

№4

березень 2021

збірник наукових праць

ТЕХНІЧНА ТВОРЧІСТЬ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ТЕХНІЧНА ТВОРЧІСТЬ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

№4 березень 2021 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Збірник наукових праць «Технічна творчість»

Засновано в жовтні 2015р.

Виходить 2 рази на рік

Хмельницький 2021, №4

Технічна творчість: Збірник наукових праць./ Укл.: Скиба М.Є., Поліщук О.С., Романець Т.П. Хмельницький: ХНУ, 2021. – № 4 - 54 с.

Редакційна колегія:

Голова: Скиба М. Є. - д.т.н., проф. член-кореспондент НАПНУ
Співголова: Радкевич В.О. - д.п.н., проф., член-кореспондент НАПНУ
Заступник голови: Поліщук О.С. – д.т.н., проф.
Відповідальний секретар: Романець Т.П. – к.т.н., доц.
Технічний редактор: Горященко К.Л. - к.т.н., доц.

Члени редакційної колегії:

Банек М. д.т.н. (Польща), Бромберек Ф. д.т.н. (Польща), Бойко Ю.М. д.т.н., Бояр П. к.т.н. (Польща), Бурмістенков О.П. д.т.н., Гергель М. д.т.н. (Польща), Гордєєв А.І. д.т.н., Горященко С.Л. к.т.н., Диха О.В. д.т.н., Драпак Г.М. к.т.н., Защепкіна Н.М. д.т.н., Злотенко Б.М. д.т.н., Майдан П.С. к.т.н., Мартинюк В.В. д.т.н., Матушевський М. д.т.н. (Польща), Місяць В.П. д.т.н., Мусел Я. д.т.н. (Польща), Олександренко В.П. д.т.н., Орловський Б.В. д.т.н., Панасюк І.В. д.т.н., Пуць В.С. к.т.н., Танські Т. д.т.н. (Польща),

**Рекомендовано до друку Рішенням Науково-технічної Ради
Хмельницького національного університету
Протокол № 4 від 18.03.2021 р.**

Наукові праці друкуються у авторській редакції
За достовірність фактів, назв та посилань на літературні джерела
відповідальність несуть автори

Адреса редакції Збірника наукових праць «Технічна творчість»:
Хмельницький національний університет
вул. Інститутська, 5, м. Хмельницький, Україна, 29016
кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
<http://maees.khnu.km.ua/>
e-mail: KafedraMA@i.ua

ЗМІСТ

1. <i>Л.М. Березін</i> ПАНЧІШНО-ШКАРПЕТКОВИЙ АВТОМАТ ЯК МЕХАТРОННА СИСТЕМА	5
2. <i>С.Л. Горященко, В.І. Онофрійчук</i> АНАЛІЗ МАНІПУЛЮВАННЯ ПОЛОЖЕННЯМ ДЕТАЛІ РОБОТОТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРИСТРОЄМ	7
3. <i>В.Ю. Денисюк, В.П. Симонюк, Ю.С. Лапченко</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ МІКРОПЕРЕМІЩЕНЬ ПРЕДМЕТНОГО СТОЛИКА МІКРОСКОПА З БІМОРФНИМИ П'ЄЗОАКТЮАТОРАМИ	10
4. <i>А.К. Кармаліта</i> ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ ДЛЯ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	12
5. <i>В.В. Пастернак, Л.М. Самчук, Н.М. Гулієва</i> ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА	14
6. <i>О. Polishchuk, М. Skyba, А. Polishchuk, S. Lisevich, М. Bonek, W. Matysiak</i> FACTORS AFFECTING STRENGTH CHARACTERISTICS PARTS AND LIGHT INDUSTRY PRODUCTS MANUFACTURED BY THE 3D-PRINTING METHOD	16
7. <i>А.М. Залізецький, В.І. Мельник</i> ЕЛЕКТРОННІ ВИМІРЮВАЧІ R, C, L З ПЕРЕТВОРЕННЯМ КОМПЛЕКСНОГО ОПОРУ В НАПРУГУ	18
8. <i>С.А. Плешко, Ю.А.Ковальов</i> АНАЛІЗ НАПРУЖЕНЬ, ЩО ВИНИКАЮТЬ У СТЕРЖНІ ГОЛКИ	21
9. <i>М. Luchynskiy, О. Polishchuk, О. Kravchuk, J. Musiał, М. Matuszewski, T. Kałaczyński</i> ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ТА ВІДТИСКУ НА МАТЕРІАЛИ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	23
10. <i>А.Ю. Кравчук</i> МОДЕЛЮВАННЯ ЗАПОВНЕННЯ ПОРОЖНИНИ ПРЕС-ФОРМИ РОЗПЛАВОМ ПОЛІМЕРУ ІЗ ВКЛЮЧЕННЯМИ	25
11. <i>М.М. Лецишин, Д.В. Стаценко, Б.М. Злотенко</i> КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІЙ ПРИЛАД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ВЗУТТЯ НА СТОПУ	27

12. М.Є. Скиба, Д.В. Прибега, С.В. Смутко АНАЛІЗ СПОСОБІВ НАНЕСЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ТЕКСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ	29
13. С.В. Смутко, Ю.В. Кошевко ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФОРМИ ЗАТОЧКИ ГОЛКИ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ НА ПРОЦЕС ПРОКОЛЮВАННЯ	31
14. О. Polishchuk, М. Skyba, А. Polishchuk, S. Lisevich, P. Zozulia, D. Voitsekhov ENGINEERING CALCULATIONS OF STRENGTH OF THE DETAILS MADE BY 3D-PRINTING METHOD	33
15. М.М. Рубанка, В.П. Місяць, М.В. Щербань ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИПРОБУВАЛЬНИХ МАШИН ЛАБОРАТОРІЇ ОПОРУ МАТЕРІАЛІВ	35
16. О.Г. Тимошук ОЦІНКА ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКУ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ПОРШНЕВИХ УЩІЛЬНЕНЬ ДЛЯ В'ЯЗКІСНОГО РЕЖИМУ НАТІКАННЯ ГАЗУ	37
17. О.О. Коротич ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ СПОЖИВАЧІВ	39
18. П.С. Майдан, А.В. Буряк МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ	41
19. С.І. Пундик ВИКОРИСТАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ПРИВОДУ В ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОМУ ПРЕСОВОМУ ОБЛАДНАННІ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	43
20. Т.П. Романець, В.С. Неймак, О.С. Поліщук ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ	45
21. А.В.Єрій, Т.П. Романець СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ РІВНЯ ІНСОЛЯЦІЇ НА ПОВЕРХНІ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА	47
22. А.Ю. Кравчук, О.А. Кравчук ДО ПИТАННЯ ПРО АРХІТЕКТУРНИЙ СТИЛЬ REST	49
23. В.С. Неймак, Т.П. Романець, О.С. Поліщук РОЗРОБКА МОДЕЛІ МЕХАНІЗМУ ТРАНСПОРТУВАННЯ МАТЕРІАЛУ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ «TYPICAL» 6850 КЛАСУ	51
24Т.В. Терлецький, О.Л. Кайдик, В.В. Пташенчук РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТУВАННІ SSTV	53

ПАНЧІШНО-ШКАРПЕТКОВИЙ АВТОМАТ ЯК МЕХАТРОННА СИСТЕМА

Березін Л.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

Огляд досягнень в машинобудуванні для текстильної галузі на міжнародній виставці ITMA підтвердив, що основою промисловості 4.0 стануть інтелектуальні самоорганізуючі функціональні мехатронні системи в поєднанні з сучасними інформаційними та комунікаційними технологіями. Тому нові бізнес-перспективи та креативність на конкурентному ринку спонукають виробників обладнання переходити від випуску традиційних засобів виробництва до груп взаємозв'язаних компонентів на основі новітніх досягнень технологій, комп'ютеризації, роботизації та автоматизації виробничих процесів. Це дозволить виготовлення одиничної продукції на основі попиту споживачів, що сприятиме просуванню електронної комерції. Очевидно, що такий підхід можливий тільки з використанням мехатронних систем.

Мехатронна система є сукупністю декількох модулів, які синергетично зв'язані між собою для виконання певних функціональних задач. Традиційна мехатронна система включає обов'язкові механічний (робочі органи, механічні ланки і передачі, електродвигуни, сенсори, додаткові елементи тощо), електронний (мікропроцесорні пристрої, силові перетворювачі, електроніка вимірювальних ланцюгів) та інформаційний модулі. Навіть при використанні стандартних компонентів мехатронна система будується монолітною, без використання зайвих інтерфейсів поміж модулями.

Розглянемо на прикладі панчішно-шкарпеткових автоматів новітні тренди з використання цифрових комп'ютерних технологій, що дозволяють реалізувати оснащення автоматів електронними системами керування та контролю за технологічними процесами в'язання. Конкуренентоспроможні рішення в умовах цифрової трансформації забезпечують розширення технологічних можливостей, реалізацію швидкого переходу на новий асортимент за рисунком, розміром та переплетенням, надзвичайну точність та стабільність позиціонування виконавчих механізмів, зменшення механічних складових та відповідно підвищення надійності, майже відсутність втручання оператора [1]. Таким чином, як шлях до досконалості панчішно-шкарпетковим автоматом потрібне ідеальне поєднання технічності, універсальності та продуктивності обладнання.

Скорочення кількості механічних деталей до (35...40)% досягається кардинальними змінами в конструкціях приводів автоматів, першочергово з використанням крокових двигунів [2]. Крім того, їх використання забезпечує підвищення продуктивності автоматів, передусім за рахунок зменшення інтенсивності відмов та скорочення тривалості виготовлення виробу, зокрема - при циклічній зміні амплітуд обертання голкового циліндру на заданий кут, що мінімізує холостий вибіг циліндру на реверсі при в'язанні п'яткових карманів. Оскільки в'язання п'ятки та сліду є найбільш довготривалим етапом технологічного циклу, використовували й інші підходи. Наприклад, в моделі Ange 14 W чеського виробника Uniplot на основі електронного способу відбору голок при односторонньому обертанні гольниці без використання пристроїв для зменшення та збільшення кількості голок, підвищення продуктивності забезпечується на (15...25)% в порівнянні з традиційним підходом. Цікаво, що незалежний відбір голок при зворотно-обертальному русі циліндру без участі будь-яких механічних пристроїв дозволяє розміщення п'ятки в будь-якому місці шкарпетки (такий проект реалізований на одноциліндрових автоматах HT 50 компанії Santoni).

Найбільшим еволюційним зрушенням вважається перехід до повної автоматизації виготовлення шкарпеток із закриттям миску на самому обладнанні без використання швейних операцій, що, безумовно, позитивно впливає на продуктивність та трудомісткість виробництва, а також на втрати сировини. Повністю автоматична зашивка з функцією «класична кеттлевка миску шкарпетки» застосована на автоматичному пристрої Rimaglio автоматів компанії Busi. Незалежна робота пристрою не впливає на функціонування самого автомату. Окрім традиційної зашивки миску, пристроєм реалізується операція вивертання шкарпетки на лицьову сторону для завершального процесу пакування, що виключає ручні операції при неперервному виробництві.

Для прошивання шкарпеток із закриттям пальців без перерви в роботі автомату швейцарською компанією Stäubli [3] розроблено пристрій D4S, який впроваджено на моделях автоматів Seven-R D4S Cloe Toe італійського виробника Rumi. Пристрій D4S характеризується високою ефективністю завдяки мінімізації простою та незалежній за часом роботі пристрою D4S і самого автомату. Пристрій D4S використовується на автоматах Rumi в якості додаткової опції.

Вирізняються автоматична система зашивки миску SbyS (Stitch-by-Stitch) [4] на автоматах GK725H, GK625H та GK525H компанії Lonati Group, система Toe Closer – на автоматах HF Super 4.7 PBT фірми Santoni, пристрій Lin-Toe® - на машині Jumbo фірми Sangiocomo S.p.A.

Очевидно, що в найближчій перспективі повне автоматичне в'язання шкарпеток стане глобальним стандартом в галузевому машинобудуванні, враховуючи високе співвідношення витрат і доходів та швидку віддачу інвестицій.

Застосування комп'ютерних можливостей щодо панчішно-шкарпеткових автоматів передусім стосується управління, наприклад, система 2900SL виробництва Stäubli на автоматах Rumi, програмне забезпечення Art-Gen – на автоматах Busi Giovanni, мікропроцесорні пристрої Deimo - на машинах Lucia D та Nova D. Врахо-

вучучи високі безвідмовність та довговічність електронних елементів мехатронних модулів, а також тенденцію до блочного їх конструювання, що позитивно впливає на ремонтпридатність, відмічається суттєве зростання надійності автоматів в цілому.

Оснащення програмним забезпеченням, системами для розробки виробів, дизайну та пов'язаних з ними технологій автоматизації виготовлення виробів є реальністю сучасних панчішно-шкарпеткових автоматів. Як приклад, оновлена версія SD програмного забезпечення на основі графічної програми Rudidraw для створення рисунків та редактора підготовки і управління програмами. На автоматах Rumi моделі Seven-R [5] програма реалізується в операційній системі Windows 95/98/2000/ME/XP, має специфічні функції управління для спрощення роботи операторів (доволі інтуїтивне створення креслень, можливість одночасно працювати з декількома відкритими кресленнями, висока розрядність із зручним масштабуванням для перегляду дрібних деталей), допускає роботу із сканером та принтером при передачі зображень в різних графічних форматах.

Створення моделей шкарпеток, управління всіма командами машини та контроль за процесом в'язання на автоматах Goal GK725H корпорації Lonati Group здійснюються програмним пакетом Digraph 3 Plus [6], який містить повну колекцію стилів і допомагає оператору комбінувати різними способами для отримання бажаних результатів. Компанією Uniplet A.S. розроблена система графічного дизайну, яка комплектується за двома програмами Stayler 4, Stayler 5 (розробник Deimo) та SuperGraphic (розробник Sunrise), що працюють в форматах PIC та BMP. На моделі автомату Idea Tegu компанії Busi Giovanni для проектування шкарпеткового виробу та виробничого моніторингу використовують програмні забезпечення S-Paint та SKMon відповідно.

Важливим є те, що під час роботи автоматів передбачена заміна або завантаження програм та параметрів їх функціонування через мережу або шляхом задалегідь підготовлених програм з пам'яті комп'ютера. Так, наприклад, оновлена версія програмного забезпечення Art-Gen на автоматах компанії Busi Giovanni [7] пропонує клієнтам на основі інтуїтивно зрозумілих функцій складання індивідуальних програм в'язання шкарпеток власного дизайну з подальшою відправкою через мережу та установкою на обладнанні.

Слід зазначити, що для програмного забезпечення (спеціального - програми керування, системного - операційні системи, драйвери) відсутнє поняття фізичного старіння, тобто усунення причин відмов (схритих дефектів) унеможливує їх повторення в подальшому і надійність програмних засобів з перебігом часу тільки збільшується.

Перехід до електронного відбору голок та переключення нитководіїв, окрім швидкої зміни асортименту сприяє розширенню кольорової гама, рисунків та переплетень на шкарпетках, що практично обмежується тільки уявою дизайнерів. Лідером в розробці швидкодіючих електромагнітних блоків відбору голок (актюаторів) є спеціалізована фірма Matrix [8]. Лнійка її продукції забезпечує високі динамічні характеристики (надзвичайно швидкий час перемикання), стабільну надійність, зниження енергії споживання та високий рівень точності.

Застосування електронного блоку управління розширює можливості керування незалежними кроковими двигунами для управління клинами, пневматичним переключенням нитководіїв, системами вакуумного відбору виробів, автоматичної зміни щільності виробу та anti-twist, пневматичним пристроєм Dream Box Solis для орієнтування виробів, датчиками положення типу Honeywell і Lesikar тощо.

Таким чином, електронний сектор у синергії з механічним має вирішальне значення для високого технологічного профілю, що характеризує все виробництво та завдяки останнім досягненням в області обробки даних, зв'язку та цифрової інтеграції дозволяє просування тенденцій до приєднання обладнання та виробничих процесів на цифровій базі до глобальної електронної мережі з подальшим входженням в Industry 4.0. Це дозволить в майбутньому окрім IT - рішень стосовно технологічних процесів, наблизитися до електронної комерції в системі all in one (від виробника до споживача та навіпаки), виходячи з попередніх замовлень, прогнозування попиту та оптимізації запасів сировини і продукції.

Перелік посилань:

1. Global Hosiery Machines Industry Research Report | Market Analysis, Industry Trends and Forecast 2017 – 2022. – Режим доступу: <https://www.researchcosmos.com/reports/reports/>. – Назва з екрану.
2. Latest single cylinder sock & hosiery knitting machine. – Режим доступу: <https://www.knittingindustry.com/sock-knitting-single-cylinder/>. – Назва з екрану.
3. Stäubli Flash ITMA 2019 ENG – Staubli. – Режим доступу: <https://www.staubli.com/en/file/22860.show>. – Назва з екрану.
4. GOAL SINGLE CYLINDER GK725H - GK625H - GK525H. – Режим доступу: <https://www.lonati.com/uploads/pdfgenerati/LON-GK-GK725H%20-%20GK625H%20-%20GK525H%20-ENG.pdf>. – Назва з екрану.
5. Rumi Seven R Socks Machine Use RUMIDRAW Graphical Program. – Режим доступу: <https://ar.pinterest.com/pin/647181408924422932/>. – Назва з екрану.
6. Dinemo Програмне забезпечення. Lonati Group. – Режим доступу: https://www.dinema.it/uploads/2019-9-6/brochure%20textile_LR.pdf. – Назва з екрану.
7. Busi Giovanni. – Режим доступу: <http://www.busigiovanni.com>. – Назва з екрану.
8. Matrix technology for textile industry. – Режим доступу: http://www.matrix.to.it/pdf/textile_dep.pdf. – Назва з екрану.

АНАЛІЗ МАНІПУЛЮВАННЯ ПОЛОЖЕННЯМ ДЕТАЛІ РОБОТОТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРИСТРОЄМ

Горященко С.Л.,

Онофрійчук В.І.

Хмельницький національний університет

Процес переміщення об'єкту можна розглядати в стаціонарній і рухомій системах координат. Дискретний процес, тобто процес, який виконується на нерухомих об'єктах, що приймаються за базові, раціональніше розглядати в стаціонарній системі координат як безперервний процес, що характеризується переміщенням рухомих об'єктів в рухомій системі.

Вихідне положення деталі (складальної одиниці) $D_i (E_{ui})$ в технологічному просторі можна характеризувати координатами X_{oi}, Y_{oi} і Z_{oi} особливої точки деталі C_{oi} (центра переміщення) і трьома одиничними векторами $\bar{n}_{oi}, \bar{t}_{oi}$ і \bar{b}_{oi} , взаємна орієнтація яких та ж, що і у координатних ортів (рис.1). Звичайно припустити, що вказані компоненти "жорстко" зв'язані з деталлю, завдяки чому орієнтація деталі в просторі визначається орієнтацією вказаних векторів (рисунок 3. 1), де кожен вектор орієнтації характеризується направляючими косинусами кутів α, β і γ між векторами $\bar{n}_{oi}, \bar{t}_{oi}$ і \bar{b}_{oi} і додатними напрямками осей OX, OY, OZ відповідно [1]:

$$\begin{pmatrix} \cos \alpha_{ni}, \cos \beta_{ni}, \cos \gamma_{ni}, \\ \cos \alpha_{ti}, \cos \beta_{ti}, \cos \gamma_{ti}, \\ \cos \alpha_{bi}, \cos \beta_{bi}, \cos \gamma_{bi}. \end{pmatrix}. \quad (1)$$

По аналогії положення орієнтованої деталі на складальній позиції характеризується набором параметрів

$$I_{oj} = \{Xc_{ij}, Yc_{ij}, Zc_{ij}, \cos \alpha_v, \cos \beta_v, \cos \gamma_v\}, \quad (2)$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, m, v = n, t, b, \quad (3)$$

де Xc_j, Yc_j, Zc_j – координати деякого умовного центру переміщення j -ї складальної позиції; $\cos \alpha_v, \cos \beta_v, \cos \gamma_v$ - направляючі косинуси векторів орієнтації складальної позиції $\bar{n}_{ci}, \bar{t}_{ci}$ і \bar{b}_{ci} .

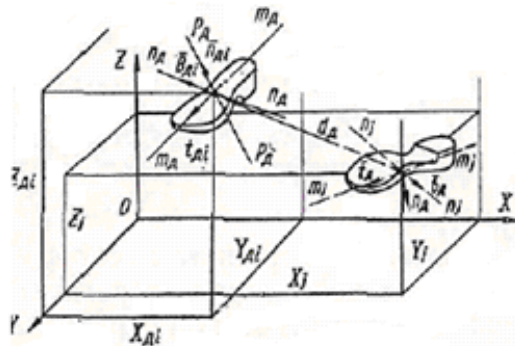


Рисунок 1 – Схема параметризації положення об'єкту в технологічному просторі

Значення координат має стохастичний характер, хоча розсіювання параметрів, що характеризуються положення деталі, проходить в деякій обмеженій області, обумовленій умовами виконання наступних операцій.

