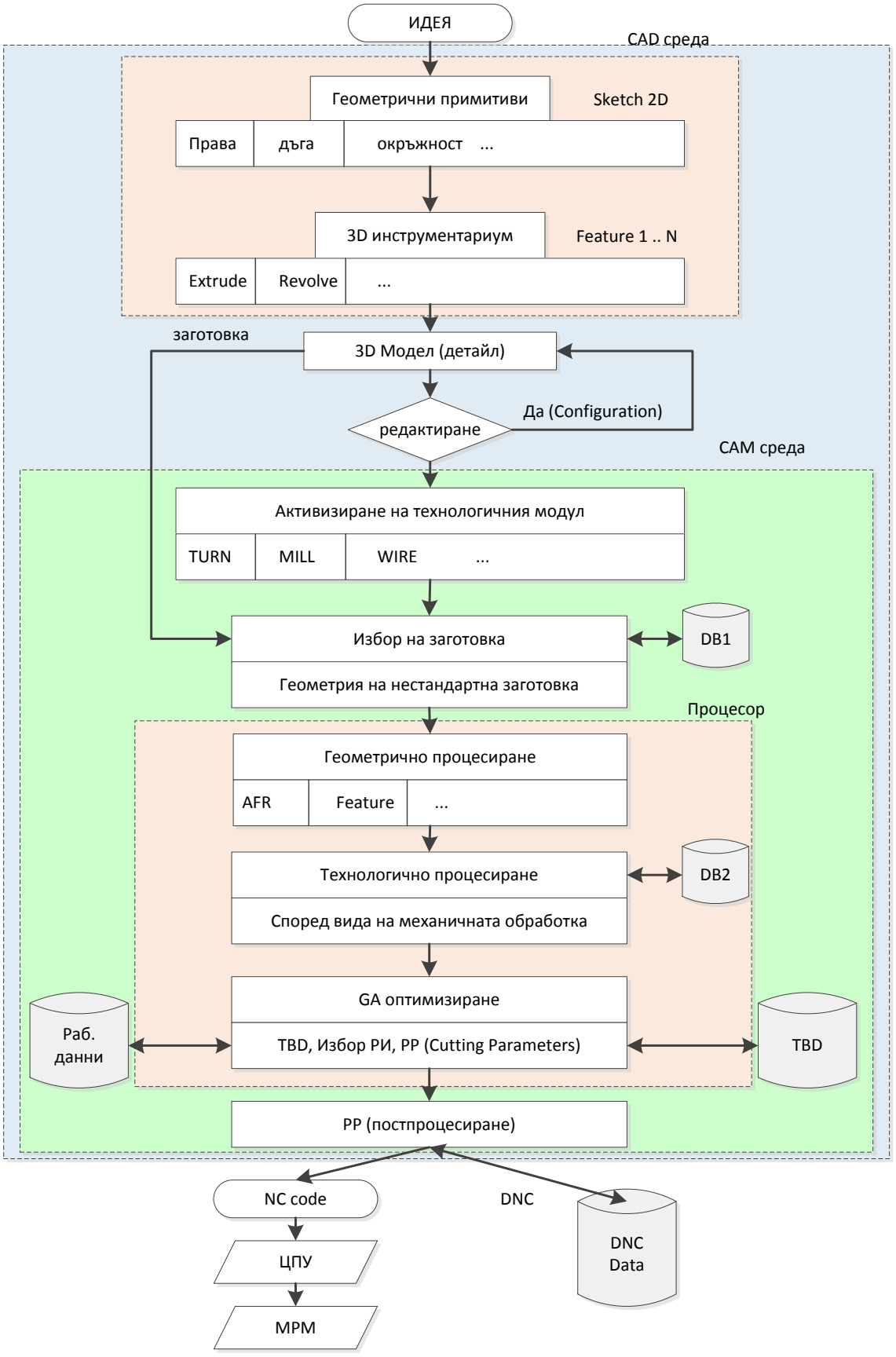
На фиг.1. е показана принципната структура на информационния поток при една интегрирана CAD/CAM среда.

Принципна особеност на интегрираната CAD/CAM платформа е работа на CAD и CAM софтуера в една черупкова среда, съвместно инсталирани и съвместими като Windows или друга операционна система приложения. Това налага повишени изисквания към хардуерната част на прилагания компютър (памет, дисково пространство, бързодействие, параметри на монитора и др.). В последно време много водещи фирми в света, предлагащи CAD и CAM софтуер акцентуват и на предлагането на интегрирани платформи, като по удачен избор на проектантско технологична работа за конструктори и технолози програмисти за оборудване с ЦПУ.

В CAD раздела се извършва създаване на 3D модела на детайла, подлежащ на механична обработка. Прилага се познатият подход – на база 2D геометрично дефинирана скица в избрана проекционна равнина, съставена чрез геометричните примитиви, поетапно се създава 3D модела с използването на 3D инструментариума от команди. Тук предимство е и възможността за работа в среда *Configuration* за моделиране също и на типово подобни 3D детайли на база на основно проектирания, както и създаване на използвани заготовки, които са нестандартно проектирани (щамповки, изковки, и др.).

Следва работата в CAM средата. С цел рационалното използване на програмния ресурс се избира активизирането на конкретния технологичен модул за механичната обработка на детайла (TURN – струговане, TURN/MILL – струго - фрезоване, MILL 2.5, 3D, 5D – фрезоване, WIRE 2D/4D – обработване чрез нишково електро ерозионно въздейсвие).

Основно програмно ядро се явява геометричното и технологично процесиране, т.е. обвързването на дефинираната геометрия на обработвания детайл на дадената операция с технологичната последователност на прилаганите преходи със съответните генерирани преходи според технологичната стратегия. Следва да се отбележи, че тук основен критерий е т.н. HSM (високо скоростно обработване, някъде е познато като iMachining), спестяващо технологично машинно време и програмен ресурс.



Фиг. 1 Обобщена блок схема на информационния поток при една интегрирана CAD/CAM среда

CAM средата работи с много релационни бази от данни, които позволяват адаптиране към конкретните потребителски условия на клиента (обработваеми материали и техните механични параметри; стратегии на движението на инструмента спрямо обработвания детайл – патентно защитени; използвани режещи инструменти – геометрия пластина и държач; прилагани или изчислено оптимизирани режими на рязане за конкретните производствени условия; комбинации на прилагани постпроцесорни структури на комбинацията вид ма металорежещата машина – със конкретна система за ЦПУ). За потребителите се предлагат много екстри – електронни информационни справочни технологични данни (Dbase N), възможност за генериране на постпроцесорни потребителски структури (PPGEN), създаване на макро програми (XBUILD), използване на симулатори от различен тип (фотореалистични, възможност за вътрешно конфигуриране на работната зона на програмираната металорежеща машинна компановка – въртящи маси, супортни структури, многошпинделна обработка и др.

Интегрираните CAD/CAM структури позволяват многовариантно конструкторско и технологично проектиране, извеждане на помощна документация и проверка (симулация) на генерирания NC код отново като траектория на движение на избрания режещ инструмент спрямо обработваните повърхнини с цел избягване на колизии и груби грешки преди предаване на информацията към машината с ЦПУ. Работата в рамките на една програмна черупкова среда е съществено предимство за потребителя.

3. Примери на интегрирани CAD/CAM среди и тяхното приложение

Съществува следната взаимна връзка между отделните направления на т.н. 3D CAD/CAM Technology:

CAPP # CAD # CAM # CAE # RE # RP

където: CA – компютърно подпомогнато -
CAPP– Computer Aided Planning Production (планиране на производството);
CAD – Computer Aided Design; (конструиране)
CAM – Computer Aided Manufacturing (технологична подготовка);
CAE – Computer Aided Engineering (комплексни инженерни действия);
RE – Reverse Engineering (обратно инженерство – ре производство);
RP – Rapid Prototyping (бързо прототипиране).

CAD/CAM раздела е основен в тази последователност, ето защо акцента е наличен за предлагане от фирмите производители и дистрибутори на разнообразни комбинации от софтуер за различни практически приложения (общо и точно машиностроене и приборостроене, шивашка индустрия, обувно производство, медицина, стоматология, стоки за бита, спортни стоки и др.).

Ето някои конкретни реализации на интегрирани CAD/CAM решения:

- MasterCAM for SolidWorks; [2]
- SolidCAM + SolidWorks; [3]
- DelCAM for SolidWorks (DfS); [4]
- CAMWorks for SolidWorks (for Solid Edge); [5]
- InventorCAM+Autodesk Inventor; [6]
- CAD/CAM CADEM; [7]
- BobCAD/CAM (BobCAM Software for SolidWorks); [8]
- EdgeCAM + EdgeCAM Part Modeler (Solid Edge); [9]
- VISI CAD/CAM (VISI Modeling + VISI Mashining). [10]

4. Изводи:

Видно е, че голяма част от интегрираните CAD/CAM системи предпочитат CAD софтуера SolidWorks като желан сертифициран „златен“ продукт и не случайно, това е CAD разработка с опростена логика и мощен геометричен и 3D функционален моделиер с богат инструментариум за редактиране.

Разбира се, че се предлагат и други CAD интеграции, като Solid Edge, Autodesk Inventor, но и разработчиците имат и собствено предлагани моделиери, което в известен смисъл затруднява тяхното бързо усвояване от потребителя.

Литература:

1. McMahon C., Browne J. (1993), CADCAM – from principles to practice, Addison-Wesley Pub. Ltd, 508 p.
2. Официална страница на MasterCAM (https://www.mastercam.com/en-us/Solutions/Integrated-CAD-Solutions/Mastercam-for-SolidWorks)
3. Официална страница на SolidCAM (http://www.solidcam.com/)
4. Информация за интегрираната среда DelCAM for SolidWorks (http://www.technologica.com/docs/ditra/dfs)
5. Официална страница на CamWorks (https://camworks.com/)
6. CAM софтуер на фирма Autodesk (https://www.autodesk.com/solutions/manufacturing/cam)
7. Официална страница на Cadem (https://www.cadem.com/)
8. Официална страница на BobCAD/CAM (http://bobcad.com/products/)
9. Официална страница на EdgeCAM (http://www.edgecam.com/)
10. Официална страница на VISI – CAD/CAM (http://www.visicadcam.com/products)
11. Каравасилев О., Василев Кр., Атанасов И. (2009), FeatureCAM – учебно помагало, част 1, ТехноЛогика ЕООД, София, 332 с.

CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT AND PRACTICAL APPLICATION OF INTEGRATED CAD/CAM ENVIRONMENTS

I. Atanasov, D. Atanasova

Abstract: *This article discusses modern principles in construction and practical application of integrated CAD / CAM systems for automated technological design of mechanical processing of complex profile details on a pre-designed 3D model.*

Данни за авторите:

Иво Йорданов Атанасов, доцент, д-р, инж., катедра ТММРМ при МТФ, Русенски университет „А. Кънчев“, Р. България, Русе, ул. „Студентска” № 8, тел.: 082 888 469, e-mail: iatanasov@uni-ruse.bg

Десислава Стоянова Атанасова, доцент, д-р, инж., катедра ИИТ при ФПНО, Русенски университет „А. Кънчев“, Р. България, Русе, ул. “Студентска” № 8, тел.: 082 888 754, e-mail: datanasova@uni-ruse.bg

МОДЕЛИРАНЕ ЧРЕЗ ГРАФ НА НАДЕЖДНОСТНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА СИСТЕМАТА ЗА ЦИФРОВО-ПРОГРАМНО УПРАВЛЕНИЕ НА СЛОЖЕН ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТ

В. Бояджиев

Резюме: *В доклада са разгледани особеностите при прилагането на моделиране чрез граф за изследване на експлоатационната надеждност на сложни технически обекти на примера на системата за цифрово-програмно управление (ЦПУ) на металорежеща машина с ЦПУ. Съставена е класификация на факторите и процесите, изменящи нивото на експлоатационната надеждност и работна ефективност на техническите обекти. Изследвани са възникващите в условията на реална експлоатация откази и са определени тегловните им коефициенти.*

Ключови думи: теория на графите, експлоатационна надеждност, цифрово-програмно управление (ЦПУ), моделиране.

1. Увод

Изграждането на цялостен модел за изследване на експлоатационната надеждност на сложен технически обект или обособобена негова част или система е свързано с немалки обективни трудности. На първо място измежду тях е значителното разнообразие на физиката на възникващите откази. Налице са и други трудности, например класификацията на регистрираните откази поради разнообразния им характер и най-вероятна причина, събирането на достатъчна по обем статистическа информация за отказите и др. Поради тези причини при моделирането на надеждностното поведение на сложните технически обекти не се преследва целта за синтезиране на цялостен надеждностен модел, а в зависимост от конкретните набелязани цели при всяко отделно изследване се съставят частични модели, позволяващи в задоволителна степен постигането на целите на конкретното изследване. Например, изграждат се надеждностни модели на отделни подсистеми [2, 3, 4, 5] или модели на надеждностното поведение на отделни подсистеми с моделиране само на някои от надеждностните показатели на обектите [1].

В настоящето изследване се прави опит за разработване на подход за моделиране на експлоатационната надеждност на сложен технически обект, по-конкретно – на системата му за цифрово-програмно управление с оглед изграждането на модел, обхващащ разнообразието на възникващите откази.

2. Основни методически моменти

В настоящето изследване са включени цифрово-програмните управления (ЦПУ) на три стругови металорежещи машини родно производство, малък типоразмер.

Общото време за събиране на информация за възникващите откази в трите машини е от порядъка на 1400 работни часа.

Да опишем графа G(V, E),

където:

V – непразното крайно множество върхове на графа,

E – непразното крайно множество ребра на графа.

Нека за разглежданата конкретна стругова металорежеща машина върховете са комплектуващите системи, изграждащи системата:

$$V\ э \left\{ \begin{array}{c} 1)\ \text{цифрово – програмно управление (ЦПУ)}, \\ 2)\ \text{припасваща част (ПЧ)}, \\ 3)\ \text{главно задвижване (ГЗ)}, \\ 4)\ \text{подавателно задвижване по ос X (ПЗ X)}, \\ 5)\ \text{подавателно задвижване по ос } Z\ (\text{ПЗ } Z), \\ 6)\ \text{главен превод (ГП)}, \\ 7)\ \text{подавателен превод по ос X (ПП X)}, \\ 8)\ \text{подавателен превод по ос } Z\ (\text{ПП } Z), \\ 9)\ \text{хидропневматична система (ХПС)}, \\ 10)\ \text{система за импулсно дозаторно мазане (ИДМ)}, \\ 11)\ \text{система за автоматична смяна на инструмента (АСИ)}, \\ 12)\ \text{електрически вериги (ЕВ)}, \\ 13)\ \text{система за смазочно – охладителна течност (СОТ)}, \\ 14)\ \text{система за затягане на детайла (ЗД)} \end{array} \right\}$$

Нека ребрата са факторите и процесите, влияещи върху надеждността на конкретния сложен технически обект:

$$E\ э \left\{ \begin{array}{c} U - \text{изменение на параметрите на ел. ток}, \\ t°C - \text{въздействие на температурата}, \\ D - \text{въздействие на прах}, \\ V - \text{въздействие на вибрации}, \\ S - \text{въздействие на механични натоварвания}, \\ CH - \text{химични въздействия}, \\ EM - \text{електромагнитни въздействия}, \\ C - \text{корозионни процеси}, \\ W - \text{процеси на износване}, \\ A - \text{процеси на стареене}, \\ M - \text{въздействие на влага}, \\ Ma - \text{въздействие на човека}, \\ p - \text{повишаване или пад на налягането}, \\ BE - \text{влияние на нискокачествена елементна база} \end{array} \right\}$$

По време на изследването е събрана статистическа информация за възникващите в системата ЦПУ откази и всеки от тях е отнесен като следствие към някой от горепосочените фактори и процеси. За събиране на необходимата информация за отказите е приложен методът на наблюдаваната експлоатация – информацията се попълва в предварително подготвени форми от упълномощен и инструктиран персонал, като машините работят в реални експлоатационни условия.

Целесъобразно е факторите и процесите, влияещи върху надеждността на системата за ЦПУ да бъдат обособени в три групи:

1) въздействащи процеси върху надеждността на системата за ЦПУ, обусловени от външни фактори, включително човека:
   - U-изменение на параметрите на ел.ток,
   - t°C – въздействие на температурата,
   - M-въздействие на влага,
   - EM-електромагнитни въздействия,
   - CH-химични въздействия,
   - Ma-въздействие на човека,
   - D-въздействие на прах;

2) въздействащи на надеждността на системата за ЦПУ фактори и процеси, обусловени от взаимното влияние на комплектуващите системи (КС):

от КС → към КС	ЦПУ→ГЗ	ЦПУ→ПЗ X	ЦПУ→ПЗ Z
фактор	U	U	U

ЦПУ→ГП	ЦПУ→ПП X	ЦПУ→ПП Z	ЦПУ→АСИ	ЦПУ→ЗД
U	U	U	U	U

ЕВ→ ЦПУ
U

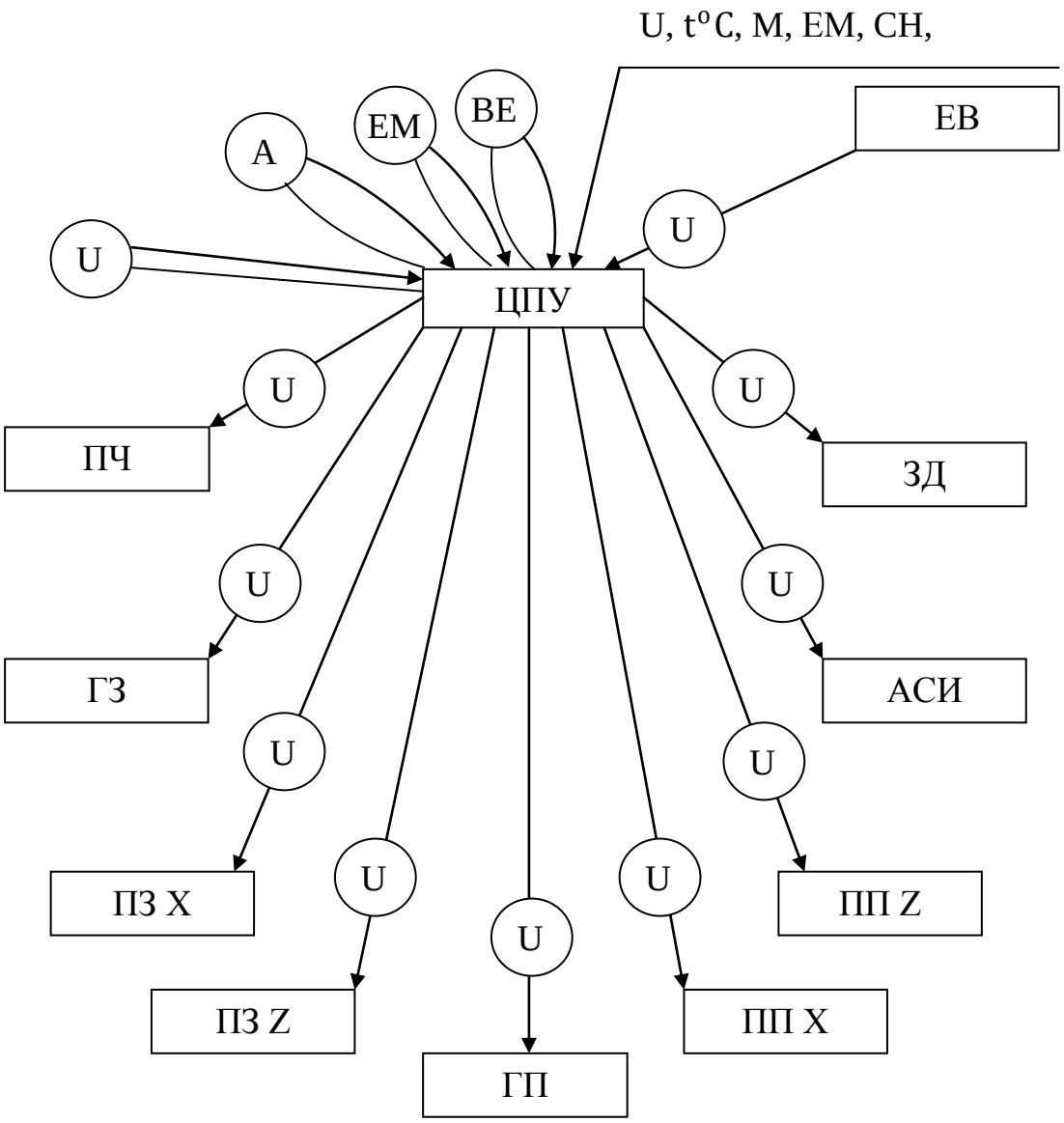
3) въздействащи на надеждността на системата за ЦПУ процеси, обусловени от вътрешни за системата фактори
- U-изменение на параметрите на ел.ток,
- А-процеси на стареене,
- ЕМ-електромагнитни въздействия,
- ВЕ-влияние на нискокачествена елементна база.