Геометрично задача переміщення формулюється умовами, при яких одноіменні ортогональні одиничні вектори, які належать складальним об'єктам (D_i, D_{i+1}), розміщені як завгодно в просторі, суміщуються. При цьому, враховуючи, що вектори представляють реальні об'єкти, їх суміщення з деякого моменту може бути тільки плоско-паралельним, щоб запобігти перетину об'єктів при маніпулюванні.

Вектори орієнтації першого \bar{a}_i і другого \bar{a}_{i+1} об'єктів можна представити сумою одиничних векторів [1, 2]:

$$\bar{a}_i = \bar{n}_{oi} + \bar{t}_{oi} + \bar{b}_{oi}; \quad (4)$$

$$\bar{a}_{i+1} = \bar{n}_{o_{i+1}} + \bar{t}_{o_{i+1}} + \bar{b}_{o_{i+1}}. \quad (5)$$

Умовою переміщення об'єктів є рівність радіус-векторів \bar{r}_i і \bar{r}_{i+1} точок C_{di} і $C_{d_{i+1}}$ і колінеарність векторів \bar{a}_i і \bar{a}_{i+1}

$$\begin{cases} \bar{r}_i = \bar{r}_{i+1}; \\ \chi \bar{d}_i + \lambda \bar{a}_i = 0, \end{cases} \quad (6)$$

де χ, λ - дійсні числа, що одночасно не дорівнюють нулю.

Якщо час позначити через t , то вектор-функція $\bar{r}(t)_i$ ($\bar{r}(t)_{i+1}$) опише траєкторію руху матеріальної точки $C\partial_i$ ($C\partial_{i+1}$), яка називається годографом векторної функції.

В прямокутній декартовій системі координат, якщо $\bar{r}(t)_i$ розкласти на базисні вектори $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$, отримаємо

$$\bar{r}(t)_i = x(t)_i \bar{i} + y(t)_i \bar{j} + z(t)_i \bar{k}, \quad (7)$$

де $x(t), y(t), z(t)$ є функціями від t .

Швидкість матеріальної точки

$$\bar{r}'(t)_i = x'(t)_i \bar{i} + y'(t)_i \bar{j} + z'(t)_i \bar{k}, \quad (8)$$

і вектор $\bar{r}'(t)$ має напрямок дотичної до годографа в точці t при зростаючих значеннях параметра t .

Початкове положення об'єкту характеризується положенням радіус-вектору \bar{r}_{oi}^n центра переміщення $C\partial_i$ і напрямком одиничних векторів $\bar{n}_{oi}^n, \bar{t}_{oi}^n, \bar{b}_{oi}^n$, а кінцеві - $\bar{r}_{oi}^k, \bar{n}_{oi}^k, \bar{t}_{oi}^k, \bar{b}_{oi}^k$. Таким чином, вектор-функція $\bar{r}(t)$ змінюється в інтервалі $\bar{r}_{oi}^n - \bar{r}_{oi}^k$, в яких $\bar{r}(t)_i = 0$.

Фізично задача маніпулювання формулюється умовами усунення розбіжності між параметрами об'єкта переміщення, які характеризують його початкове і кінцеве положення, що може бути представлено диференціальними рівняннями поступального і обертового руху:

$$m_{oi} \frac{d^2 x}{dt^2} = Q_x(t); J_{oi}^\alpha \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = M_\alpha(t); \quad (9)$$

$$m_{oi} \frac{d^2 y}{dt^2} = Q_y(t); J_{oi}^\beta \frac{d^2 \beta}{dt^2} = M_\beta(t); \quad (10)$$

$$m_{oi} \frac{d^2 z}{dt^2} = Q_z(t); J_{oi}^\gamma \frac{d^2 \gamma}{dt^2} = M_\gamma(t); \quad (11)$$

При відомих межах зміни параметрів розбіжності, масі об'єктів переміщення і моментах інерції $J_{oi}^\alpha, J_{oi}^\beta, J_{oi}^\gamma$ відносно відповідних осей можна визначити значення сил моментів як функції часу чи положення об'єкту у просторі.

При автоматизованому маніпулюванні робототехнологічним пристроєм важливим є положення в просторі поверхонь переміщення, а не деталей. Завдяки цьому форма і розміри деталей неважливі для аналізу процесу з позицій його кінематики, складовими елементами яких є базування, захоплення, подача, орієнтування і переміщення.

Пов'яжемо з об'єктом переміщення три взаємно перпендикулярні осі sx, sy, sz (рисунок 2), що проходять через деяку точку s .

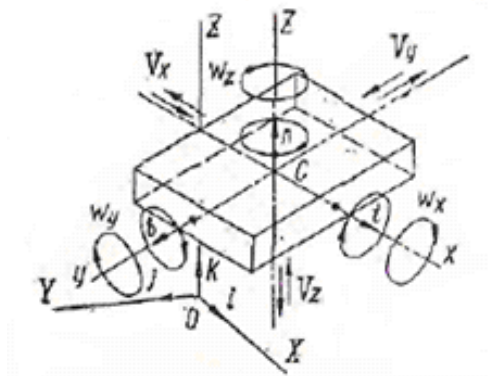


Рисунок 2 – Схема переміщення і обертання об'єкту відносно власних осей

Додатній напрямок осей позначимо одиничними векторами \bar{n} , \bar{t} , \bar{b} , які характеризують орієнтацію об'єкта в просторі відносно деякої стаціонарної системи координат з осями OX , OY , OZ і координатними ортами \bar{i} , \bar{j} , \bar{k} .

Вектори \bar{n} , \bar{t} , \bar{b} орієнтації об'єкта характеризують як геометричні, так і його фізичні ознаки.

Положення об'єкту в просторі може бути представлено наступним чином:

співпадаюче з початком базової системи координат, включаючи орієнтацію в просторі за додатнім напрямком осей

$$U_0 = \{0, 0, 0, i, j, k\}; \quad (12)$$

співпадаюче з початком координат, але з відмінною орієнтацією в просторі

$$U_{01} = \{0, 0, 0, \alpha_1, \beta_1, \gamma_1\}, \quad (13)$$

де α_1 , β_1 , γ_1 - кути між ортами і векторами орієнтації;

співпадаючі з орієнтацією, але з непокінченими осями

$$U_{i0} = \{x_i, y_i, z_i, i, j, k\}; \quad (14)$$

довільно встановленим

$$U_i = \{x_i, y_i, z_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i\}. \quad (15)$$

Вектор \bar{b} орієнтації об'єкту в просторі “жорстко” зв'язаний з вектором \bar{n} і вектором \bar{t} . Завдяки цьому орієнтацію за напрямком \bar{b} можемо замінити парою векторів \bar{n} і \bar{t} . На основі цього можна стверджувати, що вектори \bar{n} і \bar{t} однозначно визначають положення об'єкту в просторі.

Положення об'єктів переміщення в просторі визначається технологічними і технічними умовами переміщення. Якщо, наприклад, об'єкт переміщення з одного положення, що характеризується умовою $U_0 = \{0, 0, 0, i, j, k\}$, переводиться в інше положення, що характеризується умовою $U_i = \{x, 0, h, +i, -j, -k\}$, то за допомогою операторних формул можна отримати набір можливих рішень поставленої технологічної задачі. Зокрема, такими рішеннями будуть:

$$V_z(h) \cup [-V_x(l)] \cup \omega_x(\pi); \quad (16)$$

$$W_z\left(\pi \left| \frac{1}{2} l \right.\right) \cup V_z(h) \cup \omega_x(\pi); \quad (17)$$

$$W_y'\left(\pi \left| \frac{1}{2} \right.\right) \sqrt{(-V_x)^2 + (V_x^2)} \cup \omega_x(\pi). \quad (18)$$

В процесі автоматизованого переміщення важливим є кінцеве положення об'єкту, завдяки чому послідовність дії операторів не має принципового значення. Ця важлива кінематична особливість процесу дозволяє вирішити технологічну задачу переміщення при будь-якій послідовності дії виконавчих механізмів складально-го автомата, а також при їх одночасній дії. В останньому випадку досягається найвища продуктивність процесу роботи робототехнологічного обладнання.

Перелік посилань:

1. Тонковид Л. А. Автоматизация сборочных процессов в обувном производстве. – К.: Техніка, 1984. – 247 с., ил, - Библиогр.: с. 245 – 246.
2. Набалов Т. А. Оборудование обувного производства: Учебник для сред. спец. учеб. заведений. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 464 с.: ил. – ISBN – 5 – 7088 – 0251 – 0.
3. Горященко С.Л. Система технічного зору з штучним інтелектом для захоплення циліндричних об'єктів роботом / С. Л. Горященко, К. Л. Горященко // Комп'ютерні системи та інформаційні технології. – 2020. – № 1. – С. 46-52.
4. Systems of vibration parameters automated control for diagnostics of equipment technical state. Serhiy Horiashchenko, Oleg Polishchuk, Marcin Łukasiewicz, Maciej Matuszewski, Vladimir Boykov, MATEC Web of Conferences 332, 01013 (2021).
5. Development equipment for hydro-jet forming of women designer's headwear Olena Yakymchuk, Dmytro Yakymchuk, Nataliia Bilei-Ruban, Iryna Nosova, Serhiy Horiashchenko, Kostyantyn Horiashchenko, Tetyana Kisil, Viacheslav Tuz. 2020/11/12 International Review of Applied Sciences and Engineering, 11/3, p. 261-268.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ МІКРОПЕРЕМІЩЕНЬ ПРЕДМЕТНОГО СТОЛИКА МІКРОСКОПА З БІМОРФНИМИ П'ЄЗОАКТЮАТОРАМИ

Денисюк В.Ю., Симонюк В.П., Лапченко Ю.С.
Луцький національний технічний університет

З розвитком мікро- і нанотехнологій, мікро- та наносистемної техніки зростає потреба в пристроях для точного позиціонування об'єктів. У системах керування взаємним позиціонуванням досліджуваного об'єкта або заготовки з робочим органом тестового, виробничого обладнання або інструментом важливу роль грають сучасні виконавчі механізми – актюатори для мікро- та нанопозиціонування, побудовані на різних принципах дії. Від їх точності в основному залежить ефективність функціонування систем керування і точність позиціонування об'єктів.

Найбільш перспективними способами переміщення в нанопросторі є мікроманіпуляційні системи на базі п'єзоелектричних виконавчих пристроїв, технічні характеристики яких дозволяють створювати: жорсткі безлюфтові та безредукторні електромеханічні виконавчі механізми з низькою швидкістю обертання і переміщення; електромеханічні пристрої, які ефективно замінюють силові електроприводи, електромагніти та інші електромеханічні пристрої.

На сьогоднішній день у багатьох галузях промисловості з високими вимогами до точності багатокординатні системи точного позиціонування часто використовуються в сучасній медичній і біологічній техніці. Вони, зокрема, призначені для переміщення і встановлення в певному положенні мікрооб'єкта в поле зору мікроскопа. Системи позиціонування можуть різнитися за своєю конструкцією і дозволяють переміщати мікрооб'єкт по вертикалі, горизонталі і здійснювати поворот мікрооб'єкта на певний кут з високою точністю [1, 2, 5].

Для задач в області біології, медицини та електронного машинобудування, пов'язаних з роботою над мікрооб'єктами, ефективно використовувати п'єзоприводи на базі БПА з паралельною кінематикою [3, 4]. Тому модуль точних переміщень двокоординатного предметного столика для переміщення мікрооб'єктів повинен володіти компактністю, конструктивною простотою, достатньою для зазначених задач точністю і швидкодією, а також відносно низькою вартістю.

Завдяки перевагам п'єзоелектричних приводів, таким як висока жорсткість, точність, компактність і невисока вартість, заслуговують на увагу багатокординатні системи, що складаються з модуля грубих переміщень великих діапазонів і модуля точних переміщень з біморфними п'єзоелектричними приводами.

Комплекс для дослідження мікрооб'єктів складається з основи, мікроскопа, відеокамери, мікроманіпулятора, автоматизованої багатокординатної системи столика, джойстиків, монітора і системи керування. Для здійснення грубих переміщень по осях X , Y , Z в діапазоні до 50 мм можна використовувати трьохкоординатний модуль на базі крокових двигунів, а для точних переміщень на ньому встановлений модуль точних переміщень предметного столика на базі біморфних п'єзоактюаторів (БПА). Подібна автоматизована система має на порядок нижчу вартість в порівнянні з високоточними одномодульними системами позиціонування такого ж діапазону переміщень, оснащеними абсолютними енкодерами в якості датчиків переміщень. Переміщення столика в діапазоні до 0,5 мм з точністю близько 0,5 мкм з використанням багатошарових п'єзоперетворювачів проблематичне, так як максимальні переміщення на 1–2 порядки менше необхідного при прийнятних габаритах. З цієї причини перспективним є використання БПА.

На рис. 1 зображена схема керування двокоординатного столика. Вона містить цифрову і аналогову частини: блоки пристрою керування, блоки приводів (БПА) і допоміжні блоки. Блоки пристрою керування включають контролери, панель оператора, ЦАП і АЦП, підсилювачі і датчики зворотного зв'язку (емнісні).

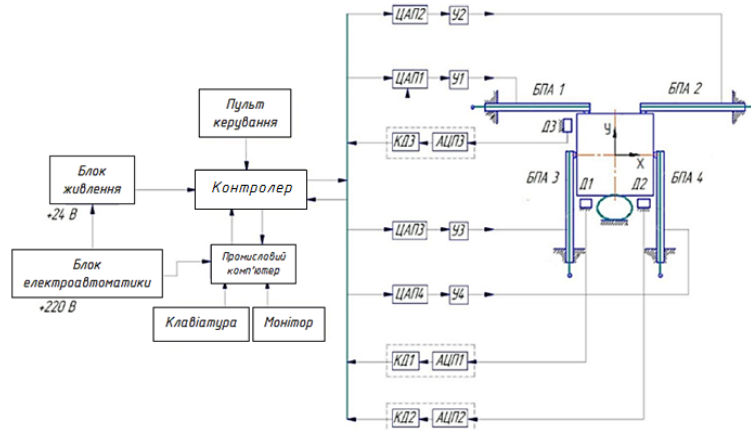


Рис. 1. Схема керування модуля точних переміщень столика:

Д1-Д3 – емнісні датчики переміщення; КД1-КД3 – контролери датчиків; ЦАП1-ЦАП4 – цифро-аналогові перет-

Для переміщення столика по осі X на БПА 3 і 4 подаються електричні напруги $U_3 = U_4$. У цьому випадку вільні кінці БПА переміщуються в одну сторону, зрушуючи столик вправо або вліво залежно від знаку напруги.

Для надійного і стабільного функціонування столика необхідно розробити алгоритми керування столиком. Ці алгоритми різні для переміщень по осях X і Y . Так як по осі Y існує постійне силове замикання за допомогою пружини, то алгоритми керування по осі Y досить прості. Для осі X ситуація складніша.

На рис. 2, а показана залежність переміщення столика ξ_x від напруги U_4 , на рис. 3, б – від напруги U_3 , які розраховані за формулою:

$$\xi_x = \frac{A}{2}(U_3 + U_4). \quad (1)$$

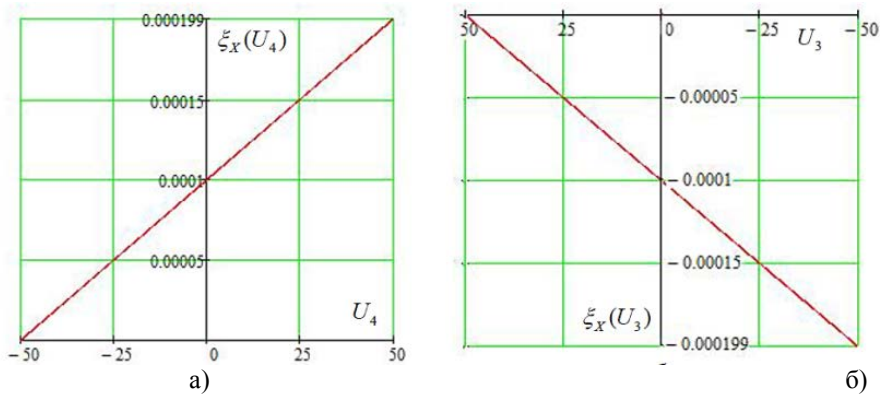


Рис. 2. Залежність переміщення столика (м) від напруги U (В)

а – від напруги U_4 при фіксуванні значення $U_3=U_{max}$; б – від напруги U_3 при фіксуванні значення $U_4=-U_{max}$

Наведені залежності (рис. 2) дозволяють розробити алгоритм керуючих сигналів, що подаються на БПА, для переміщення столика по двох координатах.

Допоміжні блоки складаються з блоку електроавтоматики, блоку живлення. Блок електроавтоматики забезпечує електроенергією комп'ютер і блок живлення.

Від промислового комп'ютера сигнал через перехідник USB-COM подається на контролер. Від контролера сигнали через ЦАП1, 2, 3, 4 і підсилювачі У1, 2, 3, 4 подаються на БПА1 – 4. Сигнали з ємнісних датчиків переміщень Д1, 2, 3 використовуються у колі зворотного зв'язку за положенням. Для переводу з аналогової форми в цифрову використовуються АЦП1, 2, 3. Покази датчиків (Д1, 2, 3) через АЦП1, 2, 3 і контролери датчиків (КД1, 2, 3) надходять в систему керування, яка при кутовому відхиленні столика повертає його в положення, перпендикулярне початковому положенню. Це необхідно для забезпечення плоскопаралельного руху по осях X і Y з заданою точністю.

За допомогою пульта керування, що має зв'язок з контролером, оператор вмикає/вимикає столик і задає необхідні програми.

Алгоритм керування модуля точних переміщень столика з БПА забезпечує його ефективне функціонування в автоматичному і ручному режимах. Встановлено, що від схеми керування мехатронного модуля і параметрів основних її елементів, зокрема, цифрових ємнісних датчиків з контролером в основному залежить точність роботи всього модуля.

Перелік посилань:

1. Бардин В.А., Васильев В.А. Актуаторы нано- и микроперемещений для систем управления, контроля и безопасности // Современная техника и технологии, 2014. №2 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/02/3057> (дата обращения: 15.02.2016).
2. Бобцов А.А., Бойков В.И., Быстров С.В., Григорьев В.В. Исполнительные устройства и системы для микроперемещений.- СПб ГУ ИТМО, 2011.- 131 с.
3. Зиеп Хоанг Фи, Смирнов А.Б. Исследование предметного столика с биморфными пьезоактуаторами // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 12. С. 1043 – 1048.
4. Смирнов А.Б. Элементная база автоматических машин и оборудования. Мехатронные модули микроперемещений технологических машин: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 172 с. [Электр. ресурс] URL: <http://elibr.spbstu.ru/dl/2/3878.pdf/view> (дата обращения 11.01.2016).
5. Денисюк В.Ю., Симонюк В.П., Лапченко Ю.С., Шибковський І.А. Метрологічне забезпечення вимірювання механічних та трибологічних властивостей матеріалів на субмікронному і нанометровому діапазонах лінійних розмірів / “Перспективні технології та прилади”. Збірник статей. Випуск 17. м. Луцьк, грудень 2020 р. – Луцьк: Луцький НТУ, 2020. – С. 33–41.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ ДЛЯ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Кармаліта А.К.

Хмельницький національний університет

Промислові роботи займають все більшу частку в технічному оснащенні підприємств легкої промисловості. Більша частина з них це не адаптивні програмні роботи, які працюють по жорсткій програмі. Менша частина це адаптивні роботи, які мають сенсорні захвати. Якщо для програмних роботів необхідне обов'язкове впорядкування середовища об'єктів обробки то для адаптивних потрібні сенсорні захвати, які будуть розпізнавати положення тих же об'єктів. Як в першому так і в другому випадку необхідно створити системи для контролю положення об'єктів роботизації. Очевидна необхідність в наукових дослідженнях, направлених на створення ефективних способів контролю, отримання чітких рекомендацій і типових методик розрахунку контролюючих пристроїв, а також розробка конструкцій цих пристроїв. На відміну від приладобудівної та машинобудівної промисловості, де орієнтування та контроль положення в основному виконується по геометричних ознаках об'єкта, в легкій промисловості потрібно виконувати додатковий вид контролю положення – по властивостях поверхонь, тому що деталі одягу та взуття з шкіряних матеріалів мають лицьову та бахтарм'яну поверхні, а деталі із штучних матеріалів та тканин мають лицьову та виворотну сторони, які мають різні властивості.

Задачі орієнтування включають в себе елементи проблеми розпізнавання об'єктів, а саме розпізнавання положення об'єктів по відношенню до робочих органів технологічних машин чи захватів промислових роботів. Признаками для розпізнавання є властивості асиметрії деталей: форми, фізичних властивостей, положення центра мас, властивостей поверхонь. Деталі з асиметрією форми поділяються на ті, що мають асиметрію зовнішньої поверхні (виступи на торцях, пази на циліндричних поверхнях та ін.) і на ті, що мають асиметрію внутрішніх поверхонь. Деталі з асиметрією фізичних властивостей мають асиметрію магнітних, електричних, пружних та інших властивостей. Деталі, що мають асиметрію центра мас, діляться на деталі, в яких центр мас співпадає з геометричним центром деталі і в яких центр мас не співпадає з геометричним центром деталі. Деталі з асиметрією властивостей поверхонь поділяються на тих, що мають асиметрію твердості, шорсткості, пружності, щільності, електропровідності, кольору, коефіцієнта тертя та інших властивостей. В залежності від характеристик, для кожного конкретного об'єкта можна вибрати один із відомих методів контролю його положення. Контроль положення деталі на позиції орієнтування може бути пасивним (калібри для контролю розмірних характеристик) чи активним (з використанням датчиків для подачі управляючих сигналів на виконавчі механізми).

Більшість деталей одягу та взуття обробляється і поступає на складання в плоскому вигляді і тільки в процесі складання набуває просторової форми. Автоматичне орієнтування таких деталей є більш важкою задачею чим орієнтування тіл обертання по тій причині, що плоскі деталі можуть мати більше число різних положень. Крім того задача ускладнюється ще додатковими факторами: невеликою жорсткістю деталей, складною конфігурацією, неточністю розмірів, асиметрією властивостей поверхонь, великою кількістю типорозмірів, парністю деталі та ін. Перелік технологічних операцій, де можуть знайти застосування промислові роботи, дуже різноманітний. Це і завантаження і розвантаження позицій обробки об'єктів в технологічних машинах, складування і пакування виробів, фарбування і очистка поверхонь, між операційне транспортування, комплектація та інші.

Таким чином, для активної взаємодії промислового робота як програмного так і адаптивного з реальним навколишнім середовищем, необхідна інформація про властивості і стан цього середовища в робочій зоні. Співставлення цієї інформації з аналізом «стану» самого

робота, його виконавчих органів відносно об'єктів ціле направлено формують оптимальні дії промислового робота. Основні параметри стану робота (положення і швидкість переміщення його елементів, зусилля в ланках та інші) і середовища (положення і орієнтація предметів, їх форма, параметри збудження які поступають на робот в процесі його роботи) визначаються сенсорними пристроями робота, які складають основу інформаційної системи його сприйняття. Розрізняють сенсорні пристрої внутрішньої і зовнішньої інформації. Це в більшості випадків перетворювачі механічних параметрів (переміщень, обертань, зусиль, тисків, крутних моментів) в електричні сигнали, що застосовуються в системах управління об'єктами. Сенсорні пристрої зовнішньої інформації призначені для отримання відомостей про стан зовнішнього середовища. Інформація збирається з допомогою тактильних, оптичних, ультразвукових, пневматичних та інших датчиків. Інтелектуальні роботи, завдяки оснащенню мікропроцесорною технікою, можуть самостійно координувати свої дії із сприйманням форм, розмірів, стану і положення об'єктів. Характерна їх властивість це можливість адаптивного перепрограмування.

Різні аспекти застосування промислових роботів в легкій промисловості розглядаються, як правило, в рамках типових проектів промислового виробництва: виходячи з наявних вимог, вибирається оптимальний варіант, в якому конкретизований необхідний для даної задачі тип робота, їх кількість, необхідна інформаційна система, а також вирішуються питання інфраструктури живлення (силові підводки, подача охолоджуючої рідини – у разі використання рідинного охолодження елементів оснащення) та інтеграції у виробничий процес (забезпечення заготовками/напівфабрикатами і повернення готового продукту в автоматичну лінію для передачі наступній технологічній операції).

Перелік посилань:

1. Проць Я. І. Захоплювальні пристрої промислових роботів: Навчальний посібник./ Я.І. Проць — Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя, 2008. — 232 с.
2. Кармалита А.К., Пискорский Г.А.Способ контроля положения плоских деталей обуви по фрикционным свойствам поверхностей. А.с.№1057000. Опубликовано 30.11.83 г. Б.И. №44
3. Кармалита А.К., Пискорский Г.А.Способ подачи деталей обуви с различной шероховатостью поверхностей на технологи-ческую обработку. А.с.№1063378 Опубликовано 30.12.83г. Б.И. №48
4. Кармалита А.К., Пискорский Г.А.Устройство для контроля положения и сортировки плоских деталей обуви по шероховатости и ворсистости поверхностей. А.с.№1120506 З грифом "Для служебного пользования»
5. Кармалита А.К., Пискорский Г.А.Вибрационное устройство для ориентирования плоских деталей. А.с.№141124 Опубликовано ОИПОТЗ, №2

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА

Пастернак В.В.,
Самчук Л.М.,
Гулієва Н.М.

Луцький національний технічний університет

Індустрія мехатроніки та робототехніки отримала надзвичайну увагу як у популярній пресі, так і в наукових та фінансових спільнотах всього світу [1]. Однак, щоб спроектувати та дослідити найбільш простий об'єкт необхідно попередньо вирішити безліч завдань, наприклад, вибір точного співвідношення корисних і холостих ходів, забезпечення маневреності, стійкості в повсякденному функціонуванні і т.д. Не варто забувати і про те, що для дослідження мехатронних систем вирішальне значення має взаємодія реалізації функцій механічної та електронної частини [2]. Тому, розвиток методичного та математичного забезпечення автоматизованого проектування об'єктів мехатроніки, а саме вироблення методики та практичних рекомендацій для вибору оптимального програмного і математичного забезпечення, зокрема обґрунтування можливостей використання систем автоматизованого керування в машинобудуванні є актуальним завданням.

Використання єдиної системи агрегатно-модульної побудови промислового робота (ПР), що містить конструктивні модулі маніпуляторів, захватних механізмів, уніфіковані блоки циклового і числового програмного керування, а також комплектуючі вузли (електро-, гідро-і пневмоприводи, датчики-перетворювачі і засоби автоматики), дає можливість розробити загальний типаж засобів автоматизації в машинобудуванні [2]. Для перевірки ефективності автоматизації за рахунок застосування робототехніки здійснили розрахунок за допомогою методів скінченних елементів. Який дозволив оцінити усі технологічні можливості та конструкцію промислових роботів при певних режимах роботи. Слід відмітити, що дана конструкція промислового робота дозволяє визначити наступні основні параметри: вантажопідйомність, кількість ступенів рухливості, форму і розміри робочої зони, помилку позиціонування і тип системи керування.

На рис. 1. представлено загальний вигляд промислового робота у вікні програмного забезпечення SolidWorks.

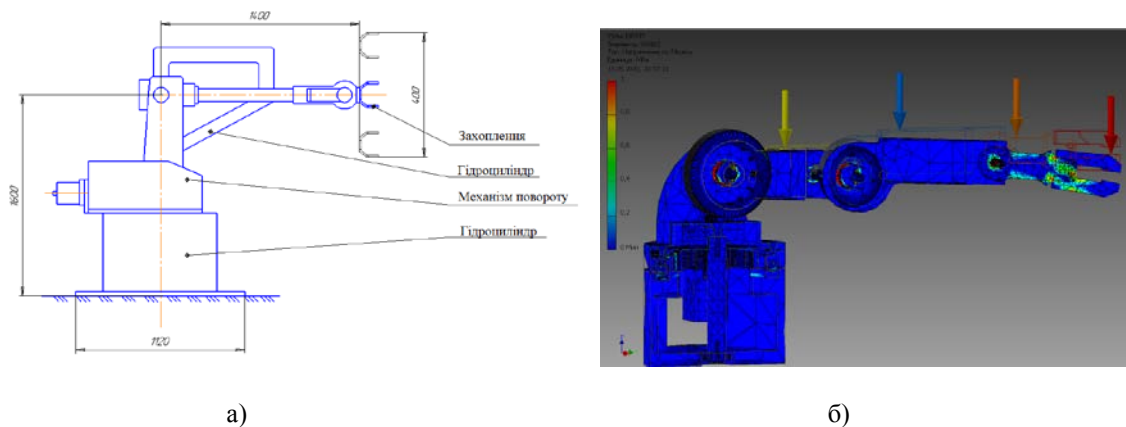


Рис. 1. Загальний вигляд промислового робота, де:
а) 2D-креслення робота маніпулятора; б) 3D-модельовання маніпулятора методом скінченних елементів

Виявили, що найбільш важливою з технологічної точки зору є пристрій захоплення (ПЗ) базування об'єкта маніпулювання. У свою чергу, пристрій захоплення є центруючим органом, який визначає положення осі площини симетрії об'єкта (заготовки, деталі, інструмента і т.д.) при установці в затискне пристосування, накопичувальний пристрій або робочий орган верстата. А також, при виборі ПЗ для промислового робота необхідно в якості вихідних даних враховувати: 1) тип і конструкцію основного і допоміжного технологічного виробництва (наприклад, верстатів, накопичувальних чи транспортних пристроїв і т.д.), які обслуговуються даним ПР; 2) характеристики об'єкта маніпулювання; 3) тип і конструкцію самого ПР; 4) особливості технологічного процесу, які виконуються робото-технічним комплексом.

У залежності від форми і габариту об'єктів маніпулювання ПЗ можуть бути різних типорозмірів: – для коротких тіл обертання (типу фланців) діаметром до 160, 200, 250 і 315 мм (масою від 10 до 40 кг); – для довгих тіл обертання (типу валів) діаметром до 60, 80, 100 і 160 мм (з масою від 10 до 160 кг); – для призматичних (копусних) виробів розміром до 160, 250 і 400 мм (з масою від 10 до 40 кг) і т.д.

На рис. 2 представлені основні структурні елементи роботизованого комплексу.

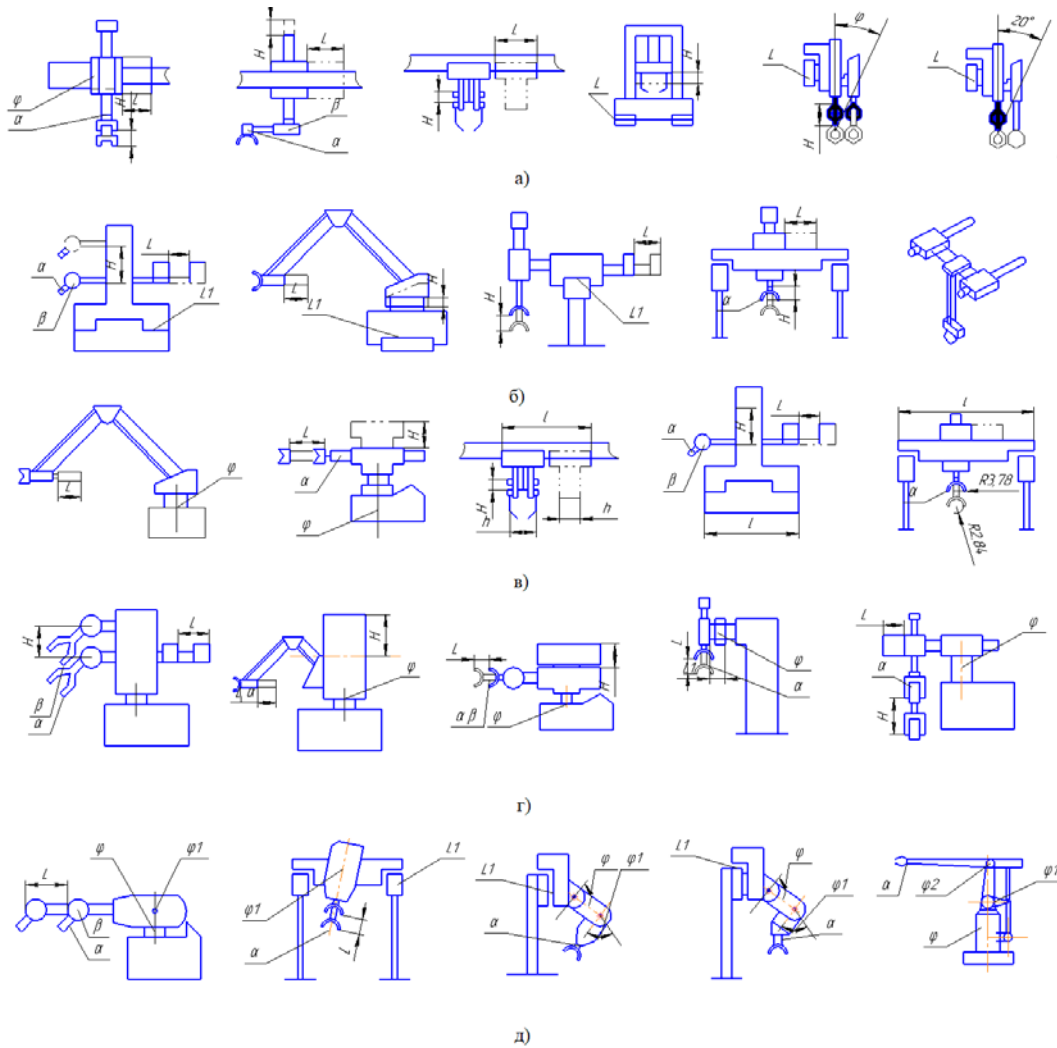


Рис. 2. Основні структурні елементи роботизованого комплексу, де: L – горизонтальне переміщення руки; H – вертикальне переміщення руки; L1 – горизонтальне переміщення корпусу робота-маніпулятора; H1 – лінійне переміщення кисті руки; φ – кут повороту маніпулятора; φ_1 , φ_2 – кути повороту ланок руки; α – кут повороту кисті руки; β , b – кути гойдання кисті руки

Слід відмітити, що вдосконалення системи керування даного промислового робота дозволяє звільнити людину від виконання механічної роботи, компенсувати усі зростаючі потреби у низько-кваліфікованій праці. Основними передумовами застосування даного промислового робота є:

- полегшення праці робітника з кінцевою метою звільнення його від некваліфікованої, монотонної, а також важкої праці;
- підвищення продуктивності праці і якості продукції, що випускається, за рахунок інтенсифікації технологічних процесів і забезпечення постійного режиму роботи виробництва у дві і три зміни;
- створення передумов для наступного якісного стрибка в організації виробництва і переходу до цілком автоматизованого гнучкого виробництва.

Перелік посилань

1. Василенко О.В. Дослідження мехатронних систем та об'єктів / О.В. Василенко, С.В. Павлоград. – М.: Машиностроение, 2014. – 136 с.
2. Павловський М.А. Дослідження мехатроніки в сучасному світі / М.А. Павловський. – М.: Машинознавство, 2016. – 116 с.

FACTORS AFFECTING STRENGTH CHARACTERISTICS PARTS AND LIGHT INDUSTRY PRODUCTS MANUFACTURED BY THE 3D-PRINTING METHOD

Polishchuk O., Skyba M., Polishchuk A., Lisevich S.
Khmelnitskiy National University
Bonek M., Matysiak W.
Silesian University of Technology

Light industry is a branch of the Ukrainian economy with a difficult path of formation. In Soviet times, it was never one of the priority industries, and in the early '90s of the twentieth century, the production of light industry goods fell several times. Today, its gradual recovery has begun through the opening of small and medium-sized enterprises for the production of clothing, footwear, and accessories, which have found their niche in the market. To achieve significant success in the future, light industry enterprises need to anticipate world fashion trends and master modern technologies and equipment.

What trends will determine the development of the industry in the coming years? There is a replacement of valuable fabrics from natural raw materials (flax, cotton, wool, and others) with new synthetic materials. Besides, there is a growing demand for high-tech "smart fabrics", such as fabrics that self-clean, glow, accumulate solar energy, and so on.

Another trend is the personalization of clothing and the development of small industries using 3D printing. The use of 3D printing in the manufacture of clothing and footwear will bring the garment and footwear industry to a new level [1].

In the modern manufacture of light industry products, the role of additive technologies or 3D printing - a new method of manufacturing parts [2]. One of the most common types of additive technologies is the method of layer deposition modeling (FDM), which uses the process of layer-by-layer build-up of material. Plastics, metals, and alloys can be used as starting material. This method is the most widespread and is used for the manufacture of parts resistant to high temperatures, mechanical loads, harsh climatic conditions. The application of successive layers of material using the method of layer-by-layer surfacing leads to the formation of a multilevel physical structure of the material of the part [3].

In the light industry a few years ago, 3D printing was used only for rapid prototyping of models, but now it is increasingly used in the mass production of parts and products of clothing and footwear. Today, the use of 3D printing reduces the cost of parts and reduces production time. Both of these factors are of practical interest to light industry enterprises in conditions of high competition. This is especially true for small studios, working on individual orders, where there is a constant update of the range. Besides, additive technologies allow you to create parts, the manufacture of which by traditional methods of production is almost impossible for technical or economic reasons.

The parts made on the 3D printer have the provided service life during which their mechanical durability and reliability should be provided. Ensuring the durability of parts is the most important task of designers and technologists. To ensure the durability of light industry products, they must have high strength characteristics.

Consider the main factors that must be considered by a design engineer or process engineer in the manufacture of parts and products of light industry by the method of additive technologies.

The strength characteristics of parts and finished products of a light industry can be influenced by the following factors: anisotropy of properties; layer thickness; the degree of filling of the polymeric material and the orientation of the model relative to the printing platform.

Anisotropy of properties. Printed parts by layer-by-layer surfacing have different mechanical properties in different directions. This feature is observed in multilayer composites for modeling which uses the theory of materials consisting of many layers [3].

Layer thickness is a parameter that can be adjusted to determine the vertical height (Z-axis) of the print head when moving to the next layer of 3D printing.

When using the method of layer-by-layer surfacing, the thickness of the layer can vary from 120 to 330 μm . There may be smaller values, but with a standard 0.4 mm nozzle, they do not make sense (there will be no significant difference in quality). There may be larger values, but they require the use of a larger diameter nozzle. The typical value for this parameter with a typical 0.4 mm nozzle is 0.2 mm (200 μm) [4].

It should be noted that the thickness of the layer directly affects the quality of the surface. The lower the height of the layer, the better the surface quality. This is especially noticeable on surfaces that deviate slightly from the vertical or horizontal. The type of 3D printer, the speed at which the printing process will take place, and so on, will also affect the surface quality. But on the other hand, the greater the height of the layer, the faster the printing itself, and accordingly reduces the cost of manufacturing a part or product. Also, the height of the layer will affect the strength of the printed finished product. The greater the height of the layer, the stronger the product will be. Thin layers are used for parts of complex shape or when the requirements for surface smoothness outweigh the requirements for the strength of the part.

Filling a part or finished product with 3D printing with a polymer material is a customizable parameter that regulates the amount of material and voids inside the contour of the model. The contour of the model (default is 1.2 mm) is the wall that separates the outer space from the inner model. Since the models for printing ultimately have a closed volume, the interior space is always hidden.

When performing printing, by default, this parameter is set equal to 12.5% (12.5% - material, 87.5% - voids). In this way, the required minimum strength is achieved. But, in turn, the degree of filling will affect the printing time of the model, its weight, and cost. Accordingly, the higher the filling, the greater the weight and printing time of the model, and accordingly the cost.

When printing parts and light industry products, depending on their purpose, you can choose any filling from 10 to 100 percent. But as noted in the literature [4], to ensure a minimum reserve for depreciation, it is better not to choose to fill more than 90%. Also, many tests have shown that 90 percent filling is stronger than 100 percent. The presence of free space inside adds additional strength under dynamic loads and when operating the object in changing conditions (eg cooling-heating), due to the possibility of the material being depreciated in the empty space. This is a topical issue for light industry products. Moreover, 100 percent filling should adversely affect the surface quality of the part. It may appear small excess polymer. And this is relevant for the details of clothing and footwear.

The location of the part on the work platform is determined by the operator of the 3D printer and can significantly affect both its strength and the surface quality of certain areas. In some cases, this parameter is unregulated, as the shape of the model dictates the only correct location. For example, the part of the shoe in the form of a plane with relief should lie on the plane of the printing table (and not stand vertically) so that the relief was directed upwards.

The location of the part or product on the platform of the 3D printer will affect their strength. In [4], this issue is investigated based on printing a parallelepiped with a size of 10:10:10 mm. When printing, when the plane 10:10 mm is placed on the platform of a 3D printer, the layers are located along the main plane. When printing on the "edge" (plane 10:10 mm) layers are located across the main plane. The author's tests of printed models in different planes showed that the model in which the layers are located along the main plane has a strength six times greater. The location of the part or product on the table will also affect their quality. The quality of the surface on different sides will largely depend on the shape of the model and the presence or absence of support for complex parts.