3. Изграждане на модела

Въз основа на тази информация да издигнем хипотеза – как ще изглежда ориентирания граф $G_{ЦПУ}(V_{ЦПУ}, E_{ЦПУ})$ – фигура 1, където:

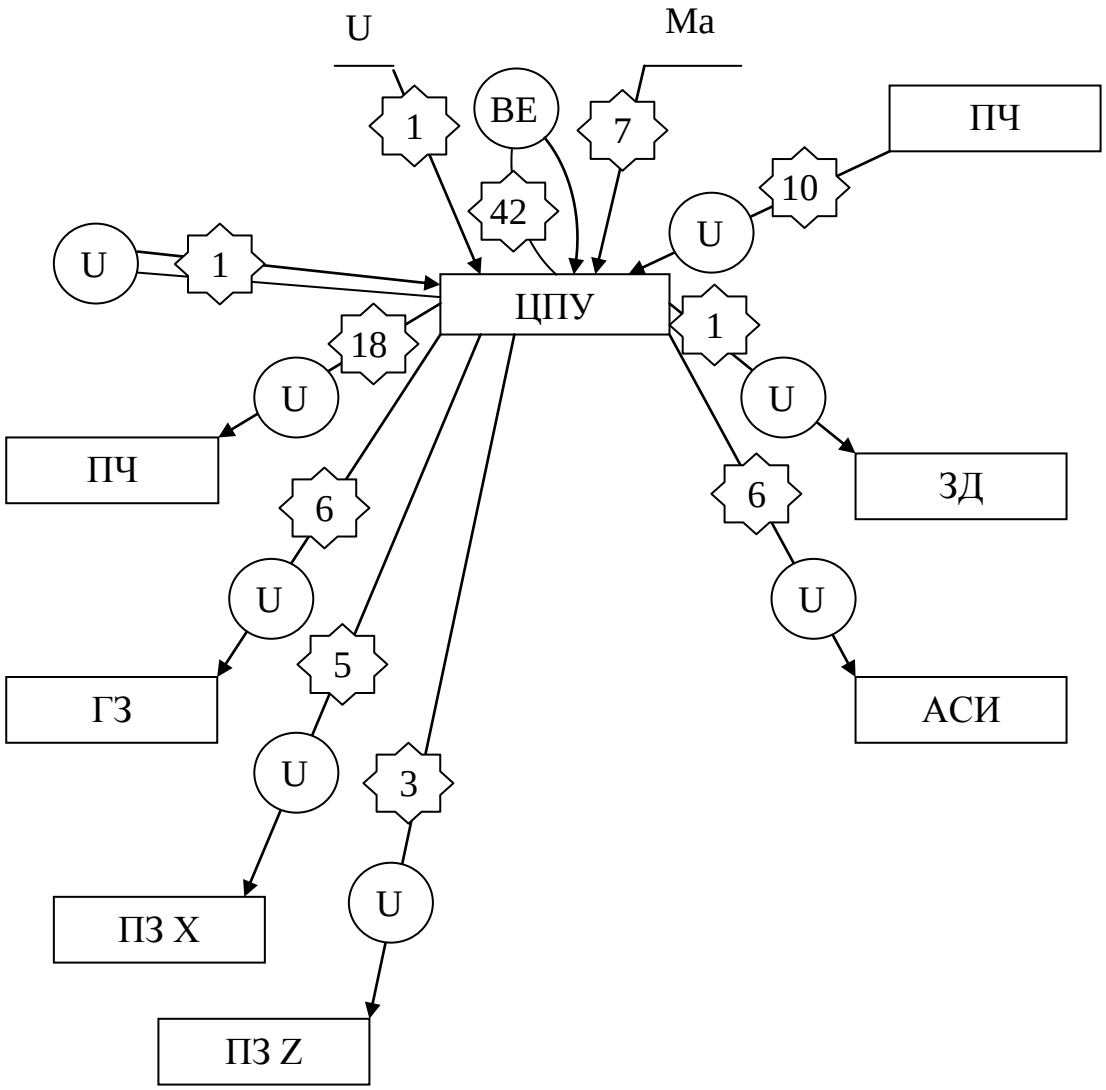
$V_{ЦПУ}$ – непразното крайно множество върхове на графа, които са съответните комплектуващи системи, разделени по горните три критерия и взаимодействащи си със системата за ЦПУ в надеждностно отношение;

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



Фиг.1. Ориентираният граф $G_{ЦПУ}(V_{ЦПУ}, E_{ЦПУ})$, описващ въздействието върху системата ЦПУ на факторите и процесите, влияещи върху надеждността ѝ

Въз основа на натрупаната статистическа информация за възникващите по време на реална експлоатация откази се получават тегловните коефициенти, показани на фигура 2. Посочените тегловни коефициенти изразяват относителният дял в проценти (закръглени) на броят откази за всяко ребро на графа $G_{ЦПУ}(V_{ЦПУ}, E_{ЦПУ})$.



Фиг.2. Ориентираният граф $G_{ЦПУ}(V_{ЦПУ}, E_{ЦПУ})$ с отразени тегловни коефициенти

4. Заключение

1) Синтезираният модел дава възможност за изследване на факторите и процесите, влияещи върху надеждността на обекта в тяхната цялост. Това дава възможност за оценка на „приноса” на всеки от тези фактори, търсене на критични измежду тях и набелязване на коригиращи мероприятия.

2) Така изградения модел на надеждностното поведение на изследвания технически обект дава възможност за изучаване на възникващите откази по схемата „причина – следствие”, като по този начин се дава възможност за установяване на взаимовръзката между възникващите в системата откази.

3) Тегловните коефициенти могат да отразяват числените стойности на различни показатели за експлоатационна надеждност и работна ефективност – така моделът може да бъде прилаган за изследване на широк спектър от проблеми, свързани с надеждността на обекта.

4) Изложеното моделиране чрез граф може да бъде използвано за изследване на конкретен фактор и процес, изменящ нивото на надеждност на изследвания технически

обект. На тази база може да бъде изследвано състоянието на технологиите, насочени към преодоляване на този фактор.

5) Разработеният подход за моделиране може да бъде приложен на различно ниво от йерархичната структура на сложните техничекти обетки – система, комплектуваща система, елемент или други в зависимост от целите на конкретното изследване.

Литература:

1. Huai Su, Jinjun Zhang, Enrico Zio, Nan Yang, Xueyi Li, Zongjie Zhang; An integrated systemic method for supply reliability assessment of natural gas pipeline networks; Applied Energy; Volume 209, 1 January 2018, Pages 489-501; 2018 Elsevier Ltd.
2. Ikenna AnthonyOkaro, LongbinTao; Reliability analysis and optimisation of subsea compression system facing operational covariate stresses; Reliability Engineering & System Safety; Volume 156, December 2016, Pages 159-174; Elsevier Ltd.
3. Ivan Postnikov, Valery Stennikov, Ekaterina Mednikova, Andrey Penkovskii; Methodology for optimization of component reliability of heat supply systems; Applied Energy; 24 November 2017; Elsevier Ltd.
4. Tzu-Liang Kung, Chun-Nan Hung; Estimating the subsystem reliability of bubblesort networks; Theoretical Computer Science; Volume 670, 29 March 2017, Pages 45-55; Elsevier Ltd.
5. Tzu-Liang Kung, Yuan-Hsiang Teng, Cheng-Kuan Lin, Ying-Lin Hsu; Combinatorial analysis of the subsystem reliability of the split-star network; Information Sciences; Volumes 415–416, November 2017, Pages 28-40; Elsevier Ltd.

MODELING THROUGH THE GRAPH OF THE RELIABILITY BEHAVIOR OF THE SYSTEM FOR DIGITAL PROGRAMMING MANAGEMENT OF A COMPLEX TECHNICAL OBJECT

V. Boyadzhiev

Abstract: *The report examines the peculiarities of the application of modeling by graph for the investigation of the operational reliability of complex technical objects of the example of the CNC system of a CNC machine tool. A classification of the factors and processes that alter the level of operational reliability and operational efficiency of the technical objects is compiled. The failures occurring under the conditions of actual operation and the weighting coefficients are determined.*

Данни за автора:

Владимир Илиев Бояджиев, главен асистент доктор инж., катедра „Механика” при факултет „Техника и строителни технологии в транспорта”, Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”, Р. България, 1574 София, ул.”Гео Милев”, №158; тел.: 0889756075, e-mail: v.boyadjiev@abv.bg

AN EVALUATION OF TECHNICAL DRAWINGS TRAINING NEEDS FOR DEVELOPING NEW TRAINING METHODS

A. Kuş, R. Arslan, E. Unver, O. Huerta, L.Dimitrov, P. Tomov, Y. Tekin

Abstract: *In this research, the results of an international needs analysis study conducted to determine the requirements of teaching principle concepts used in manufacturing and assembly drawings are evaluated. Particularly, in order to form an infrastructure for new teaching methods supported by VR / AR applications. Initially, the stakeholders were identified, parameters and methods were determined. An online survey with 320 participants was carried out by a team of researchers in Turkey, Bulgaria and UK. The survey addresses three different categories. The first category covers Perception of Technical Drawing Education, second category assesses Technical Drawing Knowledge and Ability, finally third category covers Expectations about Technical Drawing Education.*

An important result of the study is that there is a significant deficit in all stakeholder groups that may not be possible to address by the traditional teaching methods of Technical Drawing Education.

Keywords: Technical drawings, engineering drawings, technical training, need analyses.

1. Introduction

Technical Drawing (TD) describes the final state of a product's material, size, shape, tolerance and other dimensions, describing how the product will be manufactured, and so on. It can be described as the technical alphabet of the design in terms of providing easy, accurate way of communication between the designers and engineers. Concerns by higher education institutions McLaren (2008) and industry about the demise in standards of technical drawings produced by students, and workplace recruits due to a lack of understanding of basic geometric construction and the conventions of drafting skills that underpin this practices have challenged the traditional teaching strategies used during the last years. Meyers (2000) states that technıcal drawings have evolved significantly as a result of the introduction and broadening of 3D tools as a key teaching component in the design process. Azevado (2009) identifies the need to develop instruments to make qualifications comparable and help skills be better recognised, studying the European Qualification Framework (EQF) and the Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET).

Torres et al., (2015) categorised the theories of drawing as disturbing, passionate, philosophical and technical in which some utilise on the methods, others are based on systematic, pedagogical and psychological experiences. Instructors can choose among the wide range of methods that have been proposed to match the particularities of their subjects. However, less attention has been paid to the opinion of the students on the effectiveness of each methodology, although it is a key element in identifying which methods are more effective to achieve the goal of deep learning (Vidal et al., 2017). Deficiencies of technical reading skills are often covered through theory-based educational programs at Vocational or Engineering Schools. However, for technical drawing lessons, theory should be integrated with practical experience as TD has proven especially important in the production phase, and as the nature of skills required are strongly dependant on the manufacturing requirements.

In this context, educational institutions in collaboration with manufacturing partners should develop joint educational programs for innovative new teaching methods; not only relying on a lecturer’s ability to engage student participation, but on different strategies aimed at fostering deep learning through the active involvement of the students to use correct TD practices. Field (2004) proposes that the basic TD foundations cannot be replaced, and that its teaching should include the development of the necessary level of spatial reasoning. This is supported by the work of Leopold, Gorska and Sorby (2001) that suggest that the physical nature of the drafting experience develops a deeper understanding of the meaning of lines and symbols on a page and helps to develop the ability to make mental conversions into 3D realities.

The integration of new technologies and strategies such as VR/AR applications into the 3D Design phase of product development is becoming widespread to meet demands for faster and efficient new product development together with social encouragement. Kaufmann and Dünser (2007) investigated the use of an educational augmented reality application. They summarise three evaluations of an educational AR application for geometry. Repeated formative evaluations with more than 100 students guided the redesign of the application and its user interface throughout the years. The research discusses the usability, issues with VR sickness by providing guidelines on designing augmented reality applications with head-mounted displays. Arslan and Uzaslan (2017) stated that some firms have applied different in-house TD training models to keep up with new technological innovations in their specific fields. They investigated how a target-oriented in-house TD training programme should be developed and evaluated for effectiveness. The aim of their study was to develop, implement and evaluate a competency-based and target-oriented TD training programme with the cooperation of both the academic and the automotive industrial sectors. An important result of this study, according to performance analyses, 26% of the participants had improved their performance relative to an untrained cohort when a target orientated TD training programme was implemented.

In this study, the results of an international needs analysis of TD training requirements conducted to determine the subject areas lacking in teaching the concepts of basic and advanced standards and principles used in manufacturing and installation of TD drawings are evaluated. The team includes multidisciplinary international researchers from academic and commercial engineers, designers, software developers. As stated by Kleinsmann and Dong (2007), interdisciplinary research is key for successfully delivering innovative solutions where efficient communications between the team members bring a shared understanding about the content. Therefore, communication and interaction among interdisciplinary members during new teaching strategy development content can be enhanced by having a common understanding in the use of representations as stated by Pei et al., (2011).

2. Materials and Methods

A rigorous stake holder analysis from internal and external partners has been carried out in order to develop an understanding of the needs and opportunities for influencing within the given context. Stakeholder analysis of the internal and external partners of the subject has been carried out in terms of the needs analysis. Stakeholder analysis is the process of the assessing a decision's impact on relevant parties where the information is used to assess how the interests of those stakeholders should be addressed in a project plan, policy, program in this case development of the AR/VR contents. The analysis helped identify issues of TD teaching and learning in educational environments.

2.1. Stakeholder analysis

Stakeholder analysis has been carried out to determine requirements of the content and strategies to be developed within the scope of the study for all parties involved with TD. The following questions were used to determine the stakeholder’s requirements:

- Who are the operators and directors of TD?

- Who gets benefits from the TD education offered by the institutions?
- Who are affected by the TD education provided by the institutions and who influence their activities?

Tabl.1. Stakeholders and distribution by priority

Stakeholders	Status	Reason	Priority
Students	Customer	Main TD user	1.
Instructors	I.S.	TD provider and developer	2.
Universities	E.S.	TD provider and developer	3.
Vocational Colleges	E.S.	TD provider	4.
Related sector representatives	E.S.	Strategic partner	5.
Workers	E.S.	TD user	6.
Public representatives	E.S.	Main partner	7.
NGO	E.S.	TD user and strategic partner	8.

I.S.: Interior Stakeholder
E.S.: External Stakeholder

Stakeholders were determined by literature review, interviews with industry and NGO (Non-Government Organisation) representatives, and a mini-workshop jointly organised by the third-stage program development committee with lecturers, teachers, and trainers in the sector. Stakeholders identified for this study (shown in Table 1) were categorised according to their functions and priorities. The most important group among the stakeholders is undoubtedly the main service group, i.e. students. Subsequently, the second largest group of stakeholders consisted of a group of TD instructors, which is compatible with the literature (Ashford 2017; Crawley et al 2007; Besterfield et al 2014).

2.2. Needs analysis

A needs analysis is a process to be followed to demonstrate the difference between the current and the desired situation for the training program and material development. A needs analysis of TD education consists of four stages: preparation, information collecting, analysis and reporting. “The Difference Approach” was used in the analysis of the information. This reveals the difference between observed and expected success levels. For this approach need is the difference between the expected skill level and the current skills. This difference shows the characteristics of the program that must be earned by TD user.

2.3. Statistical Analysis

For needs analysis, information are collected, analysed and evaluated for material and content development subjects. In the needs analysis there are 25 five-point Likert-type scale and 5 open ended questions. With the first 5 of these questions, questionnaires were formed to measure participants' TD perception, next 20 to measure knowledge and skill levels and the last 5 questions to measure the expectations of TD education. Questionnaire which does not contain judgments in its content, is directed to all parties determined by the stakeholder analysis through the Google survey application. These question groups make different evaluations during the analysis, and are primarily concerned with the level of education and knowledge skills, competences of education levels, differences between institutions and countries.

Within the scope of the study, a survey was conducted with 320 people in different education and sectoral positions in three different countries. In this survey, 252 from Turkey, 58 from Bulgaria and 10 from the UK people participated. The sectoral distribution of respondents is given in Figure 1.

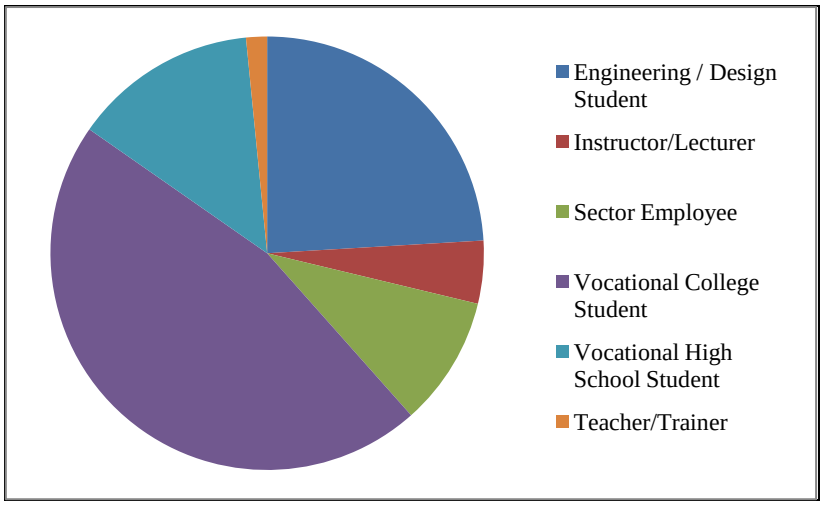


Fig.1. Distribution of groups participating in the survey

Figure 1 shows that vocational student constitutes an important weight in the distribution of the surveyed groups, the second is the engineering students and the third is the vocational high school students. The graph can be interpreted as a meaningful distribution in terms of the representation of the situation in the sector of the individuals who are trained in Technical Drawings.