Accordingly, when 3D-printing a light industry product, it is necessary to take into account which parts of it should have greater strength and have the model accordingly. Also keep in mind that when printing the same model with the same 3D printer settings using support structures, the printing time and weight may differ.

Defects. As in any production process, tool adjustment, source material properties, external conditions, and other factors can disrupt the proper operation of the part. Some types of defects that occur due to geometric limitations of the layer-by-layer deposition method can affect the formation and propagation of cracks. There are two types of defects - superficial and internal [3]. Surface defects are usually caused by process technology and occur at the boundary of two layers or geometry features - insufficiently smooth description of the geometry in the original STL-file, based on which 3D-printing is performed. Internal defects are cavities and shells that occur due to the ratio of the curvature of the stacking and the thickness of the threads of the source material. The presence of defects leads to a decrease in the strength of the part or product.

Taking into account the above factors in the design and manufacture of parts and products of the light industry by 3D printing will lead to a significant increase in their mechanical strength. And this, in turn, will increase the reliability and durability of finished products.

References:

1. Zozulya P.F., Polishchuk O.S., Polishchuk A.O. Prospects for the use of 3D printing in the light industry. Bulletin of Khmelnytsky National University, - 2017. - №4. - P.102-104.
2. Polishchuk O.S., Zozulya P.F., Polishchuk A.O. Generalized classification of filaments for 3D printing. Bulletin of Khmelnytsky National University, - 2017. - №6. - P.51-59.
3. Engineering calculations of the durability of the details made on the 3D printer. [Electronic resource]. - Resource access mode: <https://multiphysics.ru/stati/blog/inzhenernye-raschety-prochnosti-detalei-izgotovlennykh-na-3d-printere.htm>.
4. Parameters of 3D printing from plastics. [Electronic resource]. - Resource access mode: <https://3dmf.ru/wiki/parametry-i-prochnost-3d-pechati-iz-plastikov.html>.

ЕЛЕКТРОННІ ВИМІРЮВАЧІ R, C, L З ПЕРЕТВОРЕННЯМ КОМПЛЕКСНОГО ОПОРУ В НАПРУГУ

Залізецький А.М., Мельник В.І.
Хмельницький національний університет

Основним вузлом електронних перетворювачів R, C, L з перетворенням комплексного опору в напругу (надалі - електронних вимірювачів R, C, L) є аналоговий векторний перетворювач, який призначений для перетворення складових комплексного опору в пропорційні до них складові комплексної напруги з подальшим їх вимірюванням відомими методами. Він визначає основні метрологічні характеристики електронного вимірювача R, C, L загалом, зокрема, діапазон вимірювання, точність, швидкодію, надійність тощо.

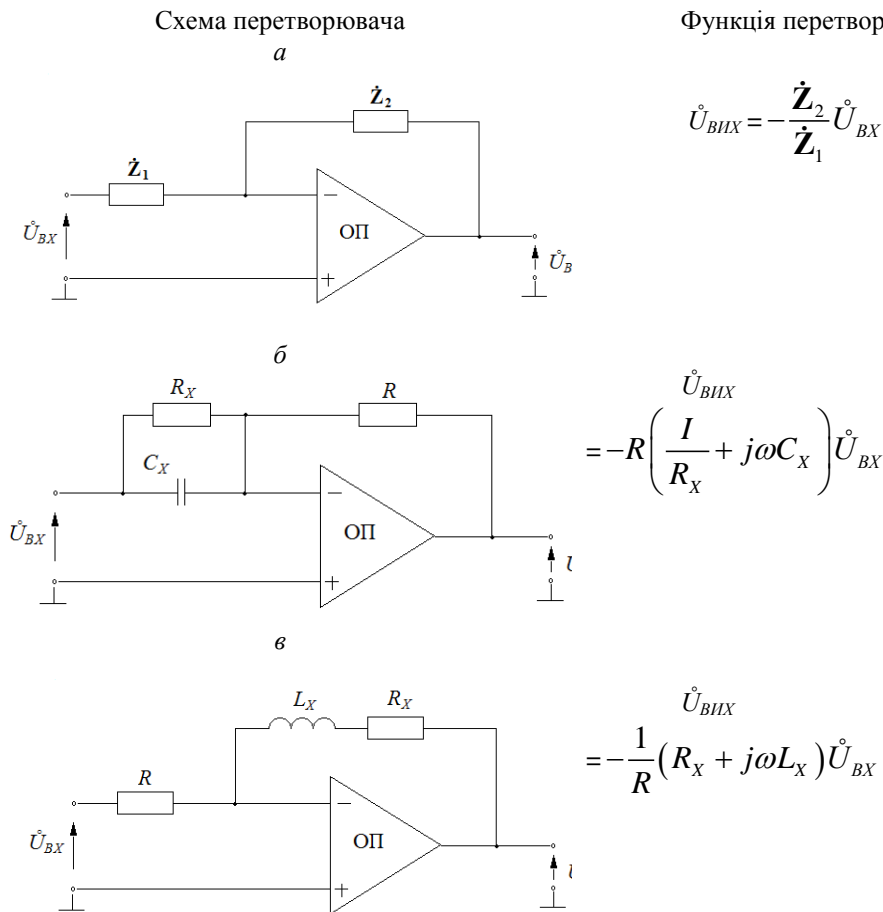


Рис. 1. Схеми аналогових векторних перетворювачів комплексного опору в напругу

Для побудови векторних перетворювачів застосовують операційні підсилювачі, які мають цілу низку позитивних властивостей, а саме, великий коефіцієнт підсилення за напругою ($> 10^5$), великий вхідний і малий вихідний опори, широкий частотний діапазон, а при охопленні його глибоким від'ємним зв'язком - високу точність коефіцієнта перетворення [1-3].

У векторних перетворювачах операційний підсилювач використовують як підсилювач напруги з інвертуванням фази вхідного сигналу, вмикаючи вимірюваний комплексний опір Z_X або у вхідне коло, або у коло зворотного зв'язку.

На рис.1а зображена схема операційного підсилювача ОП, охопленого від'ємним зворотним зв'язком, на вході якого увімкнено комплексний опір Z_1 , а у коло зворотного зв'язку - комплексний опір Z_2 . Для такого перетворювача справедливе співвідношення:

$$\dot{U}_{ВНХ} = -\frac{\dot{Z}_2}{\dot{Z}_1} \dot{U}_{ВХ} = -k_{\Pi} \dot{U}_{ВХ},$$

де \dot{U}_{BX} , \dot{U}_{BIX} – комплексна вхідна і вихідна напруги перетворювача; $k_{II} = \frac{\dot{Z}_2}{\dot{Z}_1}$ – комплексний

коефіцієнт перетворення.

Прийнявши, що один із опорів \dot{Z}_1 або \dot{Z}_2 є суто активним, а інший - комплексним індуктивного або емнісного характеру, можна реалізувати вісім можливих варіантів побудови векторного перетворювача залежно від прийнятої схеми заміщення і місця увімкнення комплексного опору - у вхідне коло чи в коло зворотного зв'язку. Однак лінійну залежність вихідної напруги \dot{U}_{BIX} від основного вимірюваного параметра (C_x або L_x) забезпечують тільки дві схеми перетворювачів – схема для вимірювання ємності C_x (при паралельній схемі заміщення конденсатора), яка зображена на рис. 1б, і схема для вимірювання індуктивності L_x (при послідовній схемі заміщення котушки індуктивності), яка зображена на рис. 1в. Ці схеми найчастіше використовують для побудови векторних перетворювачів у електронних вимірювачах R , C , L .

Точність перетворення комплексного опору \dot{Z}_X в напругу \dot{U}_{BIX} залежить від точності та стабільності амплітуди і частоти вхідної напруги \dot{U}_{BX} , точності та стабільності опору резистора R , який використовують для зміни діапазону вимірювання, а також параметрів операційного підсилювача.

Побудова електронних вимірювачів R, C, L з векторними перетворювачами.

Як видно із формул рис. 1, електронні вимірювачі R , C , L , крім основних параметрів комплексного опору L_x та C_x , дають змогу вимірювати активну складову R_x , тобто вони забезпечують можливість визначення додаткових параметрів - тангенса кута втрат $tg\delta_x$ конденсаторів і добротності Q_x котушок індуктивності. Тобто за функціональними можливостями вони рівноцінні мостам змінного струму і мають істотні переваги над аналоговими і традиційними цифровими вимірювачами R , C , L . Але, порівняно з мостами вони мають дещо нижчу точність, однак переважають їх за швидкодією, оскільки зрівноважування мостів змінного струму надзвичайно трудомістке, і потребує значно менше зразкових елементів (резисторів, конденсаторів, котушок індуктивності), необхідних для побудови вимірювальної схеми.

Будуючи схеми електронних вимірювачів R , C , L з векторними перетворювачами, необхідно, насамперед, вирішити питання виділення окремих складових (синфазної та квадратурної) вихідної напруги \dot{U}_{BIX} . Наприклад, у перетворювачі ємності C_x , зображеному на рис. 1, б, вихідна напруга

$$\dot{U}_{BIX} = -R \left(\frac{I}{R_x} + j\omega C_x \right) \dot{U}_{BX} = -\dot{U}_{BX} \frac{R}{R_x} - j\omega C_x \dot{U}_{BX},$$

містить активну (синфазну) складову $\dot{U}_{BIX,C} = -\dot{U}_{BX} \frac{R}{R_x}$, функціонально зв'язану з активною складовою опору R_x , і реактивну (квадратурну) складову

$\dot{U}_{BIX,KB} = -j\omega C_x \dot{U}_{BX}$, пропорційну до вимірюваної ємності C_x . Отже, роздільне вимірювання синфазної та квадратурної складових вихідної напруги перетворювача дає змогу визначити шукані параметри досліджуваного конденсатора C_x і $tg\delta_x$.

На рис. 2 зображена функціональна схема електронного вимірювача складових комплексного опору. Основним елементом вимірювача є аналоговий векторний перетворювач складових комплексного опору \dot{Z}_X (конденсаторів та котушок індуктивності) у складові комплексної напруги \dot{U}_{BIX} . У разі вимірювання параметрів конденсаторів векторний перетворювач будують за схемою рис. 1, б, тобто \dot{Z}_X при паралельній схемі заміщення вмикають у вхідне коло операційного підсилювача ОП, а у разі вимірювання параметрів котушок індуктивності - за схемою рис. 1, в, тобто \dot{Z}_X при послідовній схемі заміщення вмикають в коло зворотного зв'язку ОП (позначення елементів на рис. 2 в дужках).

Живлення схеми вимірювання здійснюється від генератора синусоїдної напруги Γ , а для виділення окремо активної (синфазної) і реактивної (квадратурної) складових вихідної напруги векторного перетворювача \dot{U}_{BIX} служить фазовий детектор ФД. Принцип дії фазового детектора полягає в тому, що його вихідна напруга $\dot{U}_{ФД}$ дорівнює тій складовій вимірюваної напруги \dot{U}_{BIX} , яка збігається за фазою з опорною напругою детектора $\dot{U}_{ОП}$.

Оскільки активна і реактивна складові вимірюваної напруги розміщені між собою під кутом 90° , то для одержання 90 -градусного зміщення опорної напруги використано фазообертач ФО, на вхід якого надходить напруга з виходу генератора Γ , а вихід за допомогою перемикача роду роботи S (позиція 2) – до опорного входу фазового детектора.

Отже, в положенні 1 перемикача роду роботи S фаза опорної напруги $\dot{U}_{ОП}$ збігається з фазою активної

(синфазної) складової вихідної напруги векторного перетворювача $\dot{U}_{ВИХ}$ і вимірюється активний опір R_x досліджуваного об'єкта (конденсатора або котушки індуктивності), а в положенні 2 перемикача S напруга $\dot{U}_{ОП}$, повернута фазообертачем на 90° , збігається за фазою з реактивною (квадратурною) складовою напруги $\dot{U}_{ВИХ}$ і вимірюється реактивна складова комплексного опору досліджуваного об'єкта – ємності C_x або індуктивності L_x .

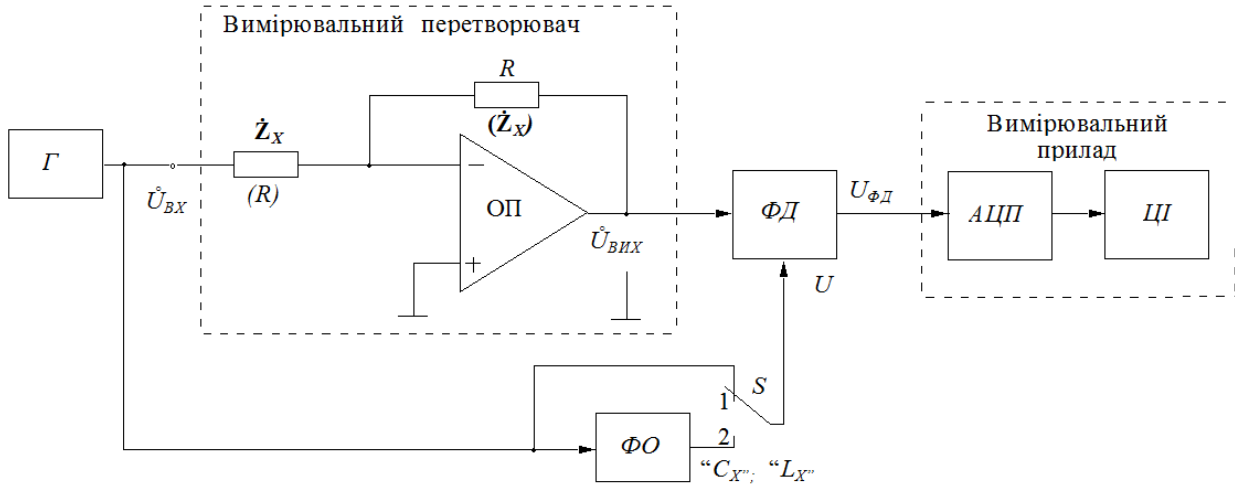


Рис. 2. Функціональна схема електронного вимірювача складових комплексного опору: Г- генератор синусоїдної напруги; ФД - фазочутливий детектор; ФО - фазообертач; АЦП- аналого-цифровий перетворювач; ЦІ- цифровий індикатор; S- двопозиційний ключ.

Вихідна напруга фазочутливого детектора $\dot{U}_{\phi Д}$ може вимірюватись аналоговим або цифровим вимірювальним приладом (вольтметром). Це дає можливість використовувати електронні вимірювачі R , C , L з векторними перетворювачами для побудови універсальних вимірювальних приладів - мультиметрів. Функціональні можливості таких приладів можуть бути розширені за рахунок застосування первинних вимірювальних перетворювачів різних неелектричних величин (температури, тиску, вологості, переміщень тощо) в ємність, індуктивність, активний опір.

Перелік посилань:

1. Гаврилюк М.А., Соголовський Е.П. Электронные измерители CLR.- Львів: Вища школа, 1979.-134с.
2. ГОСТ 8.401-80.ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования.
3. ДСТУ 2225-95. Вимірювачі електричної ємності, активного опору та тангенса кута втрат. Загальні технічні умови.

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНЬ, ЩО ВИНИКАЮТЬ У СТЕРЖНІ ГОЛКИ

Плешко С.А.,
Ковальов Ю.А.

Київський національний університет технологій та дизайну

Розглянемо питання визначення величини напружень, що виникають у характерних ділянках стержня голки поз. 0-388 круглої в'язальної машини МС-9, а також вплив основних параметрів в'язальної системи (величина збурюючої сили, швидкість в'язання) на величину напружень у голці.

Завдання розрахунку полягає в наступному:

1. Одержати результати:

$$\sigma_1 = f(x_1); \quad \sigma_2 = f(x_2); \quad \sigma_3 = f(x_3) \quad \text{при кроці варіювання} \quad \Delta x_1 = 2,8 \cdot 10^{-3};$$

$$\Delta x_2 = 3,5 \cdot 10^{-3}; \quad \Delta x_3 = 2,24 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad \text{для вихідних параметрів з урахуванням, що} \quad P = 1,4 \text{ Н}.$$

2. Одержати результати:

$$\sigma_1 = f(x_1); \quad \sigma_2 = f(x_2); \quad \sigma_3 = f(x_3) \quad \text{при наступних значеннях збурюючої сили} \quad P =$$

$$(5 \dots 50) \text{ Н} \quad \text{при кроці варіювання} \quad \Delta P = 5 \text{ Н}.$$

Результати розрахунку напружень, що виникають у голці, представлені у вигляді графіка (рис. 1). Як видно з отриманих результатів, максимальні напруження в голці виникають на ділянці l_2 при $x_2 = 0$. При цьому $\sigma_2 = \sigma_{2 \max} = 71,98 \cdot 10^4$ Па. Залежності $\sigma_1 = f(x_1); \quad \sigma_2 = f(x_2); \quad \sigma_3 = f(x_3)$ є лінійними. На ділянці I при $x_1 \leq x_0$ напруження σ_1 зростає від 0 до кінцевої величини; на ділянці I при $x_1 \geq x_0$ і на ділянках II, III напруження зі збільшенням параметрів відповідно x_1, x_2, x_3 збуває.

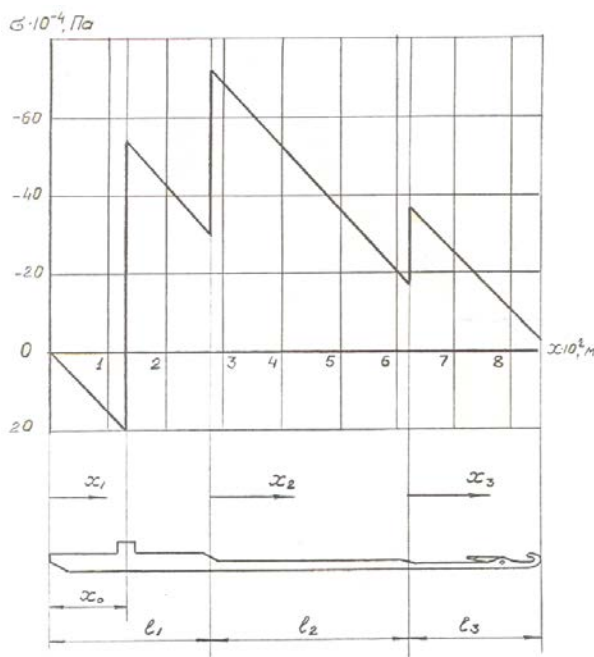


Рис. 1. Епюра напружень, що виникають у голці поз. 0-388 від інерційних навантажень

Результати обчислень впливу збурюючої сили на величину напружень у стержні голки поз. 0-388 (діапазон варіювання величини сили 5...50 Н; інтервал варіювання 5 Н) представлені на рис. 2.

Аналізуючи отримані результати, приходимо до висновку, що збільшення збурюючої сили P приводить до зростання напружень у голці. На рис. 2 представлена графічна залежність впливу сили P на величину напружень у характерних перетинах стержня голки:

$$\sigma_{2 \max}; \quad \sigma_1(x=14 \cdot 10^{-3} \text{ м}); \quad \sigma_{3 \max}.$$

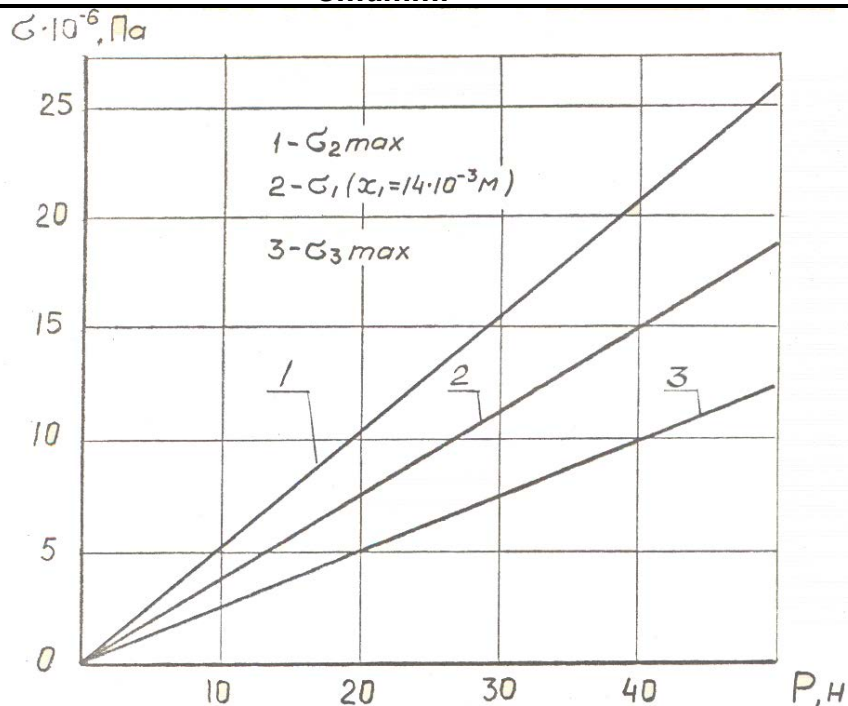


Рис. 2. Вплив збурюючої сили на напруження в голці

Як видно з рис. 2, залежність напружень в стержні голки від збурюючої сили для всіх ділянок голки є лінійною.

Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- максимальні напруження в голці від інерційних навантажень виникають на границі ділянок стержнів I і II;
- напруження на всіх ділянках стержня голки змінюються зі зміною довжини ділянки стержня лінійно;
- напруження в зоні гачка голки від інерційних навантажень практично дорівнює нулеві;
- збільшення величини збурюючої сили, прикладеної до голки в зоні п'ятки, викликає збільшення напружень у всіх ділянках стержня;
- залежність напружень від збурюючої сили для всіх ділянок стержня голки є лінійною.

Перелік посилань

1. Піпа Б. Ф., Хомяк О. М., Павленко Г., І., Наукові основи проектування та удосконалення систем гальмування круглов'язальних машин-К. КНУТД, 2003-208с.
2. Піпа Б. Ф., Хомяк О. М., Павленко Г., І., Динаміка круглов'язальних машин-К. КНУТД, 2005-294 с.
3. Гайдамака В. К., Піпа Б. Ф., Устройство для исследований напряжений, возникающих в стержне иглы.-Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1980,№1,с.112-114.
4. Піпа Б. Ф., Плешко С. А., Удосконалення робочих органів механізмів в'язання круглов'язальних машин. Монографія,К. КНУТД, 2012-469с.
5. Піпа Б. Ф., Тарасенко А. І., Сучасний напрямок в проектуванні робочих органів в'язання круглов'язальних машин /Вісник Технологічного університету Поділля/-2000 №5.-с. 55-57.
6. Піпа Б. Ф., Тарасенко А. І., Експериментальне дослідження ефективності використання голок з потоншенням стержня /Вісник Державної академії легкої промисловості України.-№.-с.55-58.
7. Піпа Б. Ф., Тарасенко А. І., Аналіз впливу параметрів механізмів в'язання на динамічні навантаження /Вісник Державної академії легкої промисловості України./-1999-№2.-с. 116-119.
8. Піпа Б. Ф., Тарасенко А. І., Сучасний напрямок підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин./Вісник Технологічного університету Поділля.-1998-№4. Ч.2.-с.16-17.
9. Піпа Б. Ф., Гайдамака В. К., Определение динамической нагрузки в зоне взаимодействия иглы вязальной машины с клином. Сообщение 2./Известия вузов. Технология легкой промышленности.-1988-№1.-с.91-95.

OVERVIEW OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS FOR APPLYING INFORMATION AND IMPRINT ON MATERIALS OF LIGHT INDUSTRY

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ТА ВІДТИСКУ НА МАТЕРІАЛИ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Luchynskyi M., Polishchuk O., Kravchuk O.
Khmelnitskyi National University
Musiał J., Matuszewski M., Kałaczyński T.
UTP University of Science and Technology

Сучасне виробництво неможливо уявити без використання операцій маркування, клеймування та тиснення деталей та виробів. Ці операції можна розділити в залежності від дії робочого інструменту на поверхневий шар матеріалу на дві групи: без деформування шару; з пластичним деформуванням шару.

Використання на готових виробах, окремих комплектуючих та частинах маркування дозволяє вести комп'ютерний облік продукції на виробництві, складі, при транспортуванні, реалізації товарів і виробів. Нанесення декоративних малюнків і надписів на виріб поліпшує його естетичний вигляд. Не є винятком і легка промисловість, в якій на певних стадіях також використовуються операції маркування, клеймування готових виробів або допоміжних аксесуарів та тиснення деталей.

Маркування – нанесення умовних знаків, літер, цифр, графічних знаків або написів на об'єкт з метою його подальшої ідентифікації (розпізнавання), відображення його властивостей та характеристик [1].

Клеймування – найпростіший спосіб маркування, зазвичай, здійснюється ударом металевого клейма або за допомогою спеціального клейма, встановленого в пресі.

Схеми технологічних операцій маркування та тиснення, характер зміни технологічних зусиль в матеріалі при їх виконанні представлено на рис. 1 [2].

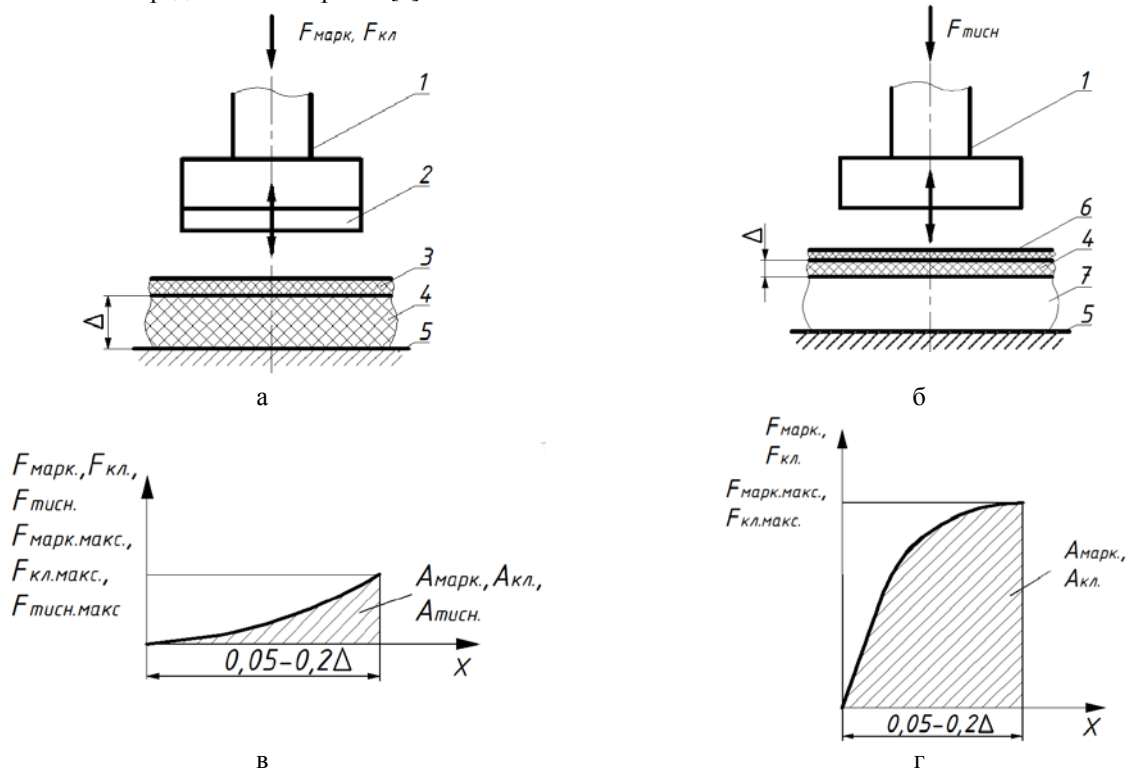


Рис. 1. Схема технологічних операцій маркування, клеймування деталей верху взуття (а), гарячого тиснення декоративних малюнків на деталях взуття (б); характер зміни технологічних зусиль $F_{\text{марк.}}, F_{\text{кл.}}, F_{\text{тисн.}}$ у матеріалах легкої промисловості (в); характер зміни технологічних зусиль $F_{\text{марк.}}, F_{\text{кл.}}$ у металах (г): 1 – ударник з нумератором; 2 – нумератор; 3 – фарбувальна стрічка; 4 – заготовка; 5 – плита; 6 – прокладка; 7 – узорна плита; Δ – товщина матеріалу

У взуттєвій промисловості, зазвичай, операції маркування та клеймування використовуються: для нанесення на деталі верху взуття з різних матеріалів цифрових і літерних знаків; нанесення товарного знаку на вкладні устілки та напівустілки через фольгу; нанесення позначень на споживацьку тару або етикетки, які наклеюються на коробки для упакування, паперові та плівкові пакети, транспортну тару тощо [2]. В швейній про-

мисловості операція маркування використовується для нанесення інформації на товарні ярлики або тканинні стрічки, а операція клеймування – для нанесення клейма фарбою, що не змивається, безпосередньо на виріб тощо.

Сьогодні в галузях промисловості використовують різні способи маркування: механічні, електрофізичні, хімічні, адгезійні тощо. Кожен вид має переваги і недоліки, зону використання з врахуванням дії на матеріал об'єкту, що маркується. Одним із найбільш поширених способів є механічний. За його допомогою в різних галузях промисловості клеймують і маркують широку номенклатуру деталей та виробів, виготовлених із різних матеріалів. В механічних методах маркування відбувається дія інструменту на об'єкт, що маркується, з отриманням відтиску на його поверхні. При цьому виникає пластична деформація матеріалу, локальне його ущільнення та деяке випучування навколо контуру знака [3]. Здебільшого механічне маркування використовується для нанесення інформації на тверді не крихкі матеріали: метали, сплави, пластик, дерево тощо.

Одним із поширених видів механічного маркування є ударне, різновидом якого є ударно-точкове. Перевагами цього типу є простота технології, універсальність, швидкість виконання та висока якість отриманого кінцевого результату. Цю технологію можна використовувати як в одиничному, так і в серійному виробництві. Тип матеріалу, габарити і форма виробу є визначальними факторами при виборі конкретної моделі ударного пристрою. Суть ударно-точкового маркування полягає в тому, що високоміцна голка, виготовлена із твердих металевих сплавів з використанням кераміки, робить невеликі заглиблення в поверхні виробу. Множина створених голкою впадин утворює зображення – літерно-цифрові, штрих-коди, рисунки (торгові марки) тощо. Таке зображення легко сприймається людським оком і спеціальним обладнанням (сканерами) для ідентифікації виробу.

Для визначення необхідного навантаження при динамічному методі маркування використовуються характеристики пластичної деформації матеріалу та швидкість протікання самої операції. Враховуючи це, швидкісні залежності міцності та пластичності є не тільки характеристикою матеріалу, але і функцією реалізованої схеми навантаження [3].

Операції маркування та клеймування в залежності від дії робочого інструменту на поверхневий шар матеріалу можуть проходити без деформування та з пластичним деформуванням шару.

До факторів, що впливають на опір деформації при маркуванні, належать: властивості матеріалу; напружений стан; ступінь та швидкість деформації; температура. Виходячи із цього, можна виділити параметри, які характеризують цю операцію: сила дії на інструмент; напруження, що виникають під дією сили; кратність прикладеної сили; пружна та пластична деформація в місці деформування; площа контакту інструменту з поверхнею, що обробляється [3].

Тиснення – це технологія створення рельєфної поверхні на деталях взуття, одягу та шкіряно-галантерейних виробів, при якій шляхом пресування рельєфне зображення переноситься на пластичну основу. За допомогою тиснення можна нанести текст або будь-яке графічне зображення на всю поверхню або її частину. Рельєфна поверхня може бути випуклою або ввігнутою і виконується з використанням нагрівання та тиску за допомогою металевої форми, що встановлюється зверху або знизу матеріалу. Тисненням змінюють фактуру поверхні матеріалу. Таким чином, тиснення супроводжується пластичним деформуванням поверхневого шару матеріалу.

Розрізняють такі види тиснення: рельєфне (конгрів), поглиблене або плоско-поглиблене (блінтове) і тиснення фольгою. На відміну від рельєфного тиснення, що потребує нагріву, блінтове може виконуватися плоским штампом чи без нього.

Операція гарячого тиснення у швейній, взуттєвій та шкіряно-галантерейній промисловості потребує часу для виконання та використовується для створення декоративних малюнків на деталях з натуральної шкіри та деяких видів штучних шкір як оздоблення виробу [4].

Максимальне зусилля маркування, клеймування, тиснення розраховують за формулою:

$$F_{\text{марк.макс.}} = S_{\text{марк.}} \cdot q_{\text{нит.}} \quad (1)$$

де $S_{\text{марк.}}$ – площа поверхні робочого інструменту, мм²; $q_{\text{нит.}}$ – питомий тиск, Н/мм².

Кожна з розглянутих операцій має свої особливості та потребує розробки індивідуального пресового обладнання.

Перелік посилань:

1. Поліщук О. Класифікація методів маркування деталей та виробів в машинобудуванні та легкій промисловості / О. Поліщук, М. Матушевський, Я. Мусял, Т. Калачинський // Матеріали Міжнародної наукової конференції молодих науковців «Сучасні технології в механіці» (19-21 квітня 2018). – Хмельницький: ХНУ, 2018. – С. 173–179.
2. Поліщук О. С. Електромеханічне пресове обладнання на підприємствах легкої промисловості: монографія / О. С. Поліщук – Хмельницький: Видавництво PolyLux, 2018. – 285 с.
3. Егоров А. А. Импульсный линейный электромагнитный привод для операций маркирования и клеймения деталей и изделий : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.03 / Егоров Андрей Александрович. – Саратов, 2007. – 180 с.
4. Колосков В. И. Оборудование и механизация обувного производства / В. И. Колосков, Б. П. Колясин. – М.: Легкая индустрия, 1979. – 320 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАПОВНЕННЯ ПОРОЖНИНИ ПРЕС-ФОРМИ РОЗПЛАВОМ ПОЛІМЕРУ ІЗ ВКЛЮЧЕННЯМИ

Кравчук А.Ю.

Хмельницький національний університет

Під час впорскування розплаву полімеру через впускний ливник у порожнину прес-форми, він починає розподілятися в радіальному напрямку [1]. Оскільки периметр фронту течії збільшується, то розплав піддається еластичному розширенню під прямим кутом до напрямку течії. У той час як порожнина прес-форми заповнюється розплавом, у напрямку її ширини встановлюється профіль потоку (рис. 1). Найбільша швидкість розплаву полімеру в середині потоку, а по краях вона зменшується аж до нуля через адгезію з холодними стінками прес-форми. Внаслідок цього розплав піддається зусиллям зсуву, які й створюють опір течії і тим самим тиск лиття.

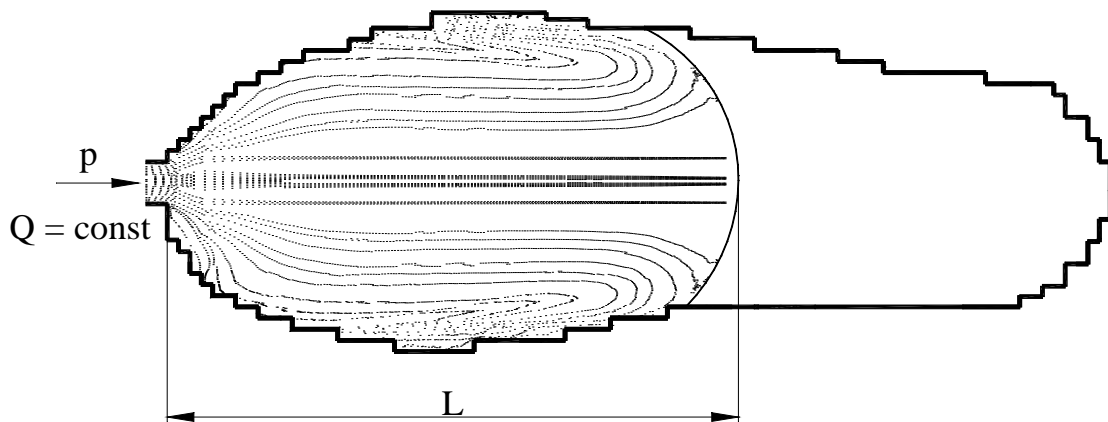


Рис. 1. Моделювання заповнення розплавом полімеру порожнини прес-форми для лиття підшав

Зсув матеріалу, проте, не є однорідним відносно товщини стінки. Більше того, поблизу стінки існує яскраво виражений зсувний шар, у той час як у центрі розплав тече швидше і майже не схильний до зсуву. Частина розплаву, яка дуже швидко тече вперед у середньому шарі, врешті-решт, направляється “фонтаноподібним” фронтом течії у безпосередню близькість до стінки прес-форми і тим самим підпадає під вплив напружень зсуву. Початкова орієнтація частинок наповнювача не впливає на їх кінцеву орієнтацію.

Таким чином, орієнтація включень формується у результаті розширення потоку розплаву полімеру, “фонтаноподібної” течії фронту розплаву та під впливом напружень зсуву (рис. 2).

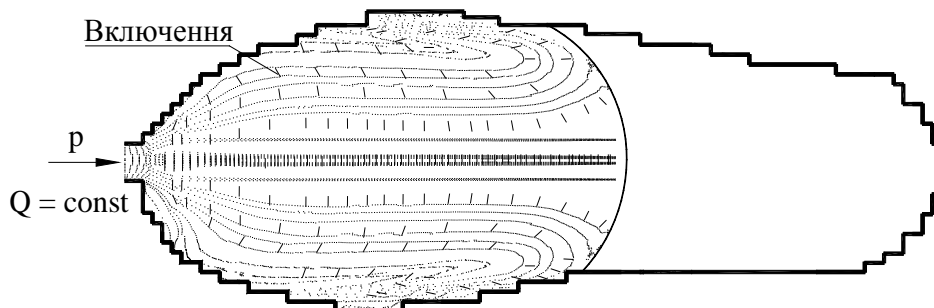


Рис. 2. Моделювання заповнення порожнини прес-форми розплавом полімеру із наповнювачем

Як видно з рис. 2, у порожнині прес-форми процеси формування орієнтації частинок наповнювача накладаються один на одного. Розплав разом із включеннями, потрапляючи через впускний ливник у порожнину, отримує спочатку яскраво виражену поперечну орієнтацію, потім він разом із потоком у центрі порожнини переміщується в напрямку фронту розплаву, не відчуваючи при цьому практично ніякої зміни орієнтації, тобто включення, як і раніше, орієнтовані поперек напрямку потоку [2]. На фронті розплаву розплав

Статті

із включеннями перенаправляється до стінок прес-форми і внаслідок цього потрапляє у зсувний потік, який переорієнтовує включення. Таким чином, внаслідок обох процесів у полімерному виробі виникають два шари, в кожному з яких основний напрямок частинок повернутий на 90° відносно іншого шару.

Механічні властивості виробу будуть залежати від товщини цих шарів і від відповідного кута орієнтації включень. У тих місцях, де переважають периферійні шари, орієнтація включень спрямована вздовж течії, а ближче до центру потоку розплаву кут орієнтації включень збільшується до 90° . Таким чином, біля стінок прес-форми формується такий шар полімеру, в якому частинки наповнювача орієнтовані вздовж течії розплаву полімеру, що перешкоджає утворенню усадки в напрямку течії.

Перелік посилань:

1. Skyba M. Improvement of press-forms for polymeric items moulding / M. Skyba, O. Synyuk // Archives of foundry. Polish Academy of Sciences branch Katowice foundry commission, Katowice (Poland), 2004. – V. 4. – № 12. – P. 235–248.
2. Синюк О.М. Моделювання процесу заповнення розплавом полімеру порожнини прес-форми з армуючими елементами / О.М. Синюк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2017. – № 1 (245). – С. 251–257.

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІЙ ПРИЛАД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ВЗУТТЯ НА СТОПУ

Лецишин М.М.,
Стаценко Д.В.,
Злотенко Б.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

Необхідність носіння комфортного взуття завжди було актуальним питанням для споживача, проте в умовах масового фабричного виробництва не завжди вдається задовольнити критерії комфорту взуття для кожного користувача у зв'язку з індивідуальними особливостями будови та біомеханічних характеристик його стопи. В процесі експлуатації взуття, збереження природної анатомічної побудови стопи у її задовільному функціонуванні можливе в тому випадку, якщо забезпечити зручність і захистити стопу від зовнішнього середовища.

Наукова школа проектування внутрішньої форми взуття розпочала свої традиції ще в 19 столітті, а починаючи з середини 20 століття стали використовувати аналітичні методи розрахунку параметрів взуттєвої колодки по вихідній цифровій моделі стопи, використовуючи критерії раціональності внутрішньої форми взуття. Даний напрям розроблено в працях Зибіна Ю.П., Фукіна В.А., Фарнієвої О.В., Либи В.П., Кисельова С.Ю., Коновала В.П., та їх послідовників [1-3].

Основна вимога до взуття полягає в його раціональності, воно повинне бути таким, щоб його основні розміри й внутрішня форма відповідали розмірам і антропометричним особливостям стопи споживача [4].