The evaluation of the survey results was carried out in the form of analyses of three different sub-question groups and open-ended questions. Figure 2 gives a graph of the average of the questions asked by the five Likert scale.

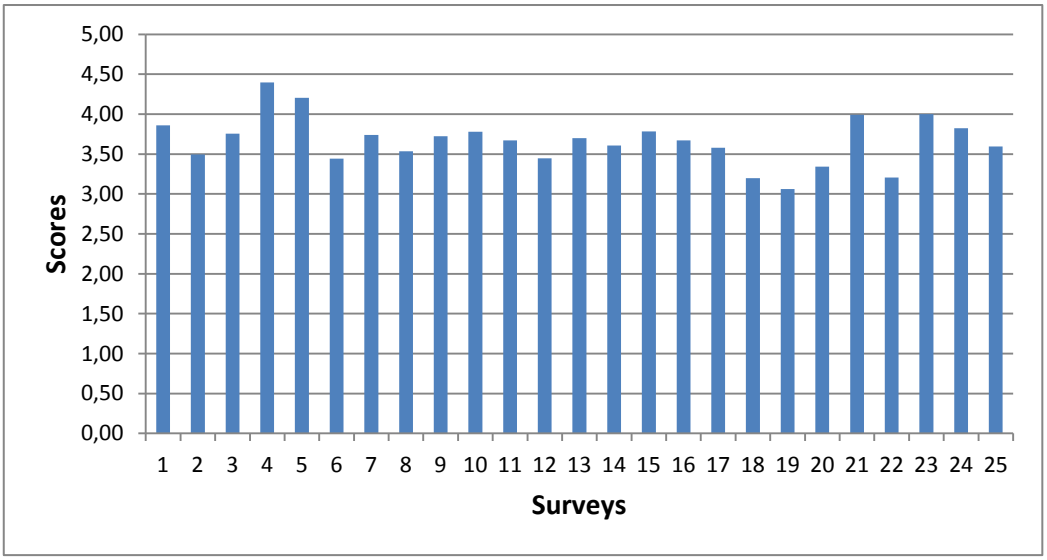


Fig.2. General average by question

From the first 5 given questions and through assessing the measurement of the Technical Drawings perception of the persons evaluated (Figure 2) the following comments can be drafted:

1. 76% of the answers given to the judiciary in the question "*You have efficient the Technical Drawing knowledge and skills required by your profession*" find themselves able enough with Technical Drawing.
2. 70% of the answers given to the question "*you are using a common language in*

technical drawing and awareness of standards such as BS, ASME, ISO, DIN" find themselves confident.

3. 73% of the answers given to the question “You *have practical skills to support your theoretical technique knowledge*." Find themselves having good skills.
4. 88% of answers given to the question "*You think the technical drawing reading skills is vital for a technical staff*" think this is vital (12% do not attend this question)
5. Answers to the question “You *think that technical drawing reading mistakes cause discarded or low quality product*" show that 84% of participants are sufficiently informed about awareness of discarded product and its importance (16% do not participate in this question).

Figure 3 shows the answers to the following 20 questions which are the reference source, the technical information and skills of the technical persons surveyed. Here the main subject headings correspond to technical issues that are missing.

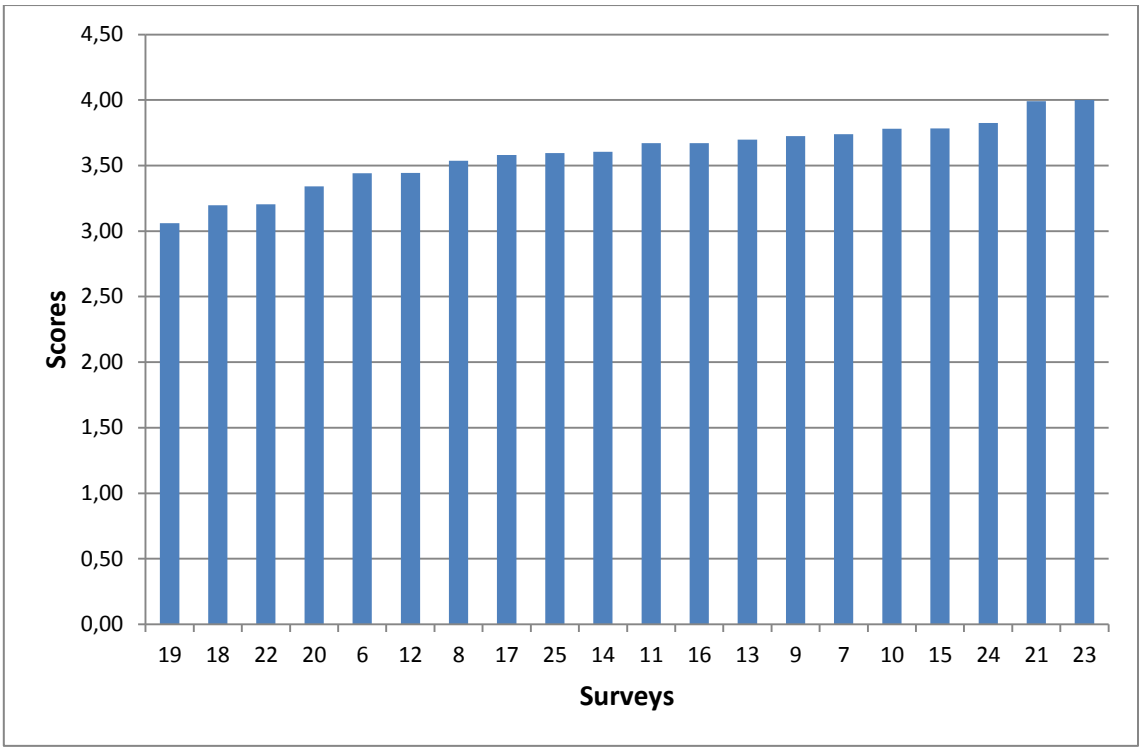


Fig.3. Sequential ordering of questions measuring technical drawings skill

When the results of needs analysis were examined, grouping similar subjects from the resulting table was possible. Geometric measurement and tolerance (GMDT), one of the most difficult subjects, emerged as the most improvement needed. Answers to this question group were given very close results to each other. Therefore, the ranking made up to 40% of this analysis from the first question felt needing 20% to the last question felt like Table 3, except for minor variations. There is an example of small differentiation, one of which is the answer in the third row, "*You think that technical drawing training is enough to read the drawing used in the sector*", not a GMDT but a judgment belonging to the Technical Drawings. This is not interpreted as a differentiation that will affect the analysis because it must be considered independently of the technical content. When the general judgments are also excluded from the answers given as a result, the content stream in Table 2 can be sorted according to the need. Table 3 shows the main topic headings emerging in the analysis result.

Tabl.2. Sequential technical topics according to need after needs analysis

1	19. You know the difference between circular runout and total runout.
2	18. You know the details of true position tolerance and maximum material application.
3	20. You know the Surface roughness concept, signs and Ra, Rz, Rmax. standards of the symbols.
4	12. You know the critical details of the absolute and auxiliary measure.
5	8. You know the projection methods and you can read these methods from the symbols on the title blocks.
6	17. Recognize geometric dimensioning and tolerancing symbols and know the meanings on the drawing.
7	14. You can read the corner chamfer tolerances.
8	11. You can read dimension tolerances in manufacturing drawings
9	16. You know the difference and importance of geometric dimensioning and tolerancing in manufacturing.
10	13. You can read the symbols for shaft and hole tolerances and find the fitting tolerances on the tables.
11	9. You know the types of sectioning and you can distinguish between full and stepped sectioning.
12	7. You know the details on the drawing title block and read the general tolerances on the title block
13	10. You know perspective methods and visualize perspective drawings in your head..
14	15. You can easily distinguish manufacturing and assembly drawings.

Tabl.3. Subject headings for material development

1	Geometric Dimensioning and Tolerancing
2	Surface roughness
3	Measurement
4	Projection methods
5	Corner chamfer tolerances
6	Dimension tolerances
7	Shaft and hole tolerances
8	Sectioning
9	Perspective
10	Manufacturing and assembly drawings

In addition to the general evaluations, the Figure 4 shows similar results in terms of both question-based and general education in Turkey and other countries. This demonstrates that the title of the perceived need to be the same in UK, Turkey and Bulgaria which is an important finding in scientific terms.

The last 5 open-ended questions given in Table 4 that were questioned about technical drawing education were examined in detail by distribution and grouping of given answers. Answers to the questions “How *many hours a week training you had during your education?*". "*Have you had further training during your employment, if you do duration and subject?”* showed that 56% of respondents answered 4 hours and 35% of respondents answered 2-3 hours in response to the first question.

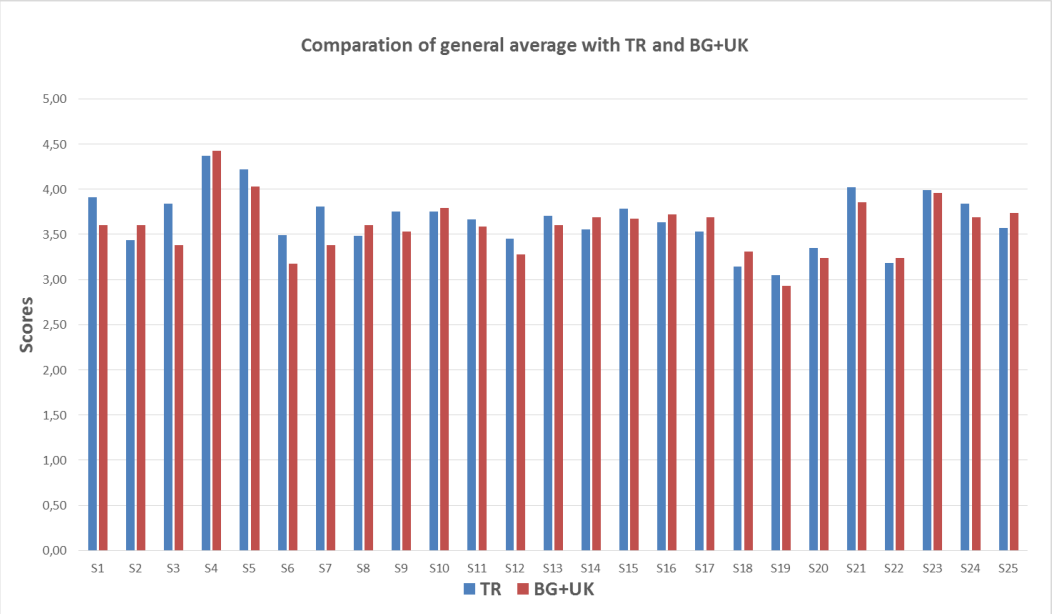


Fig.4. Comparison of Turkey and scores by other countries

For the latter question 80% of the participants stated that they did not receive further training, opposed to 1% stated that they received training on standards, tolerances and CAD. A further question asked *“Have you used VR or AR for game or training, if yes; do you think mobile phone, mobile devices will play an important role in education people?"*55% answered no, and 31% answered yes. The majority of correspondents who answered yes believe that AR/VR will be useful for training and education of TD. In response to the question “*When you need further information on technical drawing, what do you do first? e.g. search on google, check book, teacher or lecturer*", 48% answered with Google, 30% teachers, 16% books and other internet resources (YouTube etc.). The preferred method of finding information is to use common search engines, where the information gathered may or may not be reliable. Lastly, the question "*What is the last book or standard (training you had) you read about technical drawings?*” showed that 37% did not read, 21% used textbooks and 19% used standards.

Tabl.4. Answers to open-ended questions

No	Question		%
26	How many hours a week training you had during your education	4 hours	0,56
		2 -3 hours	0,35
27	Have you had further training during your employment, if you do duration and subject?	Nothing	0,80
		Tolerances/CAD	0,09
28	Have you used VR or AR for game or training, if yes; do you think mobile phone, mobile devices will play an important role in education people	No	0,55
		Yes	0,31
29	When you need further information on technical drawing, what do you do first? e.g. search on google, check book, teacher or lecturer	Google	0,48
		Books	0,16
		Teacher	0,30
		Internet	0,01
30	What is the last book or standard (training you had) you read about technical drawings?	Nothing read	0,37
		Course book	0,21
		Standards	0,19
		Autocad	0,09

As a result of these analyses, the topics grouped according to priority order. The subjects and grouped modules are listed in order of priority according to the need analysis results as shown below:

1. Geometric measurement and dimensional tolerances
2. Surface Treatment Markings/Surface Roughness
3. Dimensional Tolerances, Edge Tolerances, Shaft and Hole Tolerances
4. Sectioning and Projections and Perspective
5. Dimensioning and Tolerances
6. Working and assembly drawings

3. Conclusion

This study resulted in different analyses which constitutes an important database in terms of the number of participants, the participant diversity and also the origin country with many sub-analyses not given in the above findings. The variation of differentiation on schools and professions has generated important data for use in the content and material development phases. Research showed that there is an important deficit in all stakeholder groups and countries that cannot be covered by known methods, which could be assisted in the field of Technical Drawing Education. The outcome of this research is currently being used for development of VR/AR content of the technical drawing training programme that is compatible with the priority topics in the above analysis. It is envisaged that the use of VR / AR technologies, which will gain skills for visual memory during this advanced study, will make a significant contribution to the learning performance of the people.

Acknowledgements:

This study is supported by “Virtual and Augmented Reality (V&AR) in Design for Manufacture” Project under EU Erasmus+ strategic partnership Project Funds.

References:

1. Arslan R, Uzaslan N T. “Impact of competency-based and target-oriented training on employee performance”. Industry and Higher Education, 35(5), 289-292,2017
2. Ashford, N. A. (2004). Major challenges to engineering education for sustainable development: what has to change to make it creative, effective, and accept able to the established disciplines?. International Journal of Sustainability in HigherEducation, 5(3), 239-250.
3. Azevedo, S., 2009, January. High Level Qualifications Frameworks and the EUR-ACE Frameworks Standards–do they fit together?. In Workshop on Overarching and Sectoral Frameworks, ENAEE, European Network for Accreditation of Engineering Education. (ADD REFERENCE)
4. B. Vidal, P. Sanchis, J. García-Rupérez, L. Fenollosa, F.J. Ribal, M. Bes-Piá, E. Blasco, P. Noguera, L.A. Tortajada, M.J. Muñoz-Portero (2017) “Student views on teaching innovations: a preliminary study”,INTED2017 Proceedings
5. Besterfield-Sacre, M.,Cox, M. F., Borrego, M., Beddoes, K., &Zhu, J. (2014). Changing engineering education: Views of US faculty, chairs, and deans. Journal of Engineering Education, 103(2), 193-219.
6. Vidal, B. Sanchis, P. Garcia-Ruperez, J. et al. (2017). Student views on teaching innovations: a preliminary study. 11th International Conference on Technology, Education and Development (INTED) Location: Valencia, Spain. March 06-08, 2017. Edited by: Chova, LG; Martinez, AL; Torres, IC.
7. Crawley, E.,Malmqvist, J., Ostlund, S., &Brodeur, D. (2007). Rethinking engineering education. The CDIO Approach, 302, 60-62.

8. Kaufmann, H.,& Dünser, A. (2007). Summary of usability evaluations of an educational augmented reality application. *Virtual Reality*, 660-669
9. Kleinsmann, M. and Dong, A. (2007). ‘Investigating the affective force on creating shared understanding’. In Proceedings of the ASME 2007 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE 2007. Las Vegas, USA, 4–7 September 2007.
10. McLaren, S. V. (2008). Exploring perceptions and attitudes towards teaching and learning manual technical drawing in a digital age. International Journal of Technology and Design Education, 18(2), 167-188.
11. Meyers, F. D. (2009). First year engineering graphics curricula in major engineering colleges. Engineering Design Graphics Journal, 64(2).
12. Ong, S. K.,Yuan, M. L., &Nee, A. Y. C. (2008). Augmented reality applications in manufacturing: a survey. *International journal of production research*, *46*(10), 2707-2742.
13. Pei, E. Campbell, I. & Evans, M. (2011). A Taxonomic Classification of Visual Design Representations Used by Industrial Designers and Engineering Designers, The Design Journal, 14:1, 64-91
14. Torres, A. Serra, J. Llopis, J. García, A. Cabodevilla, N. (2015). The Need and Experience of Drawing With Ingeniuty. An Analysis Of The Graphic Practice In Architectural Education. Procedia - Social and Behavioral Sciences 191; 2505 – 2514.

ОЦЕНКА НА НЕОБХОДИМИТЕ УМЕНИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКИ ЧЕРТАНЕ ЗА РАЗРАБОТВАНЕ НА НОВИ МЕТОДИ НА ОБУЧЕНИЕ

А. Куш, Р. Арслан, Е. Унвер, О. Хуерта, Л. Димитров, П. Томов, Й. Текин

Резюме: *В това изследване се оценяват резултатите от изследването на международните нужди, направено с цел определяне на изискванията на обучение при работа с детайлни и монтажни чертежи.Целта е да се създаде необходимата инфраструктура за нови методи на преподаване, базирана на приложенията VR/AR. Онлайн проучване с 320 участника бе проведено от екип от изследователи в Турция, България и Великобритания. Проучването разглежда три различни категории. Първата категория обхваща анализа на технически чертежи, втората категория оценява техническите познания и умения за чертане, накрая третата категория обхваща очаквания за достигнатото ниво на техническо чертане.*

Важен резултат от проучването е, че има значителен дефицит в групите във всички изследвани страни, които може да не е възможно да се преодолеят чрез традиционните методи на преподаване на техническо чертане и конструиране.

Data Authors:
A. Kuş, Uludag University, Bursa, Turkey, abdilkus@uludag.edu.tr
R. Arslan, Uludag University, Bursa, Turkey, ridvan@uludag.edu.tr
E. Unver, University of Huddersfield, United Kingdom, e.unver@hud.ac.uk
L. Dimitrov, prof.,Technical University Sofia, Bulgaria, lubomir_dimitrov@tu-sofia.bg
P. Tomov, Technical University Sofia, Bulgaria, pkt@tu-sofia.bg
Y. Tekin, Uludag University, Bursa, Turkey, ytekin@uludag.edu.tr

МАШИНА ЗА 3D ПРИНТИРАНЕ ИЗПОЛЗВАЩА FDM ТЕХНОЛОГИЯ

А. Христов, И. Стоянов, М. Велева, Г. Пачов

Резюме: *В настоящата статия е изложено разработено решение за реализация на машина за изработка на детайли от различни видове полимер, използваща технология FDM (Fused Deposition Modeling) за 3D принтиране. Поради все по голямата нужда от подобни методи за бързо прототипиране и нарастващата им популярност, тази машина представлява чудесен пример за икономически изгодно решение с достатъчно малки размери за настолна употреба и ниски нива на шум, което я прави практически използваема дори в домашни условия. Целта и е работа с множество видове полимер едновременно, с цел изработване на многоцветни и с различна сложност прототипни детайли.*

Ключови думи: 3D принтиране, 3D принтер, FDM технология, прототипиране.