В роботі представлено дослідний зразок комп'ютерної системи для визначення комфортних параметрів на основі індивідуальних відчуттів тиску на стопу замовника (рис. 1. а).

Комп'ютерна система складається з наступних елементів: DD1 – мікроконтролер Arduino UNO, R1 – резистор 3.3 кОм, FSR1 – резистивний датчик сили FSR402. Резистивний датчик сили та подільник напруги під'єднані до виводу A0 мікроконтролера Arduino Uno. Напряга живлення складає 5В.

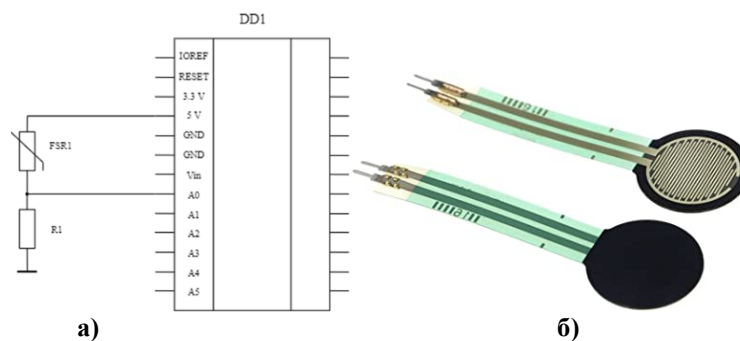


Рис. 1. а) - Електрична схема дослідного зразка; б) - Резистивний датчик сили FSR402

Резистивні датчики сили FSR402 - це датчики, які дозволяють оцінити рівень тиску, силу натискання і вагу (рис. 1.б).

Резистивні датчики сили по суті є резисторами, які змінюють значення свого опору (в Ом) в залежності від сили натискання на чутливий елемент.

Принцип роботи приладу полягає в наступному. Коли сила, прикладена до датчика, дорівнює нулю, його опір буде майже нескінченний, відповідно сигнал з датчика дорівнює нулю.

Коли на резистивний датчик сили буде прикладене навантаження на виводі A0 з'явиться аналоговий сигнал. АЦП перетворює цей сигнал на цифрове значення сили, прикладеної до датчика та виводить його на дисплей монітора.

Для калібрування приладу використовувались вантажі масою 0,1 кг; 0,2 кг; 0,3 кг; 0,4 кг і 0,5 кг, які встановлювались на датчик тиску через перехідний диск.

Тиск на датчик визначався для кожного вантажу за формулою:

$$P_i = \frac{(m_i + m)g}{S}, \quad (1)$$

де P_i – тиск і-го вантажу, Па; m_i – маса і-го вантажу, кг; $m = 0,01$ кг маса перехідного диска; g – прискорення вільного падіння, кг/м²; S – площа перехідного диска, на яку тисне вантаж, м².

Площа, на яку тисне вантаж:

$$S = \pi r^2, \quad (2)$$

де $r = 0,005\text{м}$ – радіус перехідного диска.

Підставляючи (2) в (1), отримаємо:

$$P_i = \frac{(m_i + m)g}{\pi r^2}. \quad (3)$$

За результатами проведених експериментальних досліджень, отримані дані необхідні для калібрування датчика сили в діапазоні ваги 100-500г. Результати даних наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати калібрування приладу для вимірювання тиску					
$m, \text{кг}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$P_i, \text{Па}$	13746,5	26243,3	38740,1	51236,9	63733,7
Показання приладу	231	567	736	786	1 054

На рис. 2 наведено результати апроксимації калібрувальної залежності, відповідно до даних табл. 1.

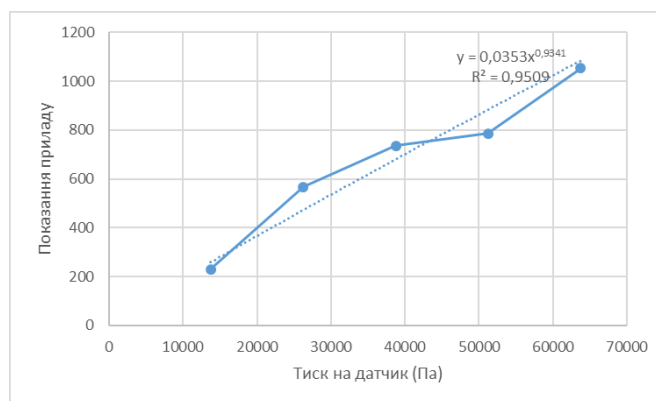


Рис. 2. Апроксимація калібрувальної залежності показників приладу від тиску на датчик

Апроксимуюча функція має вигляд:

$$Y = 0,0353 \cdot P^{0,9341}, \quad (4)$$

де Y – показник приладу; P – тиск на датчик, Па.

З виразу (4) отримаємо формулу для визначення тиску на датчик в залежності від показання приладу:

$$P = \left(\frac{Y}{0,0353} \right)^{\frac{1}{0,9341}} (\text{Па}). \quad (5)$$

Запропонований в роботі спосіб вимірювання тиску внутрішньої поверхні взуття на стопу з урахуванням її основних анатомічних параметрів за допомогою структурної схеми дослідного зразка дозволяє спроектувати та виготовити комфортне індивідуальне взуття для замовника.

Перелік посилань:

1. Фукин В.А. Развитие теории и методологии проектирования внутренней формы обуви / Фукин В.А., Буй В.Х. Москва, 2015. – 410 с.
2. Кернеш В.П. Удосконалення гармонійності внутрішньої форми і конструкцій юнацького і дівочого взуття: дис. ... канд. тех. наук, 05.19.06.-К., 2007. - 218с.
3. Чертенко Л.П. Особенности проектирования рациональной формы обувной колодки с применением САПР /Чертенко Л.П., Коновал В.П.// Международный сборник научных трудов «Метрология, стандартизация и сертификация изделий сервиса: теория и практика»: Шахты – 2007, с. 97-107.
4. Бегняк В. І. Основи конструювання і проектування виробів із шкіри: Навч. посібник. – Хмельницький, 2002. – 260 с.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ НАНЕСЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ТЕКСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Скиба М.Є.,
Прибега Д.В.,
Смутко С.В.

Хмельницький національний університет

На сьогодні, незважаючи на складну економічну ситуацію в країні, легка промисловість України набуває стрімкого розвитку. В умовах ринкової економіки, з метою забезпечення конкурентоспроможності продукції українським підприємствам необхідно постійно розвивати асортимент моделей одягу, взуття, шкіргалантерейних виробів.

Підвищити конкурентоспроможність продукції можна двома шляхами, знизити собівартість або покращити якість продукції при сталій ціні реалізації. Зниження собівартості не завжди є доцільним та можливим, оскільки залежить від ціни на сировину та матеріали, а також розміру заробітної плати. Рух до зниження собівартості таким шляхом призводить до зниження якості продукції. Інший напрям підвищення якості продукції можливий за рахунок застосування сучасних методів обробки, реорганізації виробництва, а також за рахунок використання сучасних технологічних процесів та обладнання для оздоблення виробів легкої промисловості. До останніх можна віднести нанесення на деталі одягу та взуття аплікацій з декоративного каміння, вишивання тематичних візерунків або логотипів, а також нанесення зображення різними способами друку на текстильні матеріали.

Принт на одязі популярний як серед людей, охочих виділитися з натовпу, так і серед власників бізнесу, які хочуть привернути увагу до свого бренду.

Вперше друк на тканині з'явився в 50-х роках XX століття у Флориді, завдяки компанії Tropic Togs. Метод використовували для нанесення написів на футболки: в основному друкували назви популярних курортів. Трохи пізніше організація отримала право наносити на одяг зображення диснейських персонажів. Після цього метод стрімко почав набирати популярність серед інших компаній, з'явилися фабрики для друку на тканині, найбільшою з яких стала Sherry Manufacturing Company [1].

У 1959 році почався новий етап в історії друку на одязі – винайшли стійкі фарби для друку на світшотах, футболках і іншому текстилю, завдяки чому вдалося значно урізноманітнити можливості методу і домогтися приголомшливих результатів. Тільки в 80-х роках XX століття принт на тканині почав набувати нового змісту – став своєрідним способом розповісти світові про свої погляди і захоплення [2].

Крім оздоблення одягу, друк на текстильних матеріалах використовується для створення сувенірної продукції, а реклама на текстилі стала для бізнесу найбільш затребуваним напрямком поліграфії. Стильна бейсболка або футболка з логотипом, здатні розкрутити торгову марку куди швидше і краще, ніж навіть дорога реклама по ТБ. Головне - правильно вибрати спосіб нанесення і модель виробу, яка підходить для такого оздоблення. Види друку на тканині дозволяють отримати недорогий, при цьому високоєфективний рекламний інструмент, реалізований на будь-якому текстилі: від кепок і футболок до пледів, подушок і парасольок. Створення корпоративного стилю компанії, промо-форми, інтер'єрний дизайн, всі ці напрямки вимагають таку послугу, як друк на текстилі [3].

На сьогоднішній момент існує декілька способів друку зображень на текстилі, що використовуються сучасними виробниками. Вибір технології зображення залежить від різних факторів. Потрібно розуміти, що не існує кращої технології, адже для кожного виду виробу обирається своя методика. Для друку на рівних поверхнях (прапори, рекламні банери, хустки, скатертини тощо) можуть бути використані одні способи, а для виробів складної форми, наприклад бейсболки, кращими будуть зовсім інші способи. Причому не кожен з них придатний для окремих видів текстилю [3, 4].

Розглянемо більш детально кожен із способів нанесення зображення на текстиль. Серед них [4]:

- трафаретний друк, яку також називають шовкографією;
- прямиий друк на тканині за технологією DTG, який також називають цифровим;
- сублимаційний друк;
- термотрансферний друк або флекс-друк.

Трафаретний друк (шовкографія). Суть цього способу друку полягає в продавлюванні спеціальним інструментом (ракелем) фарби через відкриті отвори гнучкої сітчастої форми на поверхню друку. Друкування може відбуватися на папері, жерсті, склі, тканині, поліетилені, пластмасі, шкірі та інших листових чи рулонних матеріалах або виробих з них.

Головні відмінності процесу трафаретного друку на текстильних матеріалах, натуральних та штучних шкірах, на відміну від друку на папері та інших щільних матеріалах, полягають в особливостях матеріалів легкої промисловості, а саме їх стійкості до високих температур, гіроскопічності, адгезійних властивостей фарби

та поверхні матеріалу, значною лінійною деформацією, температурною усадкою, експлуатаційними особливостями виробів одягу та взуття. Для трафаретного способу друку на матеріалах легкої промисловості застосовують фарби, що відрізняються за своїм хімічним складом, адгезійними властивостями та температурними режимами. До найбільш вживаних фарб відносять пластизолеві, водні, сольвентні та «протравлюючі» [5].

Така техніка друку дозволяє отримати будь-яке деталізоване зображення, але для кожного кольору потрібно виготовлення окремого трафарету на рамі. Трафаретний друк вигідно застосовувати при тиражах понад 100 примірників. Він дає дуже насичене, опукле зображення, відноситься до найстійкіших. Дає можливість створювати унікальні ефекти за рахунок застосування металізованих, світловідбиваючих фарб тощо.

Прямий друк на тканині за технологією DTG (цифровий). Цифровий друк відрізняється простотою технології, відноситься до числа висококонкурентних технік. Підходить для друку як на синтетичних, так і на бавовняних тканинах. Під час друку використовується цифрова модель СМҮК (зображення відтворюється з електронного файлу), завдяки чому фото виходять яскравими і соковитими. Найбільша проблема в цифровому друку на тканинах - відтворення насичених синіх тонів. Вони виходять або блакитними, або темнофіолетовими, але тільки не синіми. Виріб після цифрового друку витримує до сотні прань, не втрачаючи яскравості і не стирається з поверхні матеріалу. Цей спосіб друку досить дорогий через особливості використовуваного чорнила, а тому підходить винятково для невеликих тиражів і брендваної продукції [3, 6].

Сублімація. Цей спосіб дозволяє перенести зображення за допомогою особливого паперу на тканину під впливом температури (близько 2000), тому вимагає використання термопреса. Слід зазначити, що даний тип друку підходить виключно для світлих тканин синтетичного походження (не менше 60% синтетики). Під час друку використовують особливі чорнила, що, перетворюючись в газ, заповнюють тканинні волокна і рівномірно розподіляються по поверхні.

Якість зображень і кольорів в такому виді друку висока, але при цьому можуть різко відрізнитися відтінки самого зображення в порівнянні з іншими методами нанесення. Головна особливість способу в тому, що зображення є стійкими до вицвітання і не руйнуються під час прання і експлуатації.

Метод сублімації стандартно використовують при друку невеликих тиражів футболки, кепок і спортивного одягу [6].

Термотрансфер (флекс-друк). Представляє собою перенесення зображення з особливої плівки на тканину за допомогою нагрівання. Малюнок друкується на принтері, після чого накладається на тканину і за допомогою температури (до 2000) переноситься на неї. В процесі використовується особливий папір, що складається з двох шарів: перший - плівка, яка реагує на зміну температури, а другий - підкладка, що утримує плівку до моменту перенесення на тканину. Такий папір дозволяє друкувати не просто малюнки, а й зображення будь-якого типу, в тому числі і фото.

Цей спосіб вважається одним із зручних варіантів нанесення зображень і має багато плюсів: дозволяє друкувати як великі партії виробів, так і поодинокі екземпляри; нанесене зображення стійке до дії навколишнього середовища, довго зберігає насичені кольори і добре перетриває в пральних машинах; висока швидкість нанесення - одне зображення наноситься не довше пари секунд. Але, термотрансфер не дозволяє друкувати зображення з великою палітрою кольорів або занадто великою деталізацією. Тому його часто використовують для друку логотипів, цитат, сувенірної та подарункової продукції тощо [4].

Отже, можна зробити висновок, що вибір технології нанесення зображення на текстильний виріб залежить від наступних факторів: кількості виробів; площі зображення; кількості кольорів зображення; типу тканини; кольору тканини. В кожного способу є свої переваги та недоліки, які потрібно враховувати перед нанесенням зображення.

Перелік посилань

1. Kuleshova S. G. Development of expert system based on Kansei Engineering to support clothing design process / S. G. Kuleshova, O. V. Zakharkevich, J. V. Koshevko, & O. A. Ditkovska // *Vlakna a Textil.* – 2017. – № 3. – P. 30-41. <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/5754>
2. Zakharkevich O. V. Expert system to select the fabrics for transformable garments / O. V. Zakharkevich, T. Zhylenko, Y. Koshevko, S. Kuleshova, O. Ditkovska, G. Shvets // *Vlakna a Textil.* – 2018. – № 2. – P. 105-112. http://vat.ft.tul.cz/2018/2/VaT_2018_2_17.pdf.
3. Типографія Pressroll: види печаті на ткани URL:<https://pressroll.ru/blog/vidy-pechati-na-tkani/> (дата звернення: 10.02.2021)
4. Студія печаті ORIGINAL: способи печаті зображення на ткани URL:<https://original-shop.by/sposoby-pechati-izobrazheniya-na-tkani/> (дата звернення: 15.02.2021)
5. D. Prybeha Research of the technological process of screen printing on textile and knitting materials / D. Prybeha, S. Smutko, V. Mitsa, A. Khrushch // *Proceeding of the International Conference on Technics, Technologies and Education ICTTE 2019*, 16-18. 10.2019, Yambol. - 2019. - P. 344-351
6. ЯКО Печать на ткани: виды и особенности URL:<https://bit.ly/3a1yOMG> (дата звернення: 15.02.2021)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФОРМИ ЗАТОЧКИ ГОЛКИ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ НА ПРОЦЕС ПРОКОЛЮВАННЯ

Смутко С.В., Кошевка Ю.В.

Хмельницький національний університет

В процесі роботи на швейному обладнанні майстри не раз стикаються з досить поширеними проблемами пропуску стібків або неякісної строчки. Зміна налаштувань швейної машини або чергування різних видів строчок, як правило, кардинально не змінює стан речей в кращу сторону і тоді, усе, зазвичай, прийнято списувати на погану якість обладнання або недобросовісного виробника [1].

Саме голка визначає безперервність роботи і якість отриманого результату. Сучасні голки вирізняються великим різноманіттям – різні варіанти заточки, форми вушка, розмірів жолобка і так далі. Усі ці особливості, деякі з яких практично не вловимі людським оком, істотним чином впливають на формування строчки, на її цілісність та якість.

Фахівці підкреслюють, що якими не є параметри голки, вона зобов'язана повністю відповідати типу і товщині тканини [2]. Сучасні технології, які застосовуються в легкій промисловості, неухильно ведуть до появи нових видів тканин, які мають різні властивості і характеристики. При роботі з такими тканинами необхідно забезпечувати міцність і якість ниткових з'єднань, при цьому не пошкодити структурні зв'язки самої тканини.

Встановлено [4], що у разі великих напружень в голці настає деформація або її поломка. Відомо також, що викривлення голки може призвести до пропусків стібків, погіршення зовнішнього вигляду і зниженню міцності ниткового шва. Поломка голки знижує продуктивність праці й вимагає додаткової витрати голок.

Прокол матеріалу голкою – складний процес, на практиці при визначенні корисного зусилля зазвичай користуються експериментальними даними. Аналітичні розрахунки за визначенням зусилля проколу описані в роботах [3-6], причому вирішувалася як плоска задача (впровадження клину в тканину), так і вирішена об'ємна задача і виведені формули для визначення зусилля проколу матеріалу. Однак всі розрахунки виконані для голок з круглим заточуванням при шитті текстильних матеріалів.

На даний момент серед безмежної кількості видів форм та типів голок фірми виробники ведуть безперервну роботу по вдосконаленню існуючих видів голок. Окрім вдосконалення існуючих форм та типорозмірів швейних голок ведуться дослідження щодо пропозиції нових голок для покращення якості шиття.

Серед такого розмаїття дуже важливо опиратись на характеристики голок, які відповідають типу роботи з ними. Зшивається шкіра, тканина або ж трикотаж і для кожного типу виконання операцій застосовується свій тип голки.

Для пошиття виробів зі шкіри використовуються голки з ріжучою заточкою вістря, адже при використанні таких голок можна якісно виготовити виріб. Голка повинна розрізати, а не проколувати шкіру, тому що близько до проколу можуть виникнути мікро тріщини, і з часом на цьому місці виріб пошкодиться.

На сучасному ринку вибір швейних голок величезний [7], але не тільки для зшивання тканин, а і для груп матеріалів зі шкіри. Проте для шкіри необхідна голка з ріжучою заточкою, що гарантує прокол матеріалу з мінімальним тертям і зусиллям.

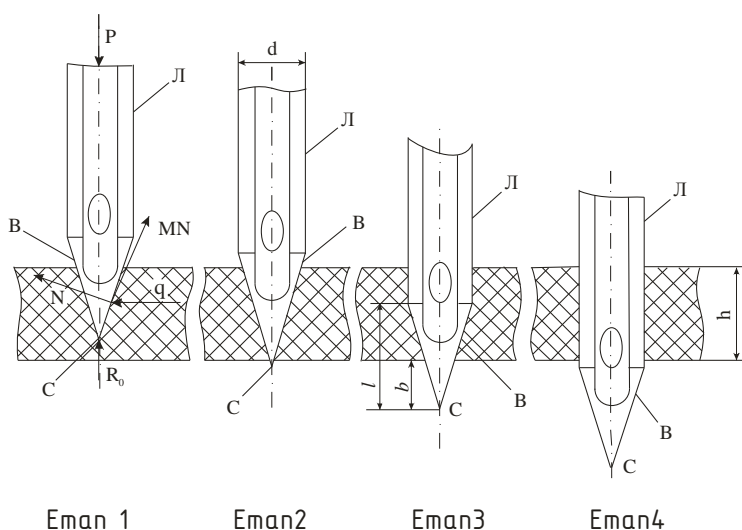


Рисунок 1 – Послідовність проколювання голкою матеріалу

В роботах [8, 9] розглядають зусилля проколу при зшиванні натуральної шкіри голкою з овальною заточкою вістря аналітичним методом.

Процес проникнення голки в матеріал розбито на кілька етапів, які продемонстровані на рисунку 1.

1. Вершина вістря С спочатку стискає, а згодом проколює всю товщину матеріалу.

2. Вершина вістря С виходить з матеріалу. Вістря В своєю бічною поверхнею розрізає і розсовує волокна шкіри.

3. Лезо Л входить в матеріал, а бічна поверхня вістря В розсовує волокна шкіри.

4. Вістря В виходить з матеріалу, а лезо Л стикається зі шкірою.