1. Въведение

Работата на инженерите в днешно време е тясно свързана с внедряването на нови технологии, които са по-бързи, по-компактни и по-надеждни от предшестващите ги. За да изпълнят това инженерите често имат нужда от физически модели за осъществяване на тестове или визуално представяне на своите идеи. Тъй като повечето методи на производство като леене, коване, фрезоване и т.н. представляват твърде скъпо и времеотнемащо препятствие за повечето фирми, тук намират своето място методите за бързо прототипиране: 3D принтиране, лазерно синтероване и др. Един от най-бързо развиващите се методи в последно време е метода на адитивния печат или по-познат като 3D принтиране.

2. Теоретични основи при разработване и принтиране на желан триизмерен обект

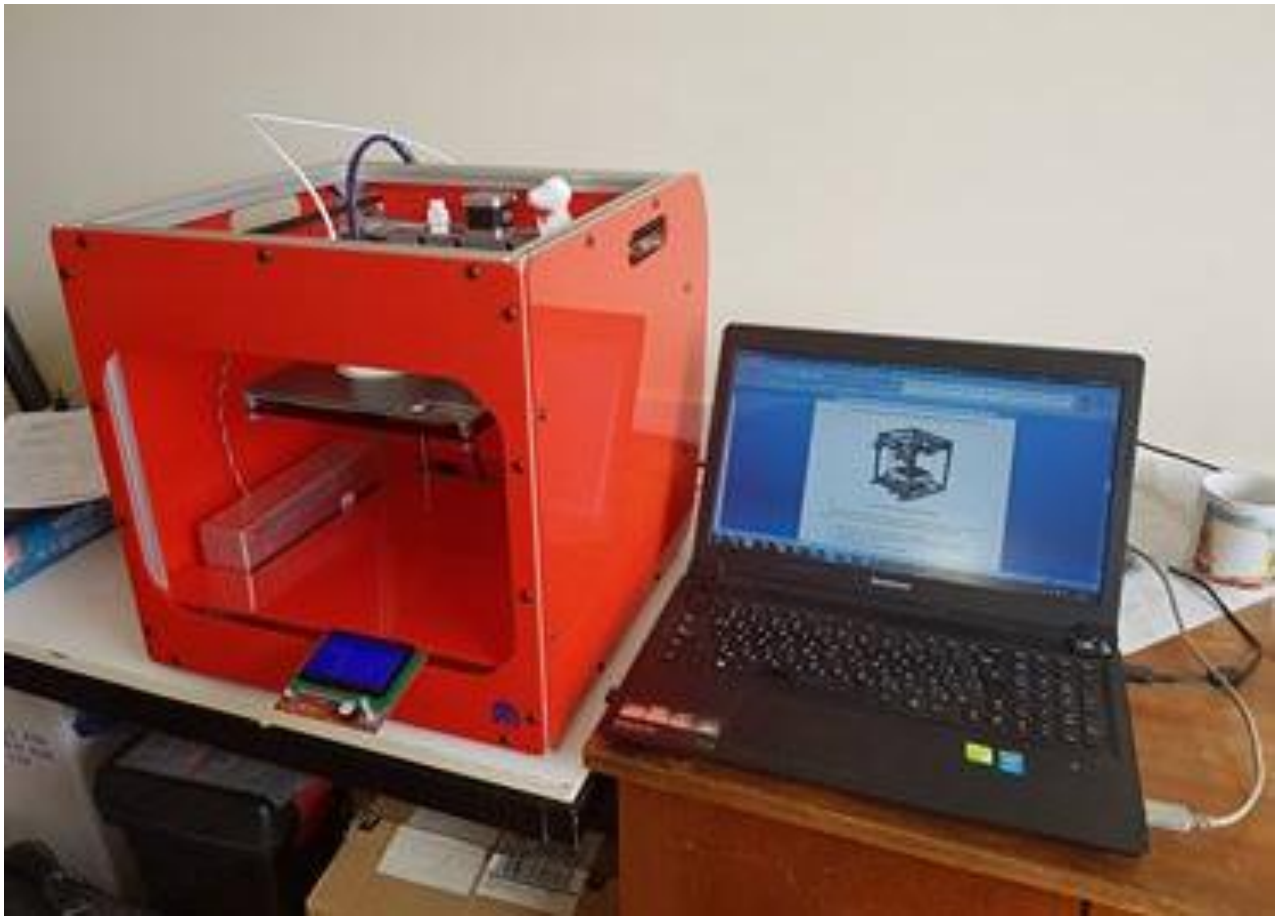


Фиг. 1 Създаване на 3D модел

Адитивния печат се различава съществено от традиционните методи на производство като фрезоване, струговане, шлифоване и т.н., където материала се отнема от предварително подготвена заготовка. При 3D принта детайла се изгражда постепенно, като 3D формата на детайла се нарязва на много слоеве (сечения) с малка стъпка между тях. Наслагвайки слоевете се реализира 3D геометрията на детайла. За да се "принтира" желания твърд триизмерен обект трябва да се изпълнят няколко стъпки:

- Създава се неговият 3D модел. Това се реализира като се проектира с 3D-CAD програма или се копира вече съществуващ триизмерен обект със сканиращо устройство.
- Модела трябва да бъде дигитално нарязан на хоризонтални слоеве (сечения) и всеки слой бива трансформиран в 2D описание на геометрията в X и Y координати и формат подходящ за машината, която може да възпроизведе геометрията. Това се извършва, чрез така наречените „slicer“ програми.
- Координатите се записват като работна програма под формата на G-код, който се изчита и изпълнява от дадената FDM базирана машина за принтиране.

3D принтирането като технология се появява в средата на 80-те години на миналия век и постепенно се развива до наши дни. В началото машините за бързо прототипиране са били с размерите на цяла стая, но сега можете да намерите машини с размери, удобно пригодени за бюро. Адитивният печат дава възможност на съвременния конструктор да скъси времето за прототипиране до минимум, преминавайки от скица през моделиране до получаване на готов детайл за по-малко от един ден.



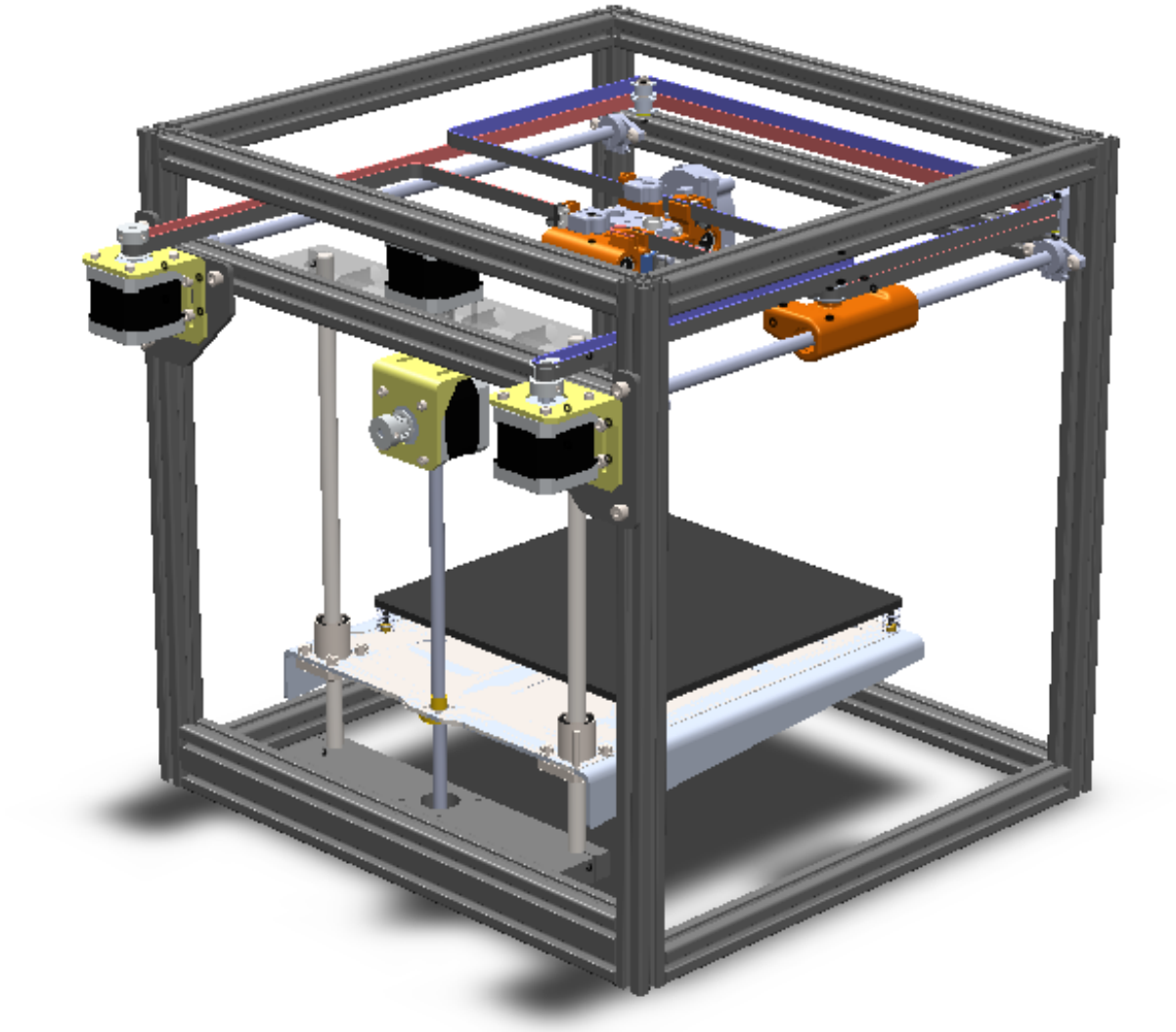
Фиг. 2 3D принтер HWD 3D #1

3. Техническо задание и избор на принципна схема за работа

Изработената машина работи чрез FDM технологията. Техническите параметри на машината, които са избрани за проекта са следните:

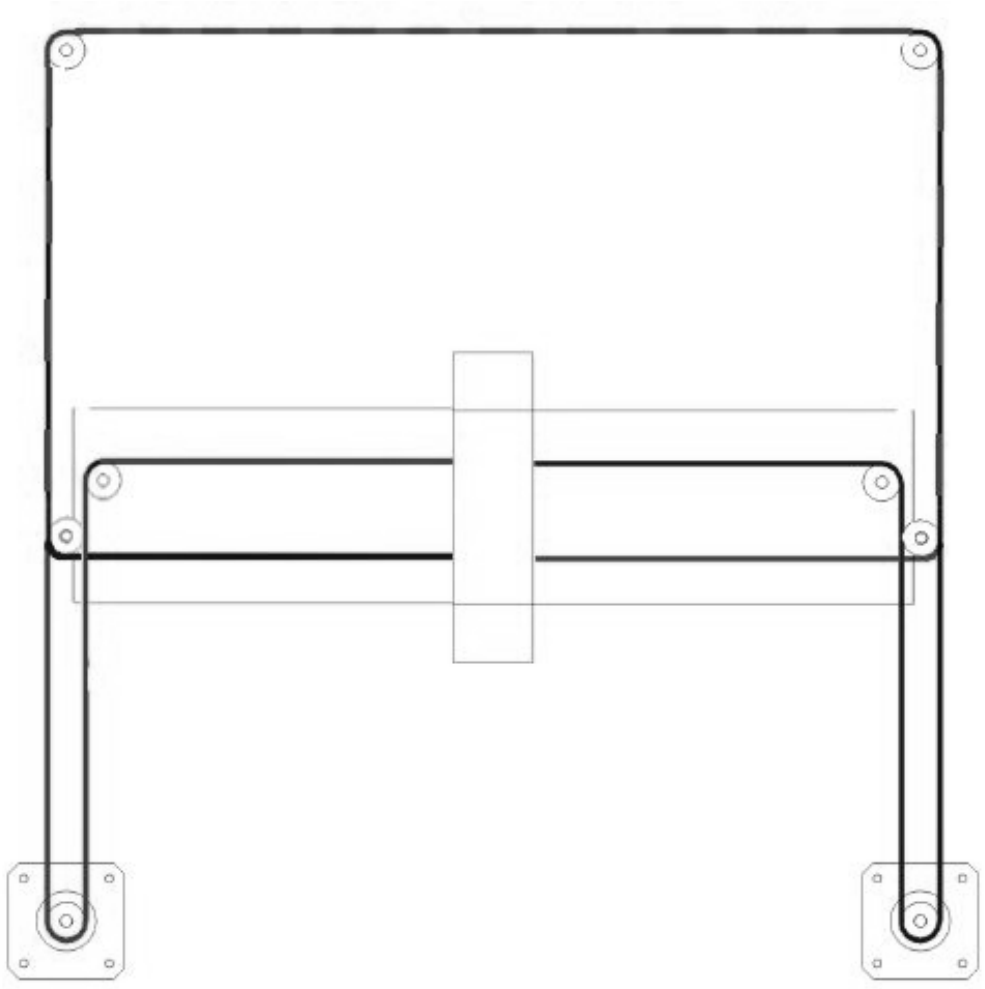
- Работен обем: 200mm x 200mm x 200mm
- Габаритни размери на машината: 400mm x 380mm x 400mm
- Собствено тегло:10кг.

- Точност: 0,1 mm
- Избран firmware: Marlin Firmware



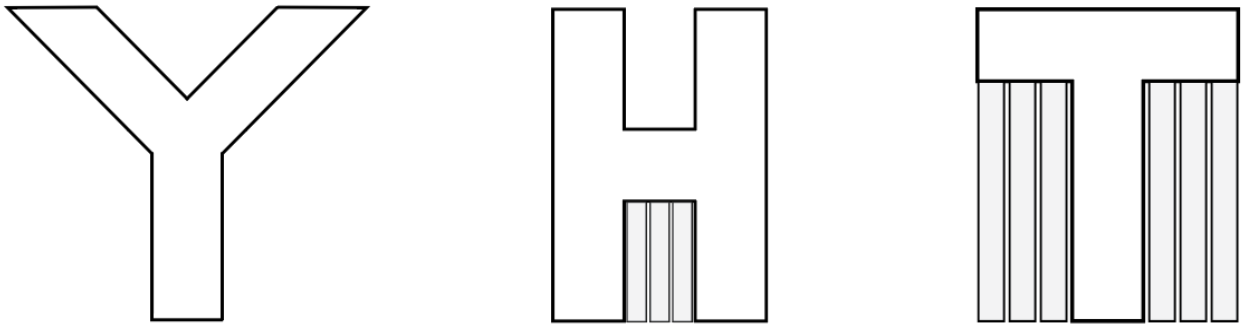
Фиг. 3 3D Модел на разработваната машина

Задвижването по осите X и Y се осъществява с паралелно движение на два електромотора, свързани с каретата, носеща печатната глава, чрез два еднакви по дължина ремъци и ролкова система. Движението е базирано на така наречената **Core XY** схема (фиг. 4).



Фиг. 4 Core XY

Спецификата на технологията на адитивния печат също създава известни ограничения към формата от гледна точка на хоризонтално разположените повърхнини, които не са свързани с основната платформа чрез подпорен материал.



Фиг. 5 Геометрични затруднения при 3D принтиране на детайли

Наслагването на материал върху вече съществуващ материал във вертикално направление не представлява проблем за технологията. Пример за това са детайлите от Фиг. 5 наподобяващи буквите Y, H и T.

Обикновено добавянето на материал под ъгъл >45^0 не представлява проблем за повечето машини. Пример за това е детайл с форма наподобяваща на буквата Y, където от един вертикален стълб наслояването трябва да продължи в два лъча сключващи 45^o с хоризонталната платформа (Фиг. 6). Подобни детайли не се нуждаят от подпорен материал.



Фиг. 6 Използване на подпорен материал при 3D принт

При буквите H и T принтирането е малко по-сложно. Когато трябва да се създаде материал между две вертикални ребра обикновено се появява нужда от подпора. При FDM технологията поради непрекъснатото подаване на разтопен материал е възможно "прескачане" на нишката между ребра разположени на не повече от 5 mm едно от друго, създавайки мост от материал. Това прави възможно изработването на детайли с формата на буквата H. При буквата T има наличие на две хоризонтални части, които висят над платформата без никаква подпора. За да е възможно принтирането на подобни детайли има нужда от подпорен материал; в противен случай се получава "разнищване" на детайла (Фиг. 7). Създаденият подпорен материал далеч няма нужда да бъде плътен слой, а е достатъчно да се подчинява на условието за провисването на нишката на повече от 5 mm. Най често подпорен материал се създава в зиг-загообразна форма.



Фиг. 7 Разнищване на детайл

Резултати: Разработено е устройство, съответстващо на дадените технически параметри, базирано на дадената технология. Устройството, или още 3D принтера, беше подложен на множество тестове с цел подобряване на работата му и извършване на фини настройки, целящи перфектно принтирани детайли.

4. Изводи:

- Избрана е FDM технологията, въз основа на която, да бъде конструирана машината.
- Избрана е Core XY технологията като най-надеждна и същевременно лесна за изпълнение, въз основа на която да бъде задвижвана главата на принтера.
- Приложени са различни видове материали за принтиране, със съответно различни температури на топене, както и технически характеристики с цел тестване на възможностите на построената машина.
- Принтирани са различни обекти, с цел тестване и прилагане на различни настройки, целящи перфектни характеристики на принтирания обект.

Литература:

1. https://www.3dhubs.com/- уебсайт специализиран в предлагане на услуги за 3Dпринтиране
2. http://b2n.bg/ - уебсайт на фирма B2N
3. http://www.stratasys.com/- уебсайт на фирма Stratasys
4. Левтеров, Л., И. Димитров, П. Йорданов, Е. Ганчев, Машинни елементи, София, Техника, 1994.

3D PRINTING DEVICE USING FDM TECHNOLOGY

Hristov A., Stoyanov I., Veleva M., Pachov G.

***Abstract**: The article at hand presents a well-developed solution to the realization of a machine focused on the production of details from different types of polymer, using the FDM technology for 3D printing. Due to the increasing need for such methods of fast prototyping and their growing popularity, this machine represents a great example for economically profitable solution with small enough size so as to be used for desktop use and low noise levels, making it practically usable even at home. Its purpose is to work with lots of different types of polymer simultaneously in order to produce multicolor and multicomplex prototypical details.*

Данни за авторите:
инж. Александър Христов Христов, 0883338207, alex.h.hristov@gmail.com
Мартина Николаева Велева, 0895500293, m.veleva93@gmail.com
Ивелин Светлозаров Стоянов, 0876652155, ivelin_stoyanov@abv.bg
Георги Аленов Пачов, 0878191487, georgipachov@hwdbg.com

THERMAL IMAGE PROCESSING FOR AUTONOMOUS TRAIN OPERATION OBSTACLE DETECTION SYSTEM

M. Pavlović, I. Ćirić, V. Nikolić, M. Simonović, J. Stevanović

Abstract: *This paper presents an obstacle detection system for autonomous train operation (ATO) based on using of thermal image processing. For detection of obstacles in low-light and night conditions, thermal camera with advanced image processing algorithm is used. In order to achieve reliable detection, at first, defining of Region of Interest (ROI) is performed, where rail tracks are detected. In defined ROI, region based segmentation algorithm is implemented for obstacle detection. The results showed that this system can successfully perform satisfying obstacle detection in low-light and night conditions.*

Key words: thermal imaging, obstacle detection, autonomous train operation, railway safety.

1. Introduction

The railway, with its great capacity and complex infrastructure, has a great influence on every part of man's life. The necessity for railway is reflected in daily needs for transport of goods and passengers for industry and people. However, for modern railway, safety, quality, effectiveness and capacity should be increased through the development of Autonomous Train Operation (ATO) module. One of key element of this module is an obstacle detection system, which should detect object on certain distance, in order to achieve on-time braking.

On railway infrastructure, cause for an accident can be different. From the train's driver point of view, the existence of any living or/and non-living object on rail tracks or near them, due operating of train, represent a possible obstacle. Considering that braking distance vary from several tens to hundreds of meters, and is dependent on construction of locomotive and performance of whole train composition, many factors have influence whether the accident will happen or not. One of them is timely detection of the object, which is nowadays dependent on its visibility and type. In case that is object visible and on time detected, that leads to the first decision – is that object obstacle or not, i.e. can that object cause an accident or not. In case that detected object represents an obstacle, the beginning of braking is dependent on the train driver's decision, which is based on his timely detection, judgment and reaction. However, in case of low-light and bad weather conditions, visibility of objects can be reduced, as well as determination of its type. On the other side, timely detection of an object is dependent on train driver's eyesight which has certain limitation. That leads to possible late detection and a failure conclusion about decision is some object actually obstacle or not. So, the whole process of obstacle detection, braking and stopping of the train is subjective and is dependent of external factors (illumination, weather conditions, etc.) and human factor. Because of that, there is a need for implementing of obstacle detection system through the autonomous train operation, for increasing of safety, quality, effectiveness and capacity of railway infrastructure.

In a day and good-light conditions, for object detection, conventional monochromatic and RGB cameras can be used as vision sensors [1]. However, in low-light conditions, bad weather conditions, as well as at night, visibility of objects can be reduced, and detections cannot be based only on those systems. For that purpose, thermal imaging systems can be used, because its operating range is in the invisible infrared region of the spectrum.

Thermal imaging systems have wide applications [2], but for object detection there are no many fully developed methods. In [3], two-stage template-based method is presented which gave good results, but the problem is that groups of people are very difficult to handle with template-based detection approaches. Shape Context Descriptor (SCD) based method with the Adaboost

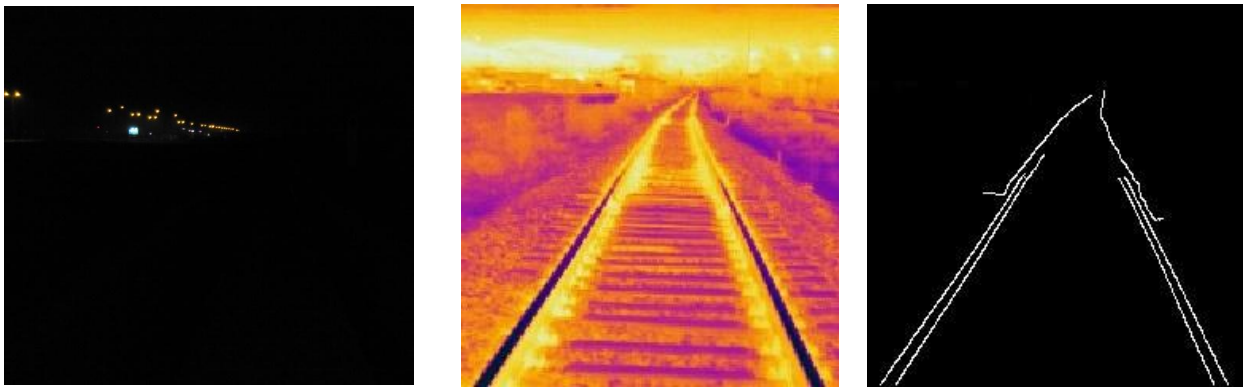
cascade classifier framework is presented in [4], which provides a significant improvement on human detection in thermal images. However, human detection is more complex when thermal imaging system is mounted on moving platform or vehicle [5]. Operating of mobile robot is based on intelligent advanced segmentation and classification of detected regions of interests in every frame acquired by IR camera. Detection of pedestrians on railway crossings by using advanced system with IR camera, based on localization and extraction of rails with the edge detection technique and detection of interruption in the rails, is presented in [6]. Also, detection of non-living objects is performed by using thermal imaging systems. In [7], a novel algorithm for detecting and tracking of the dim moving point target in IR image sequence with low SNR, is presented, while in [8], authors proposed target detection and tracking algorithms in infrared images, which are based on frequency domain correlation and Bayesian probabilistic techniques, respectively. Detection of vehicles, based on tire's thermal energy reflection area on the road surface from the other areas, is presented in [9]. In field of railway, in [10], with mounted thermal camera on train's roof, possible dangerous situation when train operates in dark and bad weather conditions is analyzed. In [11], using of thermal camera for localization of rails and then finding obstacles through detection of anomalies is presented.

In this paper, application of thermal image processing for detection of obstacle in autonomous train operation is presented. As a first step in obstacle detection, thermal camera is used during night and low-light conditions. For defining of Region of Interest (ROI), edge detector is used for detection of rail tracks. In defined ROI, region based segmentation algorithm is used for obstacle detection. For improving of robustness, adaptability, quality and accuracy of obstacle detection, artificial neural network (ANN) as an artificial intelligence tool is analyzed.

2. Rail track detection system

The first step in the obstacle detection process should be providing a good basis for detection in low-light conditions through the application of certain thermal imaging system. After that, for further detection, it is important to determine Region of Interest (ROI), because any object in the system's field of view is not possible obstacle, but only those that exist on rail tracks or near them. For determination of ROI, at first, rail tracks should be detected and, for that purpose, edge detection technique can be used.

Edge, in the physical sense, indicates discontinuities in physical, photometrical and geometrical properties of an object. Because of that, edge can provide important visual information about scene and object in it. However, in an image, edge corresponds to a point or set of points, that creates a curve, which represents a significant change in image intensity [13-15]. Variations of illumination, color, reflectance, etc. cause the existence of edges that is especially useful in thermal images. On the other side, edges are represented in image by changes in the image intensity function. The difference between edges and lines is reflected in that edge essentially defines boundaries between two distinctly different regions, while a line may be inside of the single uniformly homogeneous region. In process of edge detection, significant change in pixel intensity is used for identifying and locating of sharp discontinuities in an image, and thus detection of edges. Application of edge detection in rail track detection is shown in Fig. 1. Digital image (Fig. 1 (a)) is totally unusable for image processing, while on thermal image, rails and the environment are quite visible and can be forwarded for further image processing. The optimal threshold range is defined, in order to detect rails and determine ROI, for further image analysis. Edge detector is applied on thermal image showed in Fig. 1 (b).

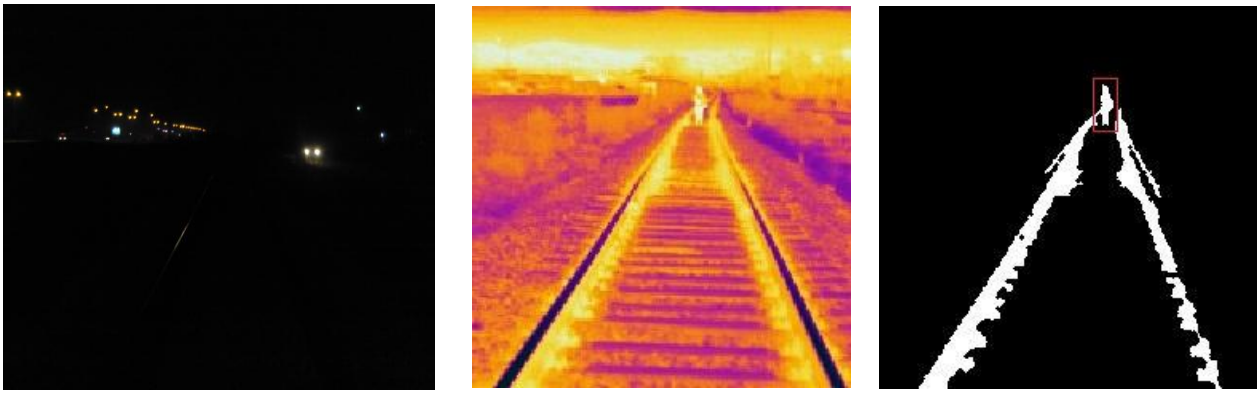


(a) **(b)** **(c)**

Fig. 1 Digital image (a), thermal image (b), detected rail tracks (c)

3. Obstacle detection system

For detection of obstacles in previously defined ROI, region based segmentation method can be used. This method is based on partitioning an image into regions that are similar, according to the criteria, which is previously defined. However, there are three types of this method: thresholding, region growing and region splitting and merging. Thresholding has intuitive properties with simple and fast implementation. This method involves identification of a set of optimal thresholds, based on which the image is partitioned into several meaningful regions. However, threshold value can be chosen manually or computed automatically by using certain intelligent algorithm. Region growing represents a method that groups pixels or subregions into larger regions based on predefined criteria for growth. It is based on starting of a set of "seed" points and from these grow regions by appending to each seed those neighboring pixels that have predefined properties (specific ranges of intensity or color) similar to the seed. Similar method to region growing is region splitting and merging, with the difference that an image is subdivided initially into a set of arbitrary, disjoint regions and then merged and/or splitted the regions in an attempt to satisfy the conditions of segmentation [5, 16, 17]. Application of region based segmentation method for detection of obstacle in previously defined ROI is shown in Fig. 2.



(a) **(b)** **(c)**

Fig. 2 Digital image (a), thermal image (b), detected obstacle (c)

The quality and accuracy of the obstacle detection process is, dependent on lighting conditions, the presence of objects of similar intensities, density of edges in the scene, noise and correctly determining the detection parameters. The determination of those parameters can be done manually, but any change of illumination and weather conditions, leads to determination of new parameters.

Because of that, in order to improve robustness, adaptability, quality and accuracy of obstacle detection, artificial intelligence tools can be used. One of them is an artificial neural network (ANN), which is non-linear data driven self-adaptive tool with ability to identify and learn correlated patterns between input data sets and corresponding target values [18]. Based on known input data, ANN is trained, and after that can be used to predict and determine the outcome of new independent input data. Adaptive nature, as a very important feature of ANN, makes them very useful for determination of adaptive values, based on known input data. Because of that, artificial neural network can be used for intelligent determination of adaptive values of threshold, in order to improve detection of obstacle in Autonomous Train Operation (ATO) module.

4. Conclusion

Development of modern railway includes increasing safety, quality, effectiveness and capacity in transport of goods and passengers. However, without implementing the novel and intelligent technical solutions, as Autonomous Train Operation (ATO) module, that cannot be achieved at desired level. This module represents complex system, where the obstacle detection system is one of the key elements. With a goal to operate in any illumination and weather conditions, this system requires the application of certain vision systems. This paper presents an obstacle detection system in autonomous train operation during low-light and night conditions with application of thermal image processing. Detection is performed through the defining of Region of Interest (ROI) using of edge detector and obstacle detection with a region based segmentation algorithm. After implementation, rail tracks are detected, as well as an obstacle between them. Results showed that this system can provide reliable obstacle detection at night and low-light conditions. In order to improve robustness, adaptability, quality and accuracy of obstacle detection, artificial neural network (ANN) is analyzed as one of the artificial intelligence tools.

Acknowledgment

This research has been done in framework of Project TR 35005 – Research and Development of New Generation Wind Turbines of High Energy Efficiency and Horizon 2020 Shift2Rail project "Smart Automation of Rail Transport - SMART".

Literature:

1. Pavlović, M., et. al. Methods for detection of obstacles on railway level crossings, 17th Scientific-Expert Conference on Railways RAILCON ‘16, Niš, Serbia, 2016.
2. Pavlović, M., et. al. Application of thermal imaging systems for object detection, 13th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering, Banja Luka, Republic of Srpska, 2017.
3. Davis, J. W., et. al. A Two-Stage Template Approach to Person Detection in Thermal Imagery, Application of Computer Vision, 2005.
4. Wang, W., et. al. Improved human detection and classification in thermal images, 17th IEEE International Conference on Image Processing, 2010.
5. Ćirić, I. T., et. al. Thermal vision based intelligent system for human detection and tracking in mobile robot control system, Thermal Science, 2016.
6. M. Pavlović, et. al. Advanced Infrared Camera Based System for Pedestrian Detection on Railway Crossings, 18th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia, Sokobanja, Serbia, 2017.
7. Zhang, F., et. al. Detecting and tracking dim moving point target in IR image sequence, Infrared Physics & Technology, 2005.
8. Shaik, J., Iftekharuddin, K. M., Detection and tracking of targets in infrared images using Bayesian techniques, Optics & Laser Technology, 2009.

9. Iwasaki, Y., et. al. Robust Vehicle Detection under Various Environmental Conditions Using an Infrared Thermal Camera and Its Application to Road Traffic Flow Monitoring, Sensors, 2013.
10. Forth, A., Zamjatnins, F., Night-vision device for railway vehicles for improving safety, Signal+Draht, 2015.
11. Berg, A., et. al., Detecting Rails and Obstacles Using a Train-Mounted Thermal Camera, 19th Scandinavian Conference, SCIA 2015, 2015.
12. Vollmer, M., Möllmann, K.-P., Thermal Imaging Fundamentals, Research and Applications, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2010.
13. E. Nadernejad, et. al., Edge Detection Techniques: Evaluations and Comparisons, Applied Mathematical Sciences, 2008.
14. M. Pavlović, et. al., Advanced Edge Detection Tecniques for Rail track Detection Using Thermal Camera, The 4th International Conference Mechanical Engineering in XXI Century, Niš, Serbia, 2018.
15. K. Sandeep, A. N. Rajagopalan, Human Face Detection in Cluttered Color Images Using Skin Color, Edge Information, The Third Indian Conference on Computer Vision, Graphics & Image Processing, Ahmadabad, India, 2002.
16. Gonzales, R. C., Woods, R. E., Digital Image Processing, Pearson Education, New Jersey, USA, 2008.
17. Ćirić, I., et al., Intelligent Optimal Control of Thermal Vision-Based Person-Following Robot Platform, Thermal Science, 2014,
18. Girish, K. J., Artificial Neural Networks and Its Applications, 2007.

Data Authors:

Milan Pavlović, MSc in Mechanical Engineering, Department for Mechatronics and Control at Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš, Republic of Serbia, Aleksandra Medvedeva № 14, +38118588-255, e-mail: milanpavl@gmail.com

Dr.-Eng. Ivan Ćirić, Assistant Proffesor, Department for Mechatronics and Control at Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš, Republic of Serbia, Aleksandra Medvedeva № 14, +38118588-255, e-mail: ciric.ivan@gmail.com

Prof. Dr.-Eng. Vlastimir Nikolić, Department for Mechatronics and Control at Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš, Republic of Serbia, Aleksandra Medvedeva № 14, +38118588-255, e-mail: vnikolic@masfak.ni.ac.rs

Dr.-Eng. Miloš Simonović, Assistant Proffesor, Department for Mechatronics and Control at Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš, Republic of Serbia, Aleksandra Medvedeva № 14, +38118588-255, e-mail: misa.simonovic@gmail.com

Jelena Stevanović, MSc in Architecture, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš, Republic of Serbia, Aleksandra Medvedeva № 14, +38118588-200, e-mail: stevanovicjelena@live.com

ПРОГРАМНИ ПРОДУКТИ ЗА 3D МОДЕЛИРАНЕ, СИМУЛАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ

Н. Стоименов, П. Панев, Д. Карастоянов

Резюме: *В настоящата статия са разгледани програмни продукти за 3D моделиране, симулиране и оптимизация. Описани са някой от използваните 3D програмни продукти. Обърнато е внимание на поддържаните входни формати на софтуерите. Предоставена е необходимостта от комплексна приложимост при използването на софтуери за инженерни цели и за целите на дизайна. Разяснена е необходимостта от оптимизиране на някои детайли, с цел получаване на по-точни данни от симулации при мелещи процеси, както и при детайли от културно-историческо наследство.*

Ключови думи: моделиране, симулиране, програмни продукти, оптимизация, CAD.

1. Въведение

Софтуерните разработчици и инженери на програмни продукти за 3D моделиране в днешно време създават продукти на пазара със зашеметяващи темпове. Отчасти, този темп се дължи на напредъка в софтуерните инструменти през последните няколко години. Инструментите за *3D проектиране с помощта на компютър - Computer-Aided Design (CAD)* са особено полезни за увеличаване на скоростта, с която продуктовите инженери могат да генерират модели за пробиване и фрезоване, прототипиране, патентоване, маркетинг и производство.

3D софтуерите са тип софтуерни пакети, използвани от дизайнери, проектанти и инженери за създаване на двуизмерни и триизмерни обекти както за концептуални модели, така и на физически компоненти. От особена важност е правилното подбиране на подходящ софтуер, който да осигури по-голяма продуктивност на потребителите.

Симулационното моделиране през годините се е доказало в производство, автомобилостроене, самолетостроене и т.н. Пример за успешно внедряване на симулации в авиационно-космическата индустрия е даден още през 1990г. от Boeing. Разработен програмен продукт от IBM дава възможността на техническите отдели да конструират частите на Боинг 777 като 3D модели. По този начин успяват да съкратят много време и да избегнат изработването на физически макети. Тогава фирмата Boeing отчита, че използването на цифрови 3D модели на етап проектиране допринася за намаляване на броя на промените, грешките и преработките с повече от 50% [1].

Целта на статията е да бъдат разгледани програмни продукти за 3D моделиране, симулация и оптимизация.

2. Програмни продукти, позволяващи комплексна приложимост за 3D моделиране, симулация и оптимизация

В днешно време в интернет пространството се предлагат различни програмни продукти с голяма съвместимост между отделните видове, характеристики, производителност и производители, които могат да бъдат използвани в различни сфери на индустрията и културата. Голямото разнообразие прави анализа и разглеждането на всички програмни продукти изключително сложно.

В табличен вид са представени някои от най-често използваните софтуери, като са разделени на два вида – за моделиране и симулиране при производствени процеси, инженеринг и др, за моделиране и симулиране при дигитализация, изграждане, възстановяване на културно-исторически обекти, скулптори, статуи и др (табл. 1).

Софтуерите поддържат повечето формати за импортиране като .igs, .iges, .msh, .stl, .stp, .step, .CATPart, .CATProduct, .model, .exp, .dlv,.dxf, .dwg, .dwfx,.prt, .asm, .g,.sat,.vda, .x_t, .x_b, .xmt_txt, .wrl, .obj, .cgr, .fbx, .3ds, .abc, .dae, .ai и други [2-8].