Величина зусилля проколу в різних етапах різна і залежить від пружності матеріалу і сил тертя, що

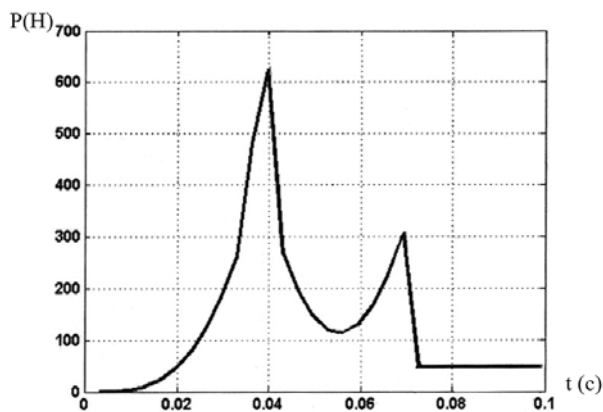


Рисунок 2 – Графік зусилля проколу матеріалу голкою

діють на елементи голки. Використовуючи методику [3], визначено рівняння зусилля проколу матеріалу голкою з овальним заточуванням в різні етапи проколювання.

Керуючись даними розрахунками за допомогою програмного комплексу MatLAB було розроблено програму розрахунку величини зусилля проколу голкою матеріалу.

За допомогою розробленої програми обчислено зусилля проколювання матеріалу голкою, що представлено на рисунку 2.

Початковими даними для розрахунку зусилля приймаються геометричні параметри голки, такі як діаметр голки - d та півкут - γ заточки вістря, також враховуються параметри матеріалу, а саме його товщина - h .

Для перевірки достовірності отриманих результатів теоретичних досліджень зусилля проколу матеріалу голкою з овальним заточкою вістря проведено цикл експериментальних досліджень на спеціально спроектованому експериментальному стенді для дослідження процесу зусилля проколу. За допомогою програмного комплексу LabVIEW була розроблена схема віртуального приладу для обробки сигналів з двох каналів для зняття вхідних даних значень зусилля проколу та кута повертання головного валу. В результаті експерименту отримано графічні залежності зусилля проколу (рис. 3), визначено критичні точки графіку та обчислено похибку відхилення їх положення в порівнянні з аналітичними.

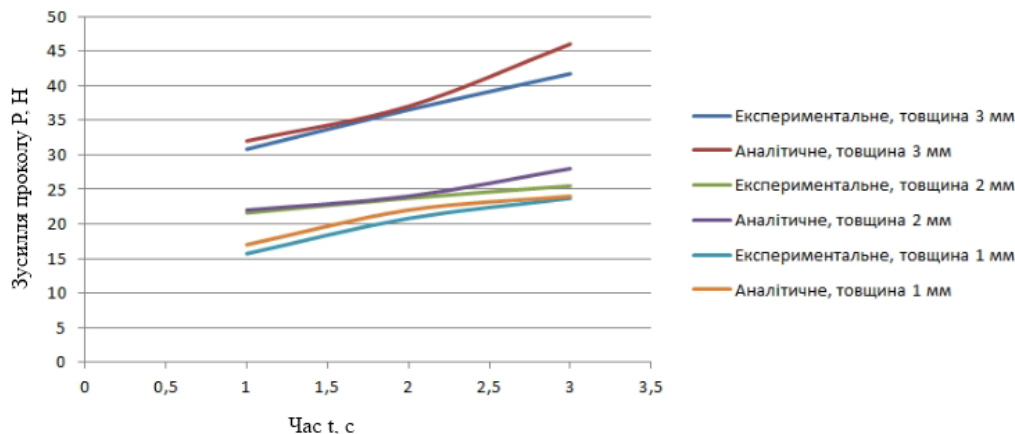


Рисунок 3 – Графічні залежності зусилля проколу експериментальні в порівнянні з аналітичними

Розбіжність результатів теоретичних та експериментальних досліджень складає 9%. Отримані розбіжності математичної моделі і результатів експериментальних дослідів обумовлені деякою невідповідністю математичної моделі, внаслідок прийнятих при аналітичному дослідженні положень та спрощень.

Перелік посилань:

7. Энциклопедия технологий и методик URL: http://patlah.ru/etm/etm-05/svei%20mahina/svei_mahina/svei_mahina-06a.htm (дата звернення: 15.10.2020).
8. Веллтекс – Всё для швейного производства URL: <http://welltex.ru/page/kak-pravilno-vybrat-iglu> (дата звернення: 08.11.2020).
9. Савостицкий А. В., Меликов Е. Х., Куликова И. А., Технология швейных изделий. М., Легкая индустрия, 1971. – с. 598.
10. Гарбарук В. Н. Прокаливание текстильных материалов иглой. — Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1975. – № 5. – с. 84–90.
11. Козлов В. П. Иглы швейных и обувных машин. – Легкая промышленность, 1960г. – с 160.
12. Сутормина Р. В. О проколе ткани швейной иглой. — Известия вузов. Технология легкой промышленности, 1963, № 3. – с. 90–93.
13. Почему прямой стежок "косит"? URL: http://www.liveinternet.ru/users/basja_u/post185052982/ (дата звернення: 15.02.2021)
14. Зайцев Б. А., Аревкова М. В., Гаврилов Е. Н., Ареков Ю. А, Прокалывание натуральной кожи иглой с овальной заточкой.— Изв. вузов. Технол. легкой пром–сти, 1980, № 4, с. 109—113 Сообщение 1.
Зайцев Б. А., Аревкова М. В., Гаврилов Е. Н., Ареков Ю. А, Прокалывание натуральной кожи иглой с овальной заточкой.— Изв. вузов. Технол. легкой пром–сти, 1980, № 5, с. 130—133 Сообщение 2.

ENGINEERING CALCULATIONS OF STRENGTH OF THE DETAILS MADE BY 3D-PRINTING METHOD

Polishchuk O., Skyba M., Polishchuk A., Lisevich S., Zozulia P.
Khmelnitskyi National University
Voitsekhov D.
Hugh Technical School in Katowice

The technological process does not stand still, every day there is an improvement of digital technologies, which allows the use of innovations in various spheres of human life. The role of additive technologies or 3D-printing - a new method of manufacturing parts [1, 2] is growing in the modern manufacturing of manufacturers of industrial engineering. Additive technologies are one of the closest advanced and in demand in the world.

Additive technologies (additive production - from the word additivity - attached) - is a layered study and synthesis of objects using computer 3D-technologies [3] Inheritance of successive layers of material using the method of layered surfacing leads to a multilevel physical structure of parts. As a result, when creating a mathematical model of materials, the following factors must be taken into account: anisotropy of power; layer thickness; the degree of filling with a polymer material, and the orientation of the models relative to the printing platform [4, 5].

Made details on a 3D printer, have a certain service life, resulting in their mechanical strength and reliability. Ensuring the longevity of parts is the most important task of designers and reconnaissance engineers. The traditional method of strength analysis is the method of machined elements (FEM), which is the basis of all modern software products in the field of computer engineering, such as ANSYS, LS-DYNA, or Nastran [6, 7, 8].

ANSYS is a software package analysis of finite elements, which solves problems in various fields of engineering (structural stability, thermodynamics, mechanics of liquids and gases, electromagnetism), which includes multi-valued problems (thermal strength, magnetoelasticity).

LS-DYNA is a leading solution in the field of calculations of explicit dynamics, modeling of transient, highly nonlinear processes. The product is developed by LSTC and integrated into the ANSYS desktop.

The main product of MSC.Software - MSC.Nastran - one of the best product of finite elements. He must obtain a complete set of calculations, including the expansion of the stress state - the deformed state, natural frequency and quantity, stability analysis, heat transfer, steel, and unstable processes, acoustic phenomena, nonlinear statistical processes, nonlinear dynamic transients, increasing critical frequencies and vibrating rotors of machines, analysis of frequency characteristics under the influence of random loads, spectral analysis and research of air elasticity. It does not provide for the possibility of modeling almost all types of materials, including compositions and hyperelastic.

The use of modern CAE-systems to analyze the strength of parts made on a 3D printer is a difficult task due to the need to choose the correct mathematical model to describe the physical and mechanical properties of the material.

Thus, for a correct description of the mechanical behavior of parts made by layer-by-layer surfacing, it is necessary to take into account the above factors in the mathematical model of the material [4]. This can be done based on one of the following approaches:

1. Conservative assessment. The simplest method of modeling is to describe the material as isotropic using the most conservative value of mechanical properties obtained by their experimental measurement in different directions. The choice of values can be made based on the need to ensure a conservative value of a parameter. For example, the choice of the smallest possible modulus of elasticity when controlling the maximum deflection or deviation of the part from the original shape under load. This simplification has some significant disadvantages:

- the obtained properties of the material give an assessment only for specific manufacturing parameters, the thickness of the stacking, and the trajectory of the tool in the manufacture of the test sample;
- the method does not allow the use of information about the orientation of the threads of the source material and process technology to optimize the design and properties of the final part;
- assessment of the possibility of formation and development of defects within this method is not provided [4].

2. Orthotropic properties. A significant improvement is the use of a material model, which provides for the assignment of different mechanical properties in different directions, namely in three mutually perpendicular axes (orthotropy axes). In this case, the researcher must set 9 independent elastic parameters in each of three directions: module of Jung E, Poisson's coefficient ν and shift module G. These parameters can be determined experimentally, taken from a reference book, or provided by the material manufacturer.

In addition to the need to find the coefficients of the material, this method is not without the disadvantages of the previous one, namely: the dependence of the result on the selected parameters of the technological process, the lack of defects. The orthotropy of mechanical properties does not involve explicit consideration of the layered structure of the material. This does not allow in result the simulation to take into account the effects that occur during the interaction of layers under the action of high and complex (multi-axis) loads [4].

3. Theory of layered composites. In the process of manufacturing parts by layer-by-layer surfacing, the structure of the material is formed in many respects similar to the structure of layered composites. The material is a set of

layers consisting of threads laid in one direction within each layer. The difference is the lack of connecting material (matrix) - with sequential surfacing, the threads are "welded" to the neighboring ones and form the so-called "mesostructure". The use of the theory of layered composites to describe products made by sequential surfacing allows taking into account the values of the angles of laying the threads of the source material, to optimize the process and reduce the number of physical experiments [4].

4. Multilevel modeling. One of the limitations of the theory of layered composites is the inability to take into account and analyze information within the layer. Each layer may contain features and imperfections of the geometry, which can affect the propagation of defects and cracks, which can lead to successive destruction of structures under high loads. Modern software packages in combination with methods of averaging (homogenization) of properties and submodeling technologies allow building multilevel numerical models of materials with a complex structure. The averaged properties of the layer can be obtained by analyzing the periodicity cell or the representative element of the volume, and individual defects can be studied by solving the "macro-problem" for the part and submodel with a detailed description of the geometry of the stacked thread and the defect. The disadvantages of this approach are the need to search for data on the microstructure of the layer and the properties of the thread, as well as the complexity of its application without appropriate mathematical training [4].

At present, the use of orthotropic elastic properties is the easiest way to implement, which provides key information about the behavior of the final part made on a 3D printer under the action of mechanical load. The data obtained as a result of such a calculation can be compared with the calculation data of a similar part made by an alternative method, for example, casting plastics under pressure. The development of additive technologies for 3D printing determines in the coming years the need to improve modeling approaches, the transition to the multilevel analysis of parts and materials that require the development of techniques and dissemination of best practices in modeling in the engineering community.

References:

1. Zozulya PF, Polishchuk OS, Polishchuk AO Prospects for the use of 3D printing in the light industry. Bulletin of Khmelnytsky National University, - 2017. - №4. - P.102-104.
2. Polishchuk OS, Zozulya PF, Polishchuk AO Generalized classification of filaments for 3D printing. Bulletin of Khmelnytsky National University, - 2017. - №6. - P.51-59.
3. Additive technologies. [Electronic resource]. - Resource access mode: https://old.sk.ru/news/b/press/archive/2019/09/18/additivnye-tehnologii-_1320_-chto-eto-takoe-i-gde-primenyayutsya.aspx.
4. Engineering calculations of the durability of the details made on the 3D printer. [Electronic resource]. - Resource access mode: <https://multiphysics.ru/stati/blog/inzhenerye-raschety-prochnosti-detalei-izgotovlennykh-na-3d-printere.htm>.
5. Parameters of 3D printing from plastics. [Electronic resource]. - Resource access mode: <https://3dmf.ru/wiki/parametry-i-prochnost-3d-pechati-iz-plastikov.html>.
6. Ansys LS-DYNA. [Electronic resource]. - Resource access mode: <https://www.ansys.com/products/structures/ansys-ls-dyna>
7. MSC Nastran. [Electronic resource]. - Resource access mode: <http://www.mssoftware.ru/products/msc-nastran>.
8. MSC Nastran. [Electronic resource]. - Mode of access to the resource: <https://cad.ru/support/bz/archive/109/msc-nastran/>.

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИПРОБУВАЛЬНИХ МАШИН ЛАБОРАТОРІЇ ОПОРУ МАТЕРІАЛІВ

Рубанка М.М.,
Місяць В.П.,
Щербань М.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

Опір матеріалів - це наука про інженерні методи розрахунків на міцність, жорсткість і стійкість елементів конструкцій різних споруд та механізмів. Опір матеріалів ґрунтується на теоретичних і дослідних даних. Тому, при вивченні обов'язкової дисципліни «Опір матеріалів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, студенти галузі знань 13 Механічна інженерія, спеціальності 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування денної та заочної форм навчання, виконують лабораторні роботи, які є обов'язковою частиною навчального процесу. Лабораторні роботи сприяють розвитку навичок самостійної роботи та більш глибокому розкриттю фізичної суті теорії опору матеріалів. Вони направлені на вивчення механічних властивостей різних матеріалів та експериментальну перевірку теоретичних висновків і формул, а також на ознайомлення з сучасними методами дослідження напружено-деформованого стану твердого тіла. Лабораторні роботи з опору матеріалів можна розділити на дві основні групи:

- випробування різних матеріалів з метою визначення їх механічних характеристик;
- вивчення напружено-деформованого стану найпростіших елементів конструкцій.

Достовірність будь-якого натурного експерименту, в першу чергу, залежить від технічного стану обладнання, точності вимірювальних приладів, засобів фіксації та обробки отриманих експериментальних даних тощо.

Для проведення випробувань конструкційних матеріалів на розтяг і стискання застосовують спеціальні пристрої (універсальні розривні машини, випробувальні преси тощо) [1-6]. Розривна машина має спеціальні захоплювачі, в яких закріплюється випробуваний зразок, що піддається дії поступово зростаючого навантаження, а також пристрої для вимірювання діючого на зразок зусилля та величини деформації.

Випробувальні машини оснащуються приводом. Це може бути ручний, електромеханічний (електродвигун – механічна передача) та електродвигалічний. Найбільш розповсюджені машини з електромеханічним приводом, тоді як електродвигалічний застосовують в обладнанні для випробувань матеріалів при значно більших робочих навантаженнях.

Для проведення випробувань конструкційних матеріалів на розтяг, стиск, зріз в лабораторії опору матеріалів кафедри прикладної механіки та машин Київського національного університету технологій та дизайну, використовується універсальна випробувальна розривна машина УММ-5 (рис. 1), що побудована за принципом розривних машин з механічним навантаженням зразка і з важільно-маятниковим вимірювачем зусилля.

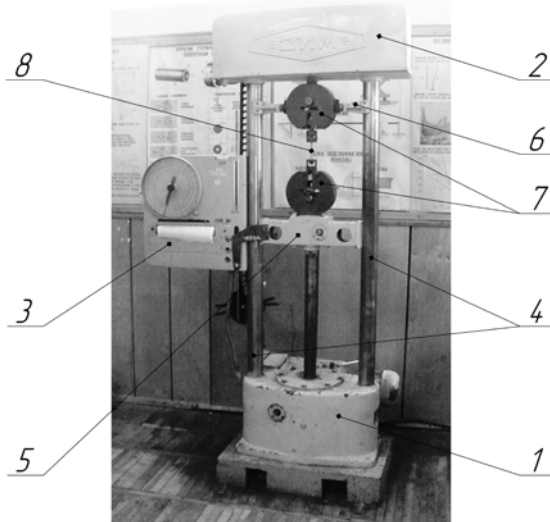


Рис. 1. Зовнішній вигляд універсальної випробувальної розривної машини УММ-5:
1 – силова частина; 2 – силоримірювальна частина; 3 – механізм самописця; 4 – колони; 5 – нижня рухома траверса;
6 – верхня нерухома траверса; 7 – захоплювачі; 8 – випробувальний зразок

Для проведення випробувань конструкційних матеріалів на кручення в лабораторії опору матеріалів використовується машина КМ-50-1, зовнішній вигляд якої представлено на рис. 2. Для вимірювання створюваних крутних моментів машина забезпечена важільно-маятниковим механічним вимірювачем крутного моменту.

Статті

Машина КМ-50-1 відноситься до типу машин з механічним навантаженням вертикально розташованого зразка. Випробувальна машина обладнана спеціальними захоплювачами, в яких закріплюється випробуваний зразок, що піддається дії поступово зростаючого крутного моменту, що фіксується важільно-маятниковим механічним вимірювачем та пристроєм для вимірювання кута закручування та кількості повних обертів.

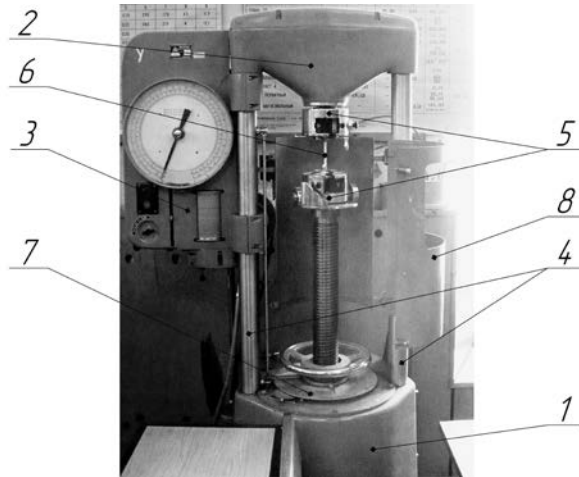


Рис. 2. Зовнішній вигляд випробувальної машини на кручення КМ-50-1:

1 – силова частина; 2 – моментовимірювальна частина; 3 – механізм самописця; 4 – колони; 5 – захоплювачі; 6 – випробувальний зразок; 7 – механізм фіксації кута закручування випробувального зразка; 8 – захисний кожух

Дане обладнання відноситься до випробувальних машин морально застарілого типу та потребує модернізації, метою якої є доведення метрологічних характеристик до відповідності вимогам стандартів ASTM, ISO, DIN, GB і дооснащення необхідними пристроями вимірювання.

На сьогоднішній час морально застарілі випробувальні машини можуть бути удосконалені в різному ступені глибини модернізації. Авторами пропонується наступний варіант модернізації даного обладнання, що передбачає встановлення електронного реєстратора. Регулювання швидкості навантаження залишається без зміни (виключно за рахунок механічної коробки передач). Електронний реєстратор встановлюється на випробувальні машини в комплекті з:

- мікропроцесорний блок зі спеціальним програмним забезпеченням (ПЗ);
- датчик зусилля (один або два);
- датчик переміщення (для випробувальної машини УММ-5);
- датчик кута повороту (для випробувальної машини КМ-50-1);
- персональний комп'ютер (ПК);
- принтер.

Цей варіант модернізації дозволить: проводити всі види випробувань в межах технічних можливостей машин; реєструвати графіки випробувань та відображати всі поточні значення вимірюваних величин на дисплеї в режимі реального часу; аналізувати отримані дані серії випробувань з накладенням кривих; автоматично обробляти отримані результати та представляти їх у вигляді графіків і протоколів з можливістю роздрукування; при необхідності експортувати отримані дані в програмне забезпечення «Microsoft Office Excel 2007» та «Microsoft Office Word 2007», «Adobe Acrobat XI Pro»; працювати з бібліотеками методів випробувань згідно нормативної документації; створювати короткі і розширені звіти по результатам випробувань; автоматично зупинити процес випробування при руйнуванні зразка або виконанні заданих умов.

Перелік посилань

1. Ванкевич П.І. Лабораторний практикум з опору матеріалів : навчальний посібник / П.І. Ванкевич. – Львів : Магнолія 2006, 2019. – 224 с.
2. Вольмир А.С. Лабораторний практикум по сопроотивлению материалов / А.С. Вольмир. – М.: МАИ, 1997. – 352 с.
3. Цурпал И.А. Сопроотивление материалов. Лабораторные работы / И.А. Цурпал, Н.П. Барабан, В.М. Швайко. –К. : Виш. шк., 1988. –247 с.
4. Афанасьев В.А. Лабораторный практикум по сопроотивлению материалов / В.А. Афанасьев, В.А. Марьин. – М. : Наука, 1975. –287 с.
5. Испытательные машины [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://asma.com.ua/content/ispitatelnye-mashiny>
6. Машини випробувальні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ukrintech.com.ua/ua/mashyny-vyprobuvalni/>

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКУ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ПОРШНЕВИХ УЩІЛЬНЕНЬ ДЛЯ В'ЯЗКІСНОГО РЕЖИМУ НАТІКАННЯ ГАЗУ

Тимошук О.Г.