Таб.1. Софтуери за инженеринг и дизайн

Софтуери за инженеринг	**Софтуери за дизайн.**
Autodesk Autocad	Blender
Autodesk Inventor	SketchUp
Pro Engineer	Fusion 360
Catia	Maya
Siemens NX	3DS Max
Solid Edge	ZBrush
SolidWorks	Cinema4D
Geomagic	Rhinoceros
FreeCAD	Sculptris
TurboCAD	Meshmixer

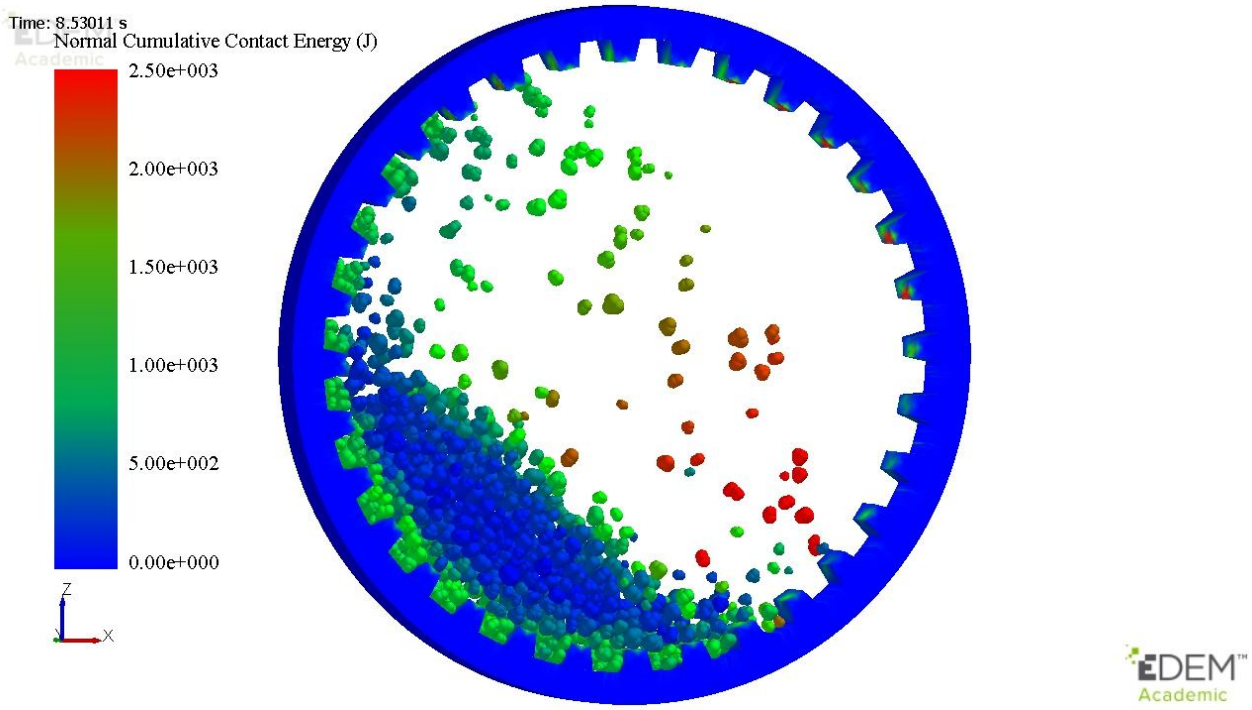
3. Необходимост от комплексна приложимост на програмни продукти за 3D моделиране, симулация и оптимизация

Голямото разнообразие и предлагане както на платени, така и на безплатни софтуери на съществуващите в момента системи за 3D моделиране, симулация и оптимизация затруднява комплексната им приложимост. Разгледан е един от често използваните 3D софтуери в сферата за симулиране и оптимизиране на смилателни процеси както за индустрията, така и за целите на науката и по-доброто разбиране на смилателните процеси като цяло. Разгледан е и 3D софтуер, служещ за моделиране, оптимизиране и производство (3D принтиране) на детайли, концептуални модели, архитектура и обекти от културно-историческото наследство.

Разделянето е направено с цел да се мине през всичките етапи необходими за симулации, дори производство. Съвместимостта между различните софтуери, често използвани за достигане до крайния желан продукт или детайл е от изключителна важност за получаване на точни данни при симулации, или точни модели и обекти при производство.

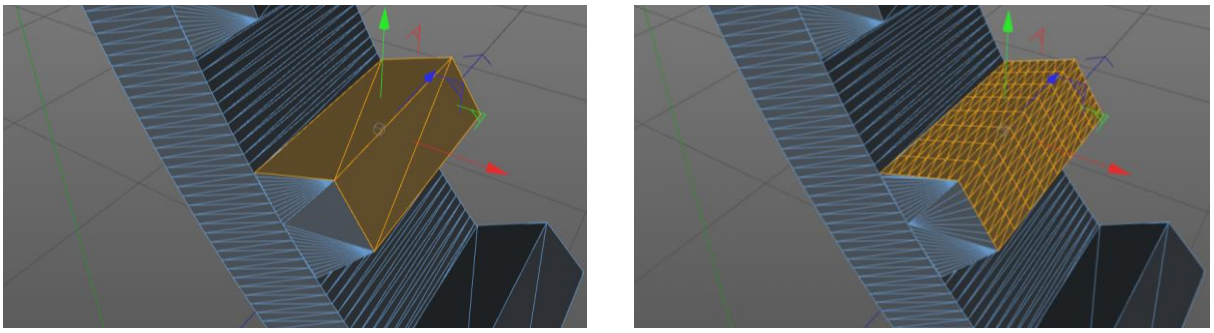
3.1. Необходимост от комплексна приложимост на програмни продукти за симулиране на смилателни процеси.

Пример за последователността на тези стъпки може да бъде даден със софтуерен продукт, работещ по метода на дискретните елементи – EDEM Software с голямо приложение в минната индустрия, производството, фармацевтиката, науката и други. Софтуерът генерира голямо количество изходни данни за анализ на симулираните обекти. За да се доближат максимално до реалните данни, трябва да бъдат въведени редица входни параметри с възможно най-голяма точност. На фиг. 1 е показан импортиран (вмъкнат) детайл от геометрия, използвана при минната индустрия, като изследването освен процеса, включва и износоустойчивостта на част от оборудването при топкови, барабанни, прътови мелници. Преди да се достигне до импортирането на детайлите, е необходимо оборудването да бъде моделирано в друг 3D софтуер. Желателно е различните детайли да бъдат моделирани отделно, това дава по-голяма гъвкавост при процеса на симулиране и анализ. След моделирането, следва импортиране в някои от поддържащите формати на симулационния софтуер (.igs, .iges, .msh, .stl, .stp, .step, .CATPart, .model, .exp, .dlv, .dxf, .dwg, .dwfx, .prt, .asm, .g, .sat, .vda и др.) [9-11].



Фиг. 1. Симулация на топкова мелница.

За да се постигне по-голяма точност за изследването на износването при геометрията (детайла), както и да се установят контактните петна между оборудването и материала е необходимо допълнителна оптимизация. Оптимизацията може да бъде извършена в друг софтуер, даващ възможност за по-гъсто обмрежване на детайла. На фиг. 2 е показан моделиран детайл преди допълнително обмрежване (фиг.2а) и след оптимизация на мрежата (фиг. 2б). Тази оптимизация дава възможност за по-точно определяне, тъй като софтуерът отчита относителното износване, като идентифициране на региони с повишена степен на износване на детайлите, които са моделирани. Изчислението се осъществява на относителната скорост и свързаните с тях сили между оборудването и мелещите тела. Чрез прилагането на модела се получават данни, които локализират регионите, където износването оказва влияние. Този метод осигурява количествени стойности за сравнение между взаимодействия, не може да определи като процент отнемането на материал [10, 11].



а) б)

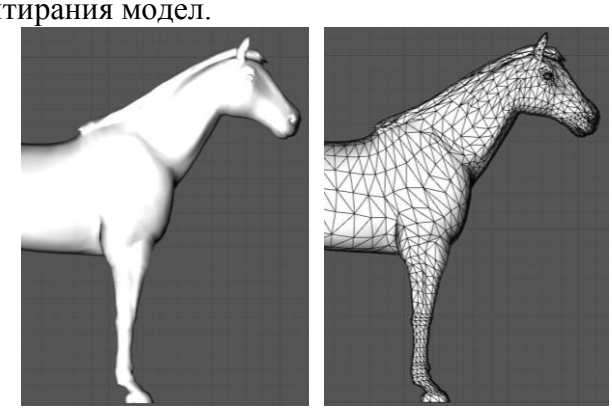
Фиг. 2. Обмрежване на детайл: а) преди допълнително обмрежване, б)след допълнително обмрежване.

3.2. Необходимост от комплексна приложимост на програмни продукти за моделиране и 3D печат на обекти.

При използването на 3D програмни продукти за моделиране и дизайн на обекти като скулптури, статуи, паметници, обекти от културно-историческо наследство и др., софтуерните продукти заменят триъгълниците, чуковете и длетото, използвани от дизайнерите и скулпторите преди в процеса, ръчно изчертаване, и традиционния подход на молив и хартия към инженеринга и дизайна. Те дават възможност за получаване на по-точни детайли. Друго предимство е, че веднъж моделиран обект, може да бъде възпроизведен n на брой пъти, като идентичността му се запазва. Също така могат да бъдат напълно реконструирани артефакти, които са били унищожени чрез техни фрагменти или картини, документи и други източници [12].

Друг пример за програмни продукти, при които се налага моделиране и оптимизация може да бъде даден със софтуер, използван за възпроизвеждане на 3D детайли. Моделирането на 3D обекти е сложен процес, като в повечето случаи се получава обект от предварителен куб, сфера, правоъгълник и т.н. Обектът се оформя до желаната форма, след което, ако служи само за презентации е налична функция Rendering. Това е много красива функция за анимация. За да се създаде обект или детайл, тази функция не работи, защото е предназначена единствено за визуализация на екран. На фиг. 3 е даден обект, който е моделиран в програмен продукт за 3D моделиране. Фиг. 3а показва моделираният обект и използваната функция Rendering. Фиг. 3б показва моделът без rendering, на фиг. 3в е 3D принтираният детайл.

След оптимизация на мрежата, е достигнато желаното качество за производството, показано на фиг. 4. Детайлът е гладък, със заоблени фини линии и по-добро качество (неналични при фиг. 3). Фиг. 4а показва моделирания обект след оптимизация на мрежата, фиг. 4б показва 3D принтирания модел.



а) б)



в)

Фиг. 3. Етапи при 3D принтиране на обекти: а) моделиран обект с функция Rendering, б) модел без rendering, в) 3D принтиран детайл.



а) б)

Фиг. 4. Оптимизиран модел: а) моделиран, б) 3D принтиран модел.

4. Заключение

Симулирането и моделирането са ефективни методи за изследване, проектиране, инженеринг, моделиране и оптимизация със широка приложимост. Изключително важно е да бъдат подбрани правилните програмни продукти и да бъдат използвани за определени цели. Неправилното използване води до грешки при симулации, производство, което допринася за лоши резултати, дори брак на продукция. Оптимизацията на моделите дава по-добри резултати както при симулации, така и при производство.

Симулационното моделиране е ефективен творчески метод за изследване и симулиране работата на сложни производствени системи. Получените резултати при оптимизация на моделите показват значително подобряване и при изследването на мелещи среди и при производството на обекти.

Благодарности:

Изследването в настоящата статия е осъществено с подкрепата на проекти по Фонд Научни Изследвания, „Конкурс за финансиране на научни изследвания на млади учени и постдокторанти – 2017“, договор ДМ-17/8-2017 и „Конкурс за финансиране на научни изследвания – 2017“, договор ДН-17/21-2017

Литература:

1. Иновациите, Европейски, национални и регионални политики, фондация „Приложни изследвания и комуникации“ ARC FUND, ISBN 978-954-9456-12-7
2. Hamad M., AutoCAD 2010 Essentials, Jones and Bartlett Publishers, Sudbury, Massachusetts, 2010, ISBN 978-0-7637-7629-9
3. Derakhshani R., Derakhshani D., Autodesk 3ds Max 2016 Essentials, Autodesk Official Press, 2015, ISBN: 978-1-119-05976-9
4. Waguespack C., Jahraus L., Dotson S., Jeffrey D., et al., Mastering Autodesk Inventor 2009 and Autodesk Inventor LT 2009, Wiley Publishing Inc., 2008, ISBN: 978-0-470-29314-0
5. Palmar T., Mastering Autodesk Maya 2016, Autodesk Official Press, 2016, ISBN: 978-1-119-05982-0
6. Lombard M., SolidWorks 2009 Bible Wiley Publishing Inc., 2009, ISBN: 978-0-470-25825-5
7. URL:https://i.materialise.com/blog/top-25-most-popular-3d-modeling-design-software-for-3d-printing/ посетен 2018

8. URL:https://www.pannam.com/blog/best-3d-cad-modeling-software/ посетен 2018
9. Ruzic J., Stoimenov N., Advanced copper matrix composites, 2016 – Monography in English, „Prof. Marin Drinov“ Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, ISBN 978-954-322-859-1
10. Stoimenov N., Innovative Relative wear of lifters, XIV International Scientific Congress “Machines. Technologies. Materials. 2017”, 15-18 March 2017, Borovets, Bulgaria, volume 1, Section “Machines” pp. 25-28, ISSN: 2535-0021 (Print), 2535-003X (Online), Publisher: Scientific Technical Union of Mechanical Engineering Industry – 4.0
11. EDEM Software User Manual www.edemsimulation.com
12. Cantoni V., Karastoyanov D., Mosconi M., Setti A., CVML and SMART LAB at the Exhibition (Pavia. The Battle. The Future – 1525-2015 Nothing was the same again)., Monography in English and Italian, Pavia University Press, 2016, Pavia, Italy, ISBN: 978-88-6952-035-8 (book)

SOFTWARE FOR 3D MODELING, SIMULATION AND OPTIMIZATION

N. Stoimenov, P. Panev, D. Karastoyanov

Abstract: *The paper discusses 3D modelling, simulation and optimization software products. Attention is paid to some of the most used 3D softwares. The supported input formats of the softwares are investigated. A need for complex applicability in the use of software for engineering purposes and for design purposes is presented. The need to optimize some details is clarified in order to obtain more accurate data from simulations in grinding processes, as well as details of cultural and historical heritage.*

Данни за авторите:

Николай Стоименов, гл. ас., д-р, маг. инж., ИИКТ-БАН, ул. Акад. Г. Бончев, блок 2, 1113 – София, Р. България, e-mail: nikistoimenow@gmail.com

Петър Панев, маг. инж., докторант в ИИКТ-БАН, ул. Акад. Г. Бончев, блок 2, 1113 – София, Р. България, e-mail: panevv@gmail.com

Димитър Карастоянов, професор д-р инж. ИИКТ-БАН, ул. Акад. Г. Бончев, блок 2, 1113 – София, Р. България, e-mail: dkarast@iinf.bas.bg

ОБЗОР И АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА ПРЕДЛАГАНИТЕ НА ПАЗАРА CAM СИСТЕМИ

Д. Панайотов

Резюме: *Запознаването в детайли със съвременните средства за компютърна симулация на производствените процеси е от особена важност при планиране на отделните му етапи. Анализа въз основа на определени класификационни признаци, за все по-голямото многообразие от CAM системи, се превръща в улеснение и дори необходимост за голяма част от проектанти и технолози. В настоящият доклад е извършен такъв анализ и са разгледани някои съвременни CAM системи, като са посочени техни предимства.*

Ключови думи: CAM системи, симулация, софтуер, анализ, класификация.

1. Въведение

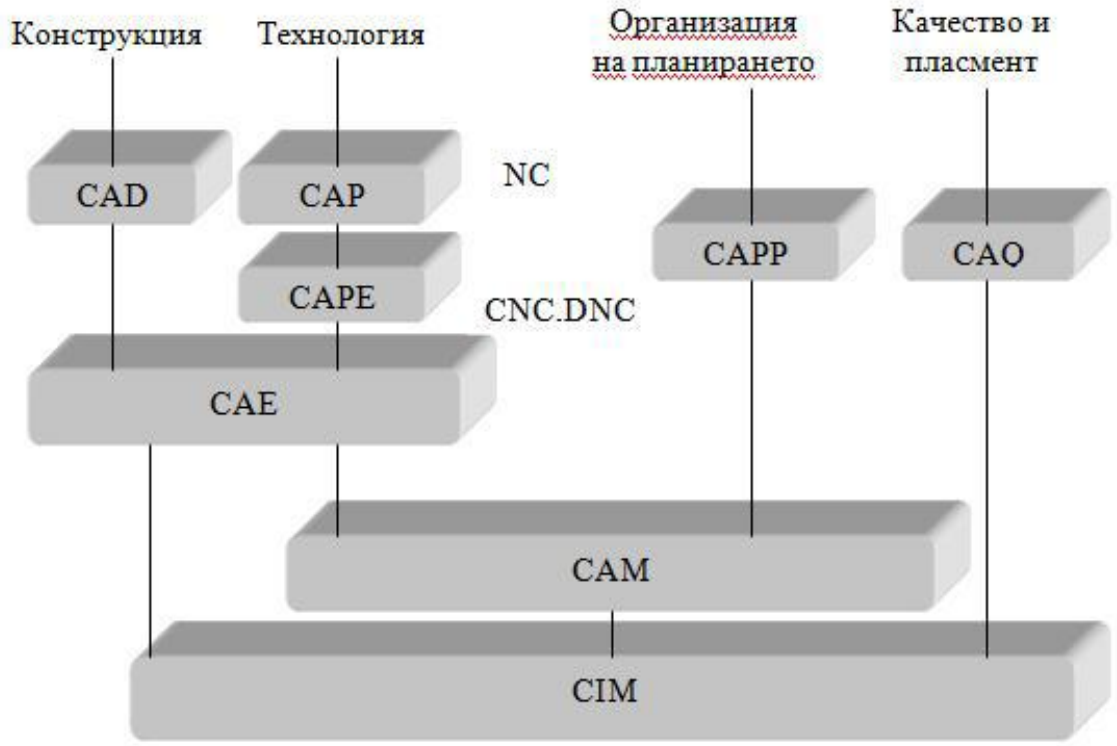
CAD/CAM системите са важно средство за съкращаване цикъла на проектиране и производство в съвременното машиностроене. Те предлагат широк набор от функционалности за оптимизация в съответствие с конструктивните изисквания към изделията, технологичните възможности на машинния парк и спецификата при организацията на производството в конкретна фирма.

CAM средите създават условия за проектиране на технологични процеси чрез реализиране и сравняване на различни стратегии при обработването на детайлите. За определяне на оптималната от тях могат да се използват различни критерии, като най-често се прилага критерият време за обработване [2].

Способността на CAM системите да проектират инструментални пътеки при обработката, а също така и да симулират обработка, където е възможно да се открият различни технологични грешки и да се възпрепятства евентуална колизия на инструмента с определена част на машината, определя тяхната значимост при подготовката и планирането на всеки един производствен процес. Развоят на CAM системите зависи и от развоя на NC и CNC машините, а тяхната симбиоза спомага те да се използват за управление на операциите в производството, напр. технологичната подготовка на производството, автоматизацията на производството, при контрола на изделията, заготовките и инструментите [3].

2. Основни понятия и тенденции, характеризиращи CAM системите

При използването на CAD/CAM система се предполага също и връзка с ЦПУ обработка. Една от най-развитите области на използване на CAM системите е планирането на технологичния процес и генериране на УП (управляваща програма) за машини с ЦПУ (цифрово програмно управление), известни още като CNC (Computer Numerical Control) машини. Към групата на тези машини спадат: металорежещи машини (стругове, обработващи центри, шлифовъчни машини и др.); листоразкроечни машини (машини за лазерно, плазмено и други типове рязане); електроерозиони машини; изрязващи и огъващи преси и други машини и автомати с ЦПУ [4].



Фиг.1 Схематично представяне на взаимната обвързаност между отделните CA системи

От изключителна важност за планирането на производството е да се съгласуват отделните му етапи. Съществена роля в този процес играят т.нар. CA (Computer Aided) системи, чиято интеграция и взаимодействие улесняват значително съвременната инженерна дейност. Примерна схема за взаимовръзката между отделните CA системи може да видим още на фиг. 1 [3].

• **CIM** (Computer Integrated Manufacturing) – компютърно интегрирана производствена система (производство);

• **CAM** (Computer Aided Manufacturing) – система за компютърна подкрепа на производството, която включва директно управление на NC техника, роботи, между операционно преместване на материала, заготовките, продуктите и инструментите;

• **CAE** (Computer Aided Engineering) - система за компютърна подкрепа на инженерните дейности;

• **CAD** (Computer Aided Design) – компютърна подкрепа процеса на конструиране;

• **CAPE** (Computer Aided Production Engineering) – система за създаване и поддръжка на информацията в технологичната подготовка на производството, което включва планиране на производството, технологичност на конструкциите, създаване на технологични методи, NC програми и избор на инструментариум и измервателно оборудване;

• **CAP** (Computer Aided Programming) – система за обработка на NC програма на машината;

• **CAPP** (Computer Aided Process Planning) – система, която включва планиране на производството, включително проектиране и създаване на корекция на плановете, с оглед на спазването на договорените срокове на поръчките и изискванията по отношение материалното оборудване и осигуряване на инструменти;

• **CAQ** (Computer Aided Quality) - система за компютърна подкрепа на контролиране и управление на качеството [5].

3. Видове CAM системи. Класификация

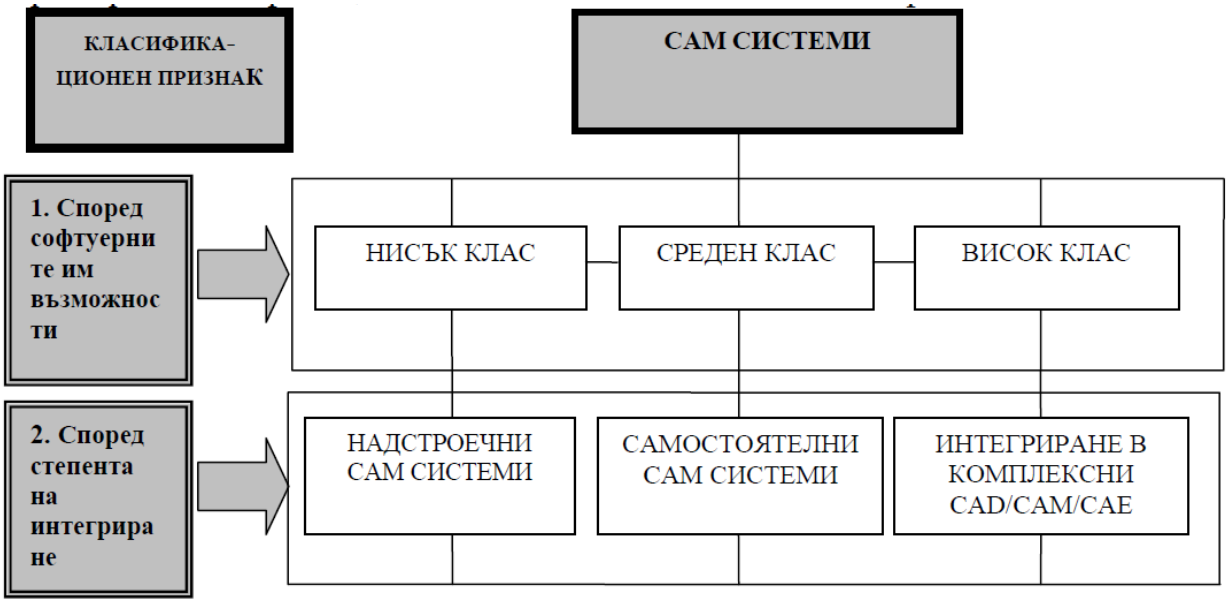
Съществуват CAD/CAM системи от нисък, среден и висок клас. Повечето машиностроителни фирми и предприятия са се насочили към среден клас CAD/CAM системи, който клас е облагодетелстван от предимствата на другите два класа – не много високи цени на задоволително качество [6].

CAM системите от нисък клас представляват сравнително проста апликация за създаване на УП, обикновено за една конкретна технология на обработка (струговане, фрезоване). Притежават малък диапазон на технически възможности и по-ниско ниво на програмна обработка. Могат ефективно да представят симулация на 2.5D обработка с резултат под формата на NC програма. Моделът на заготовката е взиман от CAD апликация [3].

Средният клас системи, позволяват генерирането на УП на приемливо професионално ниво. Позволяват създаване на УП за различни типове машини, с възможност за едновременно управление на 3 оси [4].

Характерно за CAM системите от висок клас е фактът., че те могат много ефективно и лесно да се справят с 3D-5D обработка (5-осово: оси x, y, z, позицията на вретеното, на въртящата се маса), 3D на сложни комплексни повърхности с много технологични варианти и богат избор на инструменти, параметри на рязане и др. От гледна точка на програмирането са на високо ниво [3].

Примерна класификация на CAM системи е показана на фиг. 2.



Фиг. 2 Обща класификация на CAM системи

4. Информация за водещите CAM системи

Когато инструменталните пътеки се генерират чрез използването на wireframe model, няма начин да се разпознае влиянието между режещия инструмент, заготовката и фиксирането, а когато се използва твърд модел, цялата машинна среда – заготовката, инструментите и фиксирането могат да бъдат моделирани и използвани да създадат инструментална пътека без никакви колизии. Това също дава възможност да се използват геометрично обусловените правила и познания за машината, за да се изберат скоростта, инструментите и отделните операции.

Тъй като в настоящия момент на пазара съществува избор от широк диапазон CAD/CAM системи, потребителят се изправя пред въпроса каква система за създаване на управляващи програми за ЦПУ ще отговаря най-добре на неговите изисквания.

Изборът на конкретната CAD/CAM система е важен, имайки предвид и времето, необходимо за обучение на специалистите по обслужването на програмата и възможността да се извлече максимумът от приложението на конкретната система [7].

Едни от водещите CAM софтуерни продукти са:

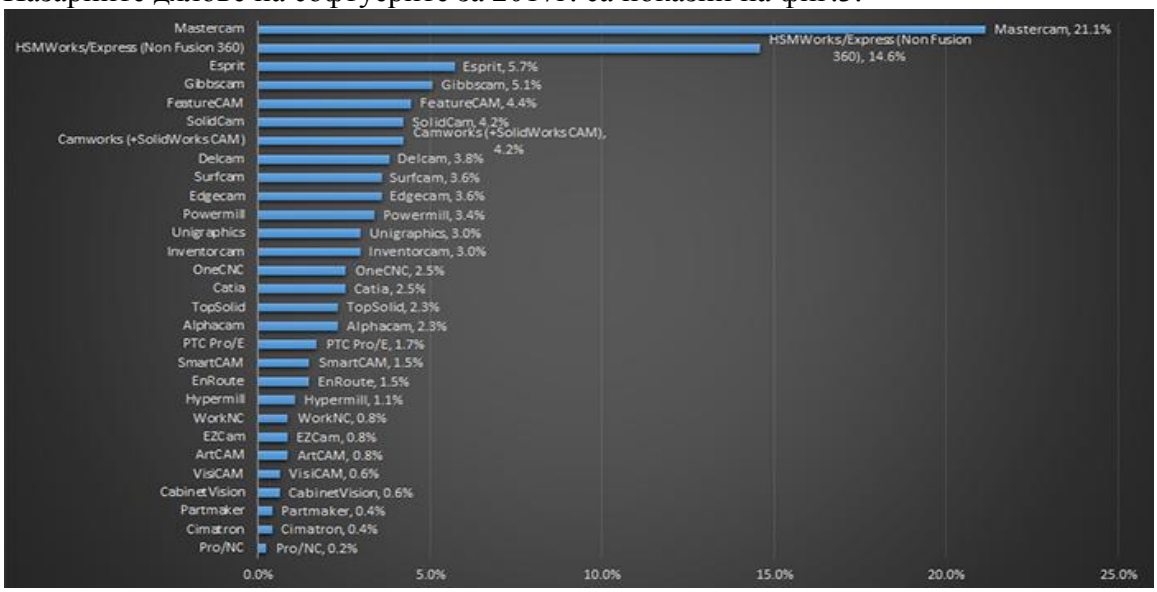
- **Mastercam** - основана през 1983 г., CNC Software Inc., е един от най-старите разработчици на компютърен софтуер за CAD/CAM. Те са едни от първите, които въвеждат CAD/CAM софтуер, предназначен както за машините, така и за инженерите. Основният продукт Mastercam, на CNC Software, стартира като 2D CAM система с CAD инструменти, които позволяват на инженерите да проектират виртуални части на компютърния екран, както и CNC машинни инструменти при производството на части. Оттогава Mastercam се превърна в най-широко използвания CAD/CAM пакет в света. CNC Software, Inc. се намира в Толанд, Кънектикът [8][9].
- **Siemens NX** – дилър за България – Space CAD. NX, по-рано известен като "UG". През 2000 г. Unigraphics закупи SDRC I-DEAS и започна усилията си за интегриране на аспекти на двата софтуерни пакета в един продукт, когато стана Unigraphics NX или обикновено NX. Това е модерен CAD/CAM/CAE от 2007 г. насам, собственост на Siemens PLM Софтуер. Използва се за проектиране, инженерни анализи и производство. NX е директен конкурент на CATIA, Creo, Autodesk Inventor и SolidWorks [10][11].
- **TopSolid** – дилър за България: Ksimetro. TopSolid е напълно интегриран CAD/CAM/CAE/PDM софтуер, разработен от френската фирма Missler Sofware. Като напълно интегриран софтуер, потребителите могат да проектират и произвеждат техни части, използвайки един и същ софтуер.

TopSolid включва интегрирана система за компютърна подкрепа на производството (CAM): механична обработка (TopSolid'Cam), ламарина (TopSolid'Sheetmetal), дърво (TopSolid'WoodCam), нишкова електроерозия (TopSolid'Wire). TopSolid включва също модул 2D draft (TopSolid'Draft) и структурен изчислителен модул (TopSolid'Fea) [19].

- **Esprit** – дилър за България: Rapid Progress. Производител е американската компания DP Technology. Високоефективната система ESPRIT предлага мощно програмиране за всеки CNC машинен инструмент. Ефективната функционалност на ESPRIT включва програмиране за фрезоване с 2-5 оси, струговане с 2-22 оси, 2-5-осни нишкови EDM, многооперационни струго-фрезови обработки и машинни инструменти с B ос [16][18].
- **HSM** – производител на софтуера е Autodesk. Inventor HSM и HSMWorks, които се предлагат само като част от колекцията за проектиране и производство на продукти, опростяват работния процес на обработката с вградени 2.5-осн до 5-осно фрезоване, струговане и струго-фрезоване, CAM за Inventor и SolidWorks [12].
- **FeatureCAM** - производител на софтуера е Autodesk. CAM софтуер за програмиране с разпознаване на фичъри. FeatureCAM CNC програмният софтуер включва инструменти за разпознаване на фичъри и автоматизация, за да се намали времето за програмиране. Визуализира безопасни инструментални пътища със симулация [12].
- **Alphacam** - това е един продукт на компанията Licom Systems Ltd., даващ възможност за технологии, които използват прости контури, пространствени криви и повърхности ограничаващи тялото или обема. Интересна комбинация в AlphaCAM е модулът Mill/Turn за петосова обработка, който дава множество комбинации от различни технологични операции, с което допринася за по-добро изпълнение на поставените задачи. Работят добре в система с CAD системата IronCAD и евентуално Inovate, с ядро Parasolid и ACIS [3].

- **GibbsCAM** - Първото издание на програмата стартира през 1984 г. за платформата Macintosh. От 1996 г. софтуерът се разработва изключително за платформата на Windows. Програмата CAM на Gibbs е преведена на 20 езика и е представена в повечето страни по света [14].

Пазарните дялове на софтуерите за 2017г. са показни на фиг.3.



Фиг. 3 Пазарни дялове на CAM системи

GibbsCAM се състои от няколко основни пакета и голям брой допълнителни модули. Това позволява на потребителя да започне с по-проста CAM програма, след което да изгради повече модули, ако е необходимо.

5. Сравнителен анализ възможности на водещите CAM системи

Независимо от големите различия на софтуерните системи за компютърно подпомогнато производство, те имат общи признаци за работа с тях. На таблица.1 са представени основни възможности, предлагащи някои софтуери.

Таблица.1. Опции на някои софтуери

Софтуер	Опции								
	Струговане	2D фрезоване	3D фрезоване	5 осно фрезоване	Високоскоростно фрезоване	Управление на многофункционални машини	Нишко-ерозийна обработка	Контрол за сблъсъци	API
Mastercam	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Siemens NX	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TopSolid	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Esprit	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HSM	x	x	x	x	x	x		x	x
FeatureCAM	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Alphacam	x	x	x	x	x	x	x	x	x
GibbsCAM	x	x	x	x	x	x		x	x
Partmaker	x					x		x	x

4. Изводи:

- Направен е общ обзор на CAM системите, изяснявайки ги като понятие.
- Анализирани бяха различни водещи CAM приложения.
- В анализа става ясно, че CAM софтуерите могат да бъдат такива за общо и специализирано приложение.
- Извършена беше класификация на CAM системи по няколко признака.

Литература:

1. Dimitar Panayotov, Ventsislav Dimitrov, Krasimir Kalev, Comparative Analysis of the Processes for machining of Mold Element with using TopSolid'CAM and ESPRIT, International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 7(2), 2016, pp. 01-10
2. Топалова М, Милев М, Панайотов Д. Оптимизиране на 4 и 5 осни фрезови операции при обработване на детайл „Колело турбинно“ с помощта на CAD/CAM системи, XXIV МНТК „АДП-2015”, Созопол, стр. (508-513).
3. Илиев А. Класификация и възможности на CAM системи при интегриране в производство, XX МНТК „АДП-2011”, стр. (693-701).
4. Янакиев И., Николов С. CAD/CAM/CAE системи в машиностроенето, София 2010.
5. Янакиев, И. “Интегрирана CAD система за компютърно проектиране на автоматични комплекси”, Дисертация, София, 2004 г.
6. Шопов И., И. Янакиев, А. Груев, Ю. Койчев, Симулиране обработката на характерни детайли в средата на SolidCAM, Научни известия на НТС по Машиностроене, година XIII, бр. 10(93), XI 2006г., ISSN-13 10-3946,
7. Илиев А., Д. Чакърски, Класификация и възможности на машини с ЦПУ при обработване на призматично-корпусни детайли, сборник доклади АДП 2010.
8. https://en.wikipedia.org/wiki/Mastercam
9. https://www.mastercam.com/en-us/
10. http://www.spacecad.bg
11. https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/
12. https://www.autodesk.com
13. http://www.topsolid.com/
14. https://www.3dsystems.com/software/gibbscam
15. http://www.ksimetro.com/
16. https://www.espritcam.com/
17. http://bobcad.com/free-cad-cam-demo-downloads/?source=homepage-topcol-SW
18. https://rapidprogress.eu/bg/
19. https://en.wikipedia.org/wiki/TopSolid

SURVEY AND ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF CAM SYSTEMS OFFERED ON THE MARKET

D. Panayotov

Abstract: *Exploring in detail with the modern means of computer simulation of the production processes is of particular importance in the planning of its individual stages. An analysis based on certain classifications of the increasing diversity of CAM systems is becoming a convenience and even a necessity for many designers and technologists.*

In this report, such an analysis has been carried out and some modern CAM systems have been addressed, with their advantages being outlined.

Данни за автора:
Димитър Панайотов, докторант инж., катедра „АДП“ при МФ, Технически Университет – София, Р. България, София, бул. „Кл. Охридски“ № 8, e-mail: dimitar_tp@abv.bg

ИЗРАБОТВАНЕ НА ТАКТИЛНА ПЛОЧА НА КАРТИНАТА „ЗАЛАВЯНЕТО НА ВАСИЛ ЛЕВСКИ ПРИ КЪКРИНСКОТО ХАНЧЕ“ ЗА НЕЗРЯЩИ ПОТРЕБИТЕЛИ

С. Гьошев

Резюме: *Работата е насочена към 3D моделиране на обекти от културно-историческото наследство, с използване на 2Д източници (картини, икони, гоблени) и 3Dпринтиране на моделите с добавяне на Брайлови символи във фигурите и Брайлови анотации за тактилно (чрез докосване) възприемане на обекта. Напоследък все повече се налагат новите технологии като 3D принтиране и 3D визуализация, това е много добре защото тези технологии биха могли да бъдат използвани за незрящи хора за да „видят“ творби, за които до сега не са имали представа.*

Ключови думи: 3D моделиране, 3D сканиране, 3D визуализация, брайл, тактилни плочи.

1. Въведение

Слабо виждащите или слепи хора не могат да се насладят на всички богатства, които предлага културно-историческото наследство. Сега с новите технологии става възможно всеки да се наслади на това изкуство. 3D принтирането е достъпен, практичен и ефективен метод за получаване на копия на модели, които обикновено или не винаги са общо достъпни. Добавянето на Брайлови анотации дава допълнителни възможности на хората с увредено зрение да „видят“ и „разберат“ творбата.

В частност 3D моделите могат да бъдат използвани за различни цели:

- Реконструкция на 3D модели на събития или артефакти, които са били унищожени с помощта на запазени от тях фрагменти, картини или други източници
- Направа копия на оригинални артефакти и творби, които са много чупливи за да бъдат показвани на обществени места.
- Реконструкция и след това анализ на обекти, част от архитектурни карти и географски карти, които ни помагат да опознаем миналото.
- Проучване и сравнение на предмети, получени от различни източници.
- Събиране на едно място на артефакти от различни географски области от близки епохи във времето.

Основната цел на е дигитализация на обекти от културно-историческото наследство за хора в неравностойно положение: Направа на различни музейни експозиции и исторически забележителности с най-модерните технологии за 3D моделиране, 3D принтиране, 3D дигитализация, за да могат да ги „виждат“ и разбират слабо виждащи или напълно слепи хора.

2. Етапи за изработване на тактилни изображения

Моделиране на тактилните изображения (3D) от гоблени или картини (2D) за нуждите на хора с увредено зрение протича в следната последователност – фиг. 2:

- От изображение с висока резолюция (фиг. 1), чрез математически методи се селектират контурите на отделните персонажи и фигури, като преди това е

направен подбор кои точно фигури да се използват за направата на тактилно изображение.

- След като вече имаме контурите на всички отделни фигури, те биват разделени като алтернативно сменят вида си (изпъкнала след нея вдлъбната фигура и след това отново изпъкнала фиг.2), като за направата на това се използва софтуерния продукт Adobe Photoshop, който позволява всеки един сегмент от картината да бъде отделен в отделен слой. За едно тактилно изображение са нужни между 20 и 30 слоя.
- Във всеки отделен сегмент от картината са добавени символи от Брайловата азбука. Изборът на всеки символ се прави индивидуално на база местоположение, значимост и близост до друг обект, първа буква от наименованието на фигурата.
- Всяко тактилно изображение се прави на 3 нива: базово ниво – фон и второстепенни персонажи, ниво 1 – вътрешни и външни контури на първостепенните персонажи и ниво 2 – Брайлови символи за означаване на всеки отделен персонаж.
- Всяко отделно тактилно изображение се обработва със софтуера Cinema 4D, където се задават дълбочините на всяко ниво, след което се отпечатва на 3D принтер – фиг. 3а.



Фиг. 1 Изображение с висока резолюция



Фиг. 2 Подбор на плътни и контурни фигури за изработка на тактилната плоча





а) **б)**

Фиг. 3 а) Изработена тактилна плоча, б) фрагмент от тактилната плоча

3. Изводи:

Изработването на тактилни изображения ще позволи на слабо виждащи и напълно слепи хора да „видят“ обекти и картини, които няма начин да възприемат иначе. Незрящите хора ще могат да усетят контурите на отделните фигури от картината, като във всяка фигура ще има Брайлови символи които ще дават информация на незрящия какво представлява фигурата с допълнителна информация, написана на Брайл в легендата към тактилното изображение (фиг.3).

Литература:

1. Cantoni V., Karastoyanov D., Mosconi M., Setti A., CVML and SMART LAB at the Exibition (Pavia. The Battle. The Future – 1525-2015 Nothing was the same again).
2. Гьошев С., Стоименов Н., 3D Тактилно представяне на битката при Павия, сп. Наука, кн. 6/2016, том XXVI, Издание на съюза на учените в България. стр. 47-50

Благодарности.

Изследването в настоящата работа е осъществено с подкрепата на проект Информационно-комуникационни технологии за 3D моделиране и 3D тактилна визуализация на обекти на културно-историческо наследство (изграждане на 3D модели от 2D източници и 3D принтиране)”, договор Договор ДФНП 17-98/29.08.2017, финансиран от „Програма за подпомагане на младите учени в БАН”.

MAKING A TACTILE TILE OF THE PAINTING "CAPTURING VASIL LEVSKI AT THE KAKRINSKO HANCHE" FOR BLIND USERS

S. Gyoshev

Abstract: *The work is focused on 3D modeling of objects of cultural and historical heritage, using 2D sources (paintings, icons, tapestries) and 3Dprinting of models with Braille symbols added to the figures and Braille annotations for tactile (by touch) perception of the object. New technologies, such as 3D printing and 3D visualization, have become more and more popular lately, because these technologies could be used by blind people to "see" works they had no idea.*

Данни за автора:

Станислав Димитров Гьошев, гл.ас. д-р, ИИКТ-БАН, ул. Акад. Г. Бончев, блок 2, 1113 – София, Р. България , e-mail: stanislavgyoshev@mail.bg

СТАНДАРТИЗАЦИЯТА В МАЛКИТЕ И СРЕДНИТЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, ОСНОВА НА ДИГИТАЛИЗАЦИЯТА

И. Николова, М. Колев

Резюме: *В статията се разглежда значението на малките и средните предприятия (МСП) за икономическото развитие на страната и Европа и препоръките на Европейския парламент и Съвета към националните и европейските организации за стандартизация за насърчаване на тяхното участие в стандартизационния процес.*

Ключови думи: стандарт, стандартизация, малко и средно предприятие (МСП), дигитализация.

1. Въведение

В условията на конкуренция управлението на качеството се явява стратегически фактор за фирмите. Стандартите са важни инструменти за конкурентоспособността на предприятията и особено за МСП, чието участие в процеса на стандартизация е важно за технологичния напредък в ЕС. Актуалността на изследването произтича от необходимостта за изследване на процеса на стандартизация, като основа за дигитализацията.

2. Изложение

Европейската стандартизация е организирана от и за заинтересованите страни на базата на национално представителство и се основава на принципите, признати от Световната търговска организация (СТО) в областта на стандартизацията, а именно съгласуваност, прозрачност, откритост,консенсус, доброволно прилагане, независимост от специални интереси и ефективност. В съответствие с тези основополагащи принципи е важно всички съответни заинтересовани лица, включително публичните органи и малките и средните предприятия (МСП) да участват по подходящ начин в националния и европейския процес на стандартизация.

Стандартите са важни инструменти за конкурентоспособността на предприятията и особено за МСП, чието участие в процеса на стандартизация е важно за технологичния напредък в Съюза.

Продължаващ ръст на икономиката и потреблението, намаляване на безработицата, увеличаване на заетостта, рекорден износ на стоки, възстановяване на глобалната икономика. Това са факторите, които дадоха растеж и на малките и средните предприятия през 2016г. МСП са 99% от всички компании и генерират около 61% от БВП на България. Това са приблизително 74 милиарда лева оборот.

Малките и средните предприятия играят определено важна роля в икономиката на България. Според данни на Европейската комисия за 2015г. те осигуряват 66% от произведената добавена стойност и над три четвърти от работните места. За сравнение – в Европейския съюз (ЕС) малките и средните компании са отговорни за 57% от добавената стойност и в тях работят две трети от заетите. Производството, търговията на едро и дребно формират половината от добавената стойност на малкия бизнес в страната, като това е с 10 процентни пункта над средното за ЕС. В тези два сектора са заети 58% от работещите в МСП.

Въпреки различните предприети мерки в отделните приоритетни области на Законодателния акт за малкия бизнес на Европейската комисия (SBA – Small business act) България се доближава до средното ниво в ЕС само по две от тях - „ Достъп до финансиране” и „ Втори шанс”.

Все още изоставаме по останалите седем области - „ Умения и иновации”, „Предприемачество”, „ Интернационализация”, „ Околна среда”, „ Единен пазар”, „ Държавна помощ и обществени поръчки” и „ Отзивчива администрация”.

Малките и средните предприятия в България имат редица слаби страни.

Например преобладават предприятията в сферата на търговията и услугите. Голяма част от фирмите не преследват растеж и увеличаване броя на заетите. Около 66% от МСП продават на локалния пазар, а само около 25% на националния. Има труден достъп до технологии и ноу-хау.

МСП искат да пробият на външните пазари, но не са готови. Най-често нямат достатъчно голямо производство, за да задоволят исканията на вероятните им партньори. Затова трябва усилията да са насочени към обучение на предприемачите как да се подготвят за излизане на международните пазари.

Подпомагането и поощряването на активното участие на МСП в дейността по стандартизация е основен приоритет на Българския институт за стандартизация (БИС). През 2011г. се проведе първото мащабно проучване в областта на стандартизацията в България, което показа нагласите на бизнеса. Изследването показа, че фирмите с над 50 души персонал в по-голяма степен смятат, че прилагането на стандарти е изключително важно за тяхната дейност – на това мнение са 65,1%, докато сред по-малките фирми това твърдение споделят 45,9%. По-големите фирми показват и по-добри познания, като 62% заявяват, че познават добре стандартите, които се прилагат в тяхната област, срещу 48,6% сред фирмите с под 50 човека персонал.

В резултат от изпълнението на проект „ Усъвършенстване на системата за стандартизация в България” по оперативна програма „Конкурентоспособност” БИС извърши две социологически проучвания и анализи, които показват къде да се насочат усилията за да се подобри информацията и се насърчи прилагането на стандартите, за да бъдат българските предприятия конкурентоспособни на Общия европейски пазар. За първи път в страната вече има пълна картина за схващането на предприятията относно прилагането на стандартите. Проведена е широко мащабна информационна кампания за популяризиране на стандартите обхващаща 36 събития в цяла България – 7 общи информационни семинари, 11 специализирани и 9 кръгли маси. Кампанията е обхванала и 9 специализирани обучения по стандартизация на различни теми за представители на бизнеса.

Пречките ограничаващи осведомеността и прилагането на стандартите пред МСП основно се свеждат до:

- намирането и проследяването на приложимите стандарти;
- проблеми свързани с разбирането на стандартите, заради техническо съдържание, терминология, технически език, препратки към други стандарти и липсата на издания на стандарти на националния език;
- дефицит от време и пари за ръководителите им и др[5].

БИС насърчава и улеснява достъпа на МСП до стандартите и до тяхното разработване. Създаден е механизъм за пълноценно включване на МСП в стандартизационния процес. Малкият бизнес може да участва в работата на определени технически комитети без задължение за членство и произтичащите от него права, но с възможност за представяне на коментари върху проектите на стандарти. Предвиждат се преференции, ценови облекчения и други бонуси при закупуването на стандарти [6].

На интернет страницата на БИС има специален портал за МСП, където се публикуват европейски наръчници и бюлетини, които информират малкия бизнес и улесняват достъпа му до дейността по стандартизация, а също така и ръководства, които дават практически съвети как малките фирми да внедрят системи за управление, как да се включат в процеса на стандартизацията и още много важна информация.

Пречките ограничаващи участието на МСП в разработването на стандартите основно се свеждат до:

- липсата на ресурси – пари, време, умения и знания;
- неосъзнатост от възможността за въздействие на процеса на разработването им;
- предубеждението, че стандартите не са съобразени с техните потребности и др.

Основната препоръка в Ръководство 17 на европейските организации по стандартизация CEN и CENELEC е „ Проверете дали стандартът е приложим за МСП в Европа”. Ако в стандартите се вземат предвид перспективите, свързани с МСП, ще се постигнат значителни ползи за всички заинтересовани страни в областта на стандартизацията.

Други важни препоръки са:

- стандартите да не пречат на насърчаването на иновациите за продукти, услуги или процеси;
- стандартите да не ограничават гъвкавостта и приспособимостта, които често характеризират бизнес модела на МСП;
- стандартите да отразяват най-новите достижения в съответната област;
- стандартите да посочват целевите групи, за които са приложими, да става ясно за какви продукти и услуги се отнася;
- в стандартите да се съобразява броя на изпитванията на продуктите с финансовите възможности на малките производители;
- стандартите да бъдат кратки, ясни, логични и лесни за спазване.
- когато европейски стандарт въвежда изцяло ново изискване или решение, в някои страни периодът на едновременно действие да бъде значително удължен.

Онези МСП, които прилагат международните стандарти, ще съумеят много по-лесно да сертифицират своите продукти, да бъдат по-конкурентоспособни и да са в състояние да продават продуктите си навсякъде по света. С прилагането на международните стандарти МСП получават равен шанс за участие в световните вериги за създаване на стойност. Те могат да се възползват в по-голяма степен от технологичния трансфер.

Ползите за МСП от участието в процеса на стандартизация може да се разглеждат в следните посоки:

- възможност за запознаване с други участници, да наблюдават промените на пазара и да обсъждат идеи;
- възможност за създаване на мрежа от контакти с клиенти, доставчици, потребители, бизнеса, правителството и регулаторните органи;
- възможност за подобряване на имиджа сред клиентите;
- възможност за въздействие и участие в определянето на съдържанието на стандартите;
- възможност за предвиждане на бъдещите изисквания и да съобразят своята дейност, съкращавайки времето за навлизане на пазара.

Регламент (ЕС) № 1025/2012 на Европейския парламент и на Съвета от 25.10.2012 г. осъвременява правната рамка, за да се отразят последните новости в развитието и да се очертаят бъдещите предизвикателства пред Европейската стандартизация[4].

Стандартите са важен инструмент за конкурентоспособността на МСП, чрез новата правна рамка те се насърчават да участват активно както в националните, така и в европейските технически комитети и се улеснява достъпът им до стандартите. Националните органи за стандартизация:

- определят в годишните си работни програми проектите за стандартизация, които са от особен интерес за МСП;
- осигуряват свободен достъп на представители на МСП до дейности по стандартизация;

- осигуряват свободен достъп до проекти на стандарти;
- публикуват специални тарифи за предоставяне на стандарти или пакети стандарти на намалена цена.

С Регламент (ЕС) № 1025/2012 относно европейската стандартизация се установяват правила по отношение на сътрудничеството между европейските страни за стандартизация, националните органи за стандартизация, държавите членки и Комисията, установяването на европейски стандарти и европейски стандартизационни документи за продукти и услуги, в подкрепа на законодателството и политиките на Съюза.

В Регламента се посочва, че ,,европейските стандарти са от жизнено важно значение за конкурентоспособността на малките и средните предприятия (МСП)” и се подчертава необходимостта от субект, който може да осигури ,,подходящо представителство и участие на МСП в процеса на европейската стандартизация”.

През 2013г. е основана асоциацията Small Business Standards (SBS) от консорциум, създаден от Европейската асоциация на занаятчиите, малките и средни предприятия (UEAPME) и Европейската конфедерация на строителите (EBC). Членовете на SBS са различни национални и европейски секторни и между професионални сдружения, които представляват МСП. SBS е призната като партньорска организация на CEN и CENELEC.

Друга организация, работеща в подкрепа на участието на МСП в процеса на стандартизацията е Enterprise Europe Network (EEN). Тя е създадена през 2008г. с цел да се подпомогнат МСП и да се възползват максимално от единния пазар. EEN обединява около 600 организации в подкрепа на бизнеса, в това число търговски и индустриални камари, технологични центрове, изследователски институти и агенции за развитие от повече от 50 държави.

Европейската стандартизация укрепва глобалната конкурентоспособност на европейската индустрия, когато се определя в координация с международните органи по стандартизация. Стандартите оказват значително положително икономическо въздействие, като създават благоприятна среда за взаимно икономическо навлизане на вътрешния пазар и насърчават развитието на нови и усъвършенствани продукти или пазари и подобрени условия на доставки. Стандартизацията е от ключово значение за управление на единния пазар, а разработването на европейски стандарти допринася за разработването на глобални стандарти.

3. Резултати:

- Разгледани са характерните особеностите на стандартизацията.
- Изследвана е частично приложимостта на стандартизацията, като инструментариум и база за дигитализацията.

4. Изводи:

В заключение може да се направи изводът, че стандартизацията е основа и необходимост на изграждане на дигитални производствени системи.

Литература:

1. Андреев, О. (2016), Мениджмънт на проекти, Софтрейд, ISBN9543340374
2. Стандартизацията и малките и средните предприятия.(2014) Издание на Българския институт за стандартизация. София, 2014.
3. В -к ,, Капитал” – Класация на най-динамичните малки и средни компании в България за 2016г. бр. 1, година XI. – издател ,, Икономедиа ” АД.
4. Регламент (ЕС) № 1025/2012 на Европейския парламент и на Съвета от 25.10.2012
5. Николова, И. Управление на качеството (2016), ISBN 97896495186003

6. Demirova S., (2018)Connection of logistics company in smart factory with external logistic centers, Temel-IJ, Volume 2 ISSUE 1, pp.1-7

STANDARDIZATION IN SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES, BASED ON DIGITALIZATION

I. Nikolova, M. Kolev

Abstract: *The paper examines the importance of small and medium-sized enterprises (SMEs) for the economic development of the country and Europe and the recommendations of the European Parliament and the Council to national and European standardization organizations to promote their participation in the standardization process, based on digitalization.*

Данни за авторите:

Ина Николова, доцент, доктор, инж., катедра „ИИИМ“ при СФ, Технически университет-София, Р. България, София 1000, бул. „Св.Климент Охридски“ 8, e-mail: jahn_ina@tu-sofia.bg

Михаил Колев, инж., докторант, катедра „ИИИМ“ при СФ, Технически университет-София, Р. България, София 1000, бул. „Св.Климент Охридски“ 8

ФАМИЛИЯ АВТОР	СТРАНИЦА ОТ СБОРНИКА
Angelova S.	202, 208
Arslan R.	309
Atanassov K.	228
Bachvarov D.	194
Biliderov S.	188
Boneva A.	194
Christov I.	202
Ćirić I.	324
Dimitrov L.	32, 309
Huerta O.	309
Ivanov V.	32
Ivanova M.	239
Ivanova V.	194
Kambushev M.	181, 188
Kuş A.	309
Minkovska D.	233, 239
Nikolić V.	324
Nikolov K.	32
Pavlović M.	324
Perçuku A.	233
Raikova R.	202, 208
Raykov P.	143
Ribagin S.	208, 228
Simonović M.	324
Stevanović J.	324
Stoyanova L.	233, 239
Tekin Y.	309
Tomov P.	32, 164, 239, 309
Unver E.	309
Valchkova N.	120
Veneva I.	208

ФАМИЛИЯ АВТОР	СТРАНИЦА ОТ СБОРНИКА
Voutev G.	32
Zahariev R.	120
Абулибде И.	213
Авишай Д.	130
Аврамова Т.	48
Атанасов И.	298
Атанасова Д.	298
Бахаров Г.	93
Бояджиев В.	21, 303
Вакарелска Т.	88
Велева М.	318
Видеков В.	175
Владимирова Г.	82
Влахова Б.	278
Врублевский И.	175
Вълчков Л.	106
Георгиев Г.	76
Георгиев К.	70
Грънчаров А.	252
Гьошев С.	342
Дамянов Д.	278
Дилов Т.	93
Димитрова Р.	100
Динь Т.	175
Дочев М.	218, 224
Илиева Б.	38
Йорданов Р.	38
Каменов К.	246
Кане М.	44
Карастанев С.	284
Карастоянов Д.	272, 329

ФАМИЛИЯ АВТОР	СТРАНИЦА ОТ СБОРНИКА
Кацарова П.	70
Каши Г.	130
Келчев П.	93
Колев М.	346
Косев Б.	59
Костадинов Ч.	125, 170
Кънчев П.	88, 93
Къртунов С.	59
Кършаков М.	76
Лазов Л.	252
Маджаров С.	64, 112
Малаков И.	12
Маринова Д.	258
Марков Е.	138
Митев В.	150
Митев П.	157
Ненчева М.	53
Николов С.	292
Николова И.	346
Оведенска И.	88
Павлов В.	130
Павлов Ю.	100
Павлова Г.	130
Панайотов Д.	335
Панев П.	329
Панева М.	272
Пачов Г.	318
Пеева И.	125, 170
Петков К.	258, 265
Петкова П.	213
Петров П.	76

ФАМИЛИЯ АВТОР	СТРАНИЦА ОТ СБОРНИКА
Попов Б.	272
Рангелов И.	138
Рачев Д.	164
Рачев П.	64, 112
Русев Р.	93
Стефанов Г.	48
Стоименов Н.	272, 329
Стоянов И.	318
Христов А.	318
Цветанов Г.	53
Цветков Т.	38
Чакърски Д.	4
Чернякова К.	175
Чикуртев Д.	138
Шехтов Х.	26
Шиваров Н.	138
Шиваров Н.	138
Шопов И.	70
Янева И.	100