Хмельницький національний університет

При в'язкісному режимі плинугазу його тиск в поршневому ущільненні розподілюється за законом:

$$p^2 = p_1^2 + \frac{p_2^2 - p_1^2}{\ln(r_2/r_1)} \ln(r/r_1) \quad (1)$$

Швидкість плинугазу в ущільненні визначається за законом Дарсі:

$$V_F = -\frac{K_{\Pi}}{\eta_B} \frac{dp^2}{dr}, \quad (2)$$

де K_{Π} – коефіцієнт проникності;

η_B – динамічна в'язкість газу.

Продиференціювавши (1), отримаємо:

$$\frac{dp^2}{dr} = \frac{p_2^2 - p_1^2}{r \ln(r_2/r_1)}. \quad (3)$$

$$V_F = \frac{K_{\Pi}}{\eta_B} \frac{p_2^2 - p_1^2}{r \ln(r_1/r_2)}. \quad (4)$$

Сумарний потік газу за одиницю часу визначимо за формулою:

$$Q_B = H_S \int_0^{2\pi} r V_F d\theta, \quad (5)$$

де H_S – середня висота зазору.

Підставивши (4) в (5), отримаємо:

$$Q_B = \frac{2\pi K_{\Pi} H_S}{\eta_B} \frac{p_2^2 - p_1^2}{\ln(r_1/r_2)}. \quad (6)$$

Коефіцієнт проникності K_{Π} визначається за формулою:

$$K_{\Pi} = \frac{\Pi^3}{5 S_0^2}, \quad (7)$$

де $\Pi = V/H_S$ – пористість;

S_0 – питома поверхня шорсткого шару контакту, що омивається газом.

Величини Π та S_0 можна розрахувати, якщо відомі питомий міжконтактний об'єм V , середня висота зазору H_S та питома площа поверхні стику S_K , що омивається середовищем.

$$V = \frac{m_0^{1/2}}{2} \left[\left(\frac{2}{\pi} \right)^{1/2} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) + u \operatorname{erfc}\left(-\frac{u}{\sqrt{2}}\right) \right]. \quad (8)$$

$$S_K = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(-\frac{u}{\sqrt{2}}\right) (1 + S). \quad (9)$$

$$H_S = m_0^{1/2} \left\{ u + \left[\left(\frac{\pi}{2} \right)^{1/2} \exp\left(\frac{u^2}{2}\right) \operatorname{erfc}\left(-\frac{u}{\sqrt{2}}\right) \right]^{-1} \right\}, \quad (10)$$

де $m_0 = \frac{\pi}{2} Ra^2$ – спектральний момент нульового порядку;

u – ефективний рівень деформації.

В результаті наступних перетворень отримаємо формулу розрахунку натікання газу в поршневому ущільненні при в'язкісному плинні газу:

$$Q_B = \frac{m_0^{3/2} d}{b \eta_B (1+S)^2} (p_2^2 - p_1^2) F_B(u) , \quad (11)$$

Для випадку в'язкісного плинну газу в циліндро-поршневому ущільненні отримано точну формулу розрахунку натікань [1]:

$$Q_B = \frac{\pi d}{5b \eta_B} \frac{V^3}{S_K^2} (p_2^2 - p_1^2) ,$$

де d, b - відповідно діаметр та ширина ущільнюючої поверхні;

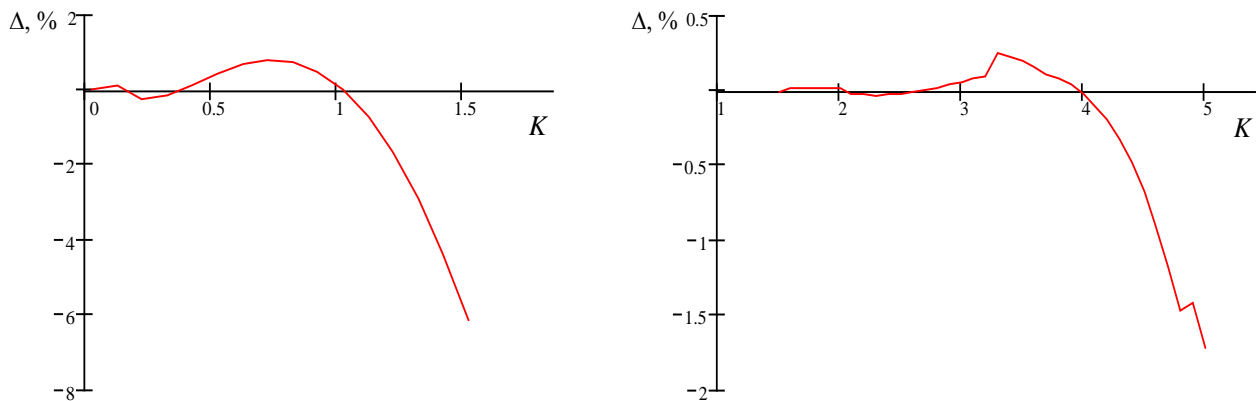
p_2, p_1 - тиск газу на вході і на виході ущільнюючого елемента ($p_2 > p_1$).

На підставі точної формули отримано розрахункову(інженерну) формулу:

$$Q_B = \frac{m_0^{3/2} d}{b \eta_B (1+S)^2} (p_2^2 - p_1^2) \tilde{Q}_B ,$$

$$\tilde{Q}_B = \begin{cases} 0,055 \ln^{2,467} \left(1 + \frac{2,106}{K^{1,497}} \right), & (K < 1,5); \\ 8,813 \cdot 10^{-5} \ln^{4,452} \left(1 + \frac{94,247}{K^{2,37}} \right), & (K \geq 1,5) \end{cases} . \quad (12)$$

Значення, розраховані за точною та розрахунковою (наближеною) формулою зведеного натікання \tilde{Q}_B , різняться не більше, ніж на 8% [2].



а) $K < 1,5$

б) $K \geq 1,5$

Рис. 1. Оцінка похибки, яка виникає при заміні точної формули (11) розрахунку зведеного натікання \tilde{Q}_B наближеною формулою (12)

Перелік посилань:

1.Тимошук О.Г. Розробка методів розрахунку та експериментального дослідження герметичності беззмащувальних циліндро-поршневих ущільнень: дис. канд. техн. наук / О.Г.Тимошук – Хмельницький, 2003. – 386 с.

2.Тимошук О.Г. Оцінка точності методу розрахунку герметичності циліндро-поршневих ущільнень для в'язкісного режиму перетікання газу // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2020. – № 5. – С.291-296.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ СПОЖИВАЧІВ

О.О. Коротич

Хмельницький національний університет

При виробництві електроенергії на електричних станціях енергію палива, води або вітру перетворюють при допомозі парогенераторів, теплогенераторів, пневмодвигунів, гідродвигунів або вітродвигунів в механічну енергію обертання, а останню – в енергію електричного струму. На атомних електричних станціях внутрішньоядерна енергія за допомогою теплової також перетворюється в механічну, а потім в електричну енергію. В деяких випадках, наприклад в магнітогідродинамічних установках, частина теплової енергії безпосередньо перетворюється в електричну.

Для раціонального розподілу навантаження між електростанціями, ефективного використання їхніх потужностей, підвищення надійності постачання споживачам електричної енергії з оптимальними показниками по частоті й напрузі практикується паралельна робота електростанцій на загальну електричну мережу регіональної енергетичної системи (РЕС). До складу РЕС входять електростанції, лінії передавання електроенергії, мережні трансформаторні підстанції й теплові мережі, зв'язані загальним режимом виробництва й розподілу електричної й теплової енергії. Багато таких систем поєднуються в загальну електричну мережу й утворюють великі енергосистеми.

Постачання електроенергії промислових підприємств, міст і сільських господарств проводиться через розподільні пристрої (РП) й підстанції, максимально наближені до споживачів. РП служать для прийому й розподілу електричної енергії та містять комутаційні апарати, збірні й сполучні шини, допоміжні пристрої (компресорні, акумуляторні й ін.), пристрої захисту, автоматики, вимірювальні прилади.

Основними складовими електропостачальної системи є: електростанції. Передача енергії, що вироблена потужними електростанціями здійснюється по лініях високої напруги (110 кВ і вище) через підвищувальні трансформаторні підстанції. [1, 2].

Напруга електричної енергії, що виробляється на електростанціях синхронними генераторами : 11 - 20 кВ. В окремих випадках застосовують напругу 30-35 кВ. Хоча така напруга є занадто високою, для її безпосереднього використання у промисловості, виробництві та різних потреб населення, вона недостатньо економна для передавання електроенергії на великі відстані. Подальше підвищення напруги в лініях передавання електроенергії (до 750 кВ і більше) здійснюють трансформаторні підстанції [2, 5].

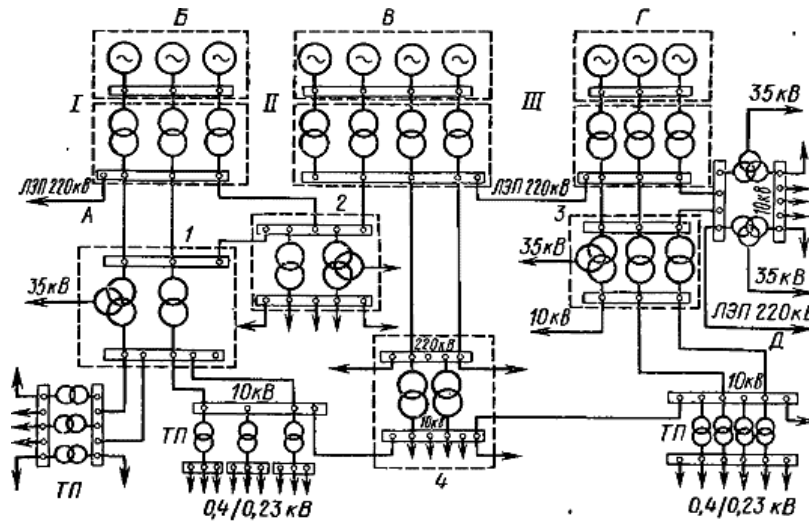
Приймачі електричної енергії (лампи розжарювання, електродвигуни і т.п.) з міркувань безпеки розраховують на більш низьку напругу (110-380 В). Крім того, виготовлення електричних апаратів, приладів і машин на високу напругу пов'язано зі значними конструктивними труднощами, так як струмопровідні частини цих пристроїв при високій напрузі вимагають посиленої ізоляції. Тому висока напруга, при якій відбувається передача енергії, не може бути безпосередньо використана для живлення приймачів і підводиться до них через знижувальні трансформатори [4].

На шляху від електростанції до споживача електрична енергія змінного струму трансформеться 3-4 рази. У розподільних мережах знижувальні трансформатори навантажуються неодноразово і не на повну потужність, тому повна потужність трансформаторів, які використовуються для передачі і розподілу електроенергії, в 7-8 разів більше потужності генераторів, що встановлюються на електростанціях [1].

Розподільний пристрій генераторної напруги електричних станцій або РП вторинної напруги понижувальної підстанції енергосистеми, до якого приєднані розподільні мережі даного району являється центром навантаження (ЦН).

Електромережі (ЕМ) бувають постійного та змінного струмів. Електропостачання сільського господарства, комунальних і побутових підприємств, об'єктів промисловості проводиться трифазним змінним струмом частотою 50 Гц.

На рисунку 1 наведена схема розподілення енергії від електростанцій до споживачів [3].



А, Б, В, Г і Д - електростанції, ТП - трансформаторні підстанції; І, ІІ, ІІІ - підвищувальні підстанції; 1, 2, 3, 4 - понижувальні підстанції

Рис. 1. Схема енергосистеми розподілу енергії від електростанцій до споживачів

Електростанції А - Д об'єднані лініями електропередавання напругою 220 кВ. Передача й розподіл електричної енергії здійснюються на напругах 220, 110, 35 і 10 кВ. Схема електропостачання передбачає резервування підстанцій на всіх рівнях напруг, що дає можливість уникнути перебоїв у подачі електроенергії. [3, 5].

Розглянуто способи передавання електричної енергії від електростанції до об'єктів: - споживачів електричної енергії, - промислових підприємств.

Аналіз забезпечення надійності електропостачання для споживачів різних категорій показав, що основними характеристиками споживачів електроенергії є: - розрахункове навантаження, - режими роботи установок, - надійність електропостачання. [4, 5].

По розрахунковому навантаженню й режиму роботи споживача визначаються потужності трансформаторів, перерізи кабельних і повітряних ліній.

Важливе на сьогодні також питання обліку та контролю електричної енергії, покращення коефіцієнта потужності.

Перелік посилань:

1. Васи́лега П. О. Електропостачання : підручник / П. О. Васи́лега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
2. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок. / Міненерговугілля України. Видання офіційне. Київ, Форт, 2017 р. – 803 с.
3. Князевский Б. А. Электроснабжение промышленных предприятий : учеб. для студ. вузов спец. «Электропривод и автоматизация промышленных установок» / Б. А. Князевский, Б. Ю. Липкин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1986. – 400 с.
4. ДСТУ 2791-94. Системи електропостачальні номінальною напругою до 1000 В: джерела, мережі, перетворювачі та споживачі електричної енергії. Терміни та визначення.
5. ДСТУ 2790-94. Системи електропостачальні номінальною напругою понад 1000 В: джерела, мережі, перетворювачі та споживачі електричної енергії. Терміни та визначення.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Майдан П.С., Буряк А.В.

Хмельницький національний університет

Вітроенергетичні установки (ВЕУ) розроблені для того, щоб виробляти кінетичну енергію, одержувану від вітру, та перетворювати її в електричну енергію. Аналогія може бути проведена між ВЕУ та стандартними електростанціями, які використовують кінетичну енергію пару.

Для створення моделі дослідження всієї ВЕУ відтворимо спочатку моделі складових частин всієї структури. Модель вітроколеса описується наступними рівняннями.

Диференціальне рівняння для опису обертового руху вітроколеса матиме наступний вигляд:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_a - M_{em} - M_c, \quad (1)$$

де J - момент інерції системи; ω - кутова швидкість; M_a - аеродинамічний момент вітроколеса; M_{em} - електромагнітний момент генератора; M_c - момент опору втрат, що враховує тертя та інші втрати.

$$M_a = C_p(Z) \cdot \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2 \cdot \omega}, \quad (2)$$

де $C_p(Z)$ - коефіцієнт використання енергії вітрового потоку (КВЕВ) (залежить від швидкохідності Z); ρ - щільність повітря; V - швидкість вітру; S - захоплювана площа; ω - кутова швидкість вітроколеса.

Звідси аеродинамічна потужність:

$$P_a = C_p(Z) \cdot \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2}. \quad (3)$$

Залежність C_p від швидкохідності Z досить добре апроксимується функцією виду [1]:

$$C_p(Z) = \left(\frac{c_1}{Z} - c_2 \right) \cdot e^{-\frac{c_3}{Z}} + c_4, \quad (4)$$

де $c_1 \dots c_4$ - коефіцієнти, що підбираються для заданої конструкції вітроколеса за відомою аеродинамічної характеристики [2]; швидкохідність Z визначається рівнянням $Z = \omega \cdot r / V$.

Знайдемо момент опору на валу.

$$M_c = \frac{P_M}{\omega}, \quad (5)$$

де P_M - механічна потужність на валу генератора.

Для перетворення механічної енергії обертання валу вітрогенератора в електричну енергію в ВЕУ використовують електричні генератори [3]. До електричних генераторів для ВЕУ висувають специфічні вимоги, що враховують особливості їх роботи. Однією з найважливіших особливостей є те, що генератор приводиться в обертання вітроколесом, режим роботи якого залежить від швидкості вітру і, що дуже важливо, є непостійним [3].

В умовах мінливої швидкості вітру необхідно забезпечити необхідну характеристику генератора в широкому діапазоні швидкостей обертання, це призводить до збільшення габаритних розмірів і, відповідно, маси електричної машини в порівнянні з генераторами, розрахованими на сталий режим роботи. З іншого боку, навантаження генератора також може змінюватися в процесі роботи. Воно є функцією потужності та числа підключених споживачів [1].

В умовах зміни швидкості обертання ротора та навантаження необхідно стабілізувати напругу на виході генератора. Для цього необхідно застосувати пристрій регулювання напруги. Таке регулювання зазвичай здійснюється за рахунок задавання регулятором напруги струму в спеціальній обмотці збудження [4]. Застосування таких обмоток збудження призводить до збільшення габаритних розмірів, тому потрібне додаткове місце в конструкції генератора для розміщення обмоток.

Слід зазначити і той факт, що струм в обмотці збудження генератора призводить до додаткових електричних втрат, іноді досягає величини в 10...20% від корисної потужності.

Аналіз різних типів електричних машин, пристосованих для застосування в ВЕУ показує, що питання вибору типу та конструкції генератора не однозначне. Перевагою використання синхронної електричної машини із збудженням від постійних магнітів буде відсутність необхідності живити обмотки збудження, і, отже, електричних втрати в обмотці збудження відсутні [5]. При використанні електромагнітного збудження з'являється можливість керування вихідною напругою по ланцюгу збудження, але знову ж таки з'являються електричні втрати на збудження. Це пов'язано з тим, що при низьких обертах струм в обмотці збудження повинен збільшити магнітний потік для компенсації зниження швидкості обертання, при цьому частина згенерованої потужності буде витрачатися на це.

Додатковим недоліком такої конструкції є необхідність передачі електричної енергії на обертovu обмотку збудження, що ускладнює конструкцію та звичайно знижує її надійність [5].

Ще одним недоліком конструкції електричної машини з електромагнітним збудженням є необхідність забезпечення якісного тепловідведення від обмотки збудження. На обмотці виділяється тепло за рахунок проходження струму.

Таким чином, у ВЕУ малої потужності найбільш доцільно використовувати синхронні електричні машини із збудженням від постійних магнітів (або, так звані, «вентильні електричні машини»). Вони поділяються на електричні машини із радіальним та осьовим магнітним потоком. Однак можливі конструкції і без використання магнітом'яких матеріалів в осерді якоря, це призводить до більшого зниження втрат. До того ж, використання електричних машин із збудженням від постійних магнітів забезпечує зниження реактивного моменту генератора, що важливо при використанні їх в ВЕУ, тому що пульсації реактивного моменту зазвичай призводять до небажаної вібрації конструкції ВЕУ та виникнення шуму [3].

Проектування генератора, що працює спільно із системою регулювання ВЕУ має свої особливості. Зниженню часу розробки електричної машини сприяють сучасні засоби обчислювальної техніки та відповідне програмне забезпечення. На етапі опрацювання електромагнітних та теплових параметрів можливе використання програмних пакетів, заснованих на методі кінцевих елементів, наприклад ANSYS EMAG або Maxwell. На етапі конструювання роботу по проектуванню полегшує система автоматизованого проектування, наприклад SolidWorks.

Для комп'ютерного моделювання ВЕУ як електричної машини, перетворюючої механічну енергію в електричну, був обраний генератор із збудженням від постійних магнітів, з осьовим напрямком магнітного потоку та беззалізним якорем, що містить статорні обмотки. Особливістю проектування такого генератора є відсутність втрат на перемагнічування (через відсутність сталевого магнітопроводу) та низька індуктивність обмоток. Тому впливом індуктивності при комп'ютерному моделюванні ВЕУ можна знехтувати.

З метою зменшення вимог до обчислювальних ресурсів для моделювання алгоритмів керування потужністю ВЕУ в рамках поставленого завдання була запропонована наступна модель електричного генератора.

Виходячи зі схеми заміщення, напруга фазної обмотки генератора матиме наступний вигляд:

$$u = e - r \cdot i - L \cdot \frac{di}{dt}, \quad (6)$$

де e - електрорушійна сила (ЕРС); r - активний опір фазної обмотки; i - струм в фазній обмотці; L - індуктивність фазної обмотки.

Для зниження впливу електричної машини на результати дослідження алгоритмів керування ВЕУ було прийнято припущення, що активний опір та індуктивність фазної обмотки дорівнюють нулю, а ЕРС в обмотках генератора визначається наступними рівняннями:

$$\begin{cases} e_A = k\omega \cdot \sin(2 \cdot p \cdot \omega \cdot t) \\ e_B = k\omega \cdot \sin\left(2 \cdot p \cdot \omega \cdot t + \frac{2 \cdot \pi}{3}\right) \\ e_C = k\omega \cdot \sin\left(2 \cdot p \cdot \omega \cdot t - \frac{2 \cdot \pi}{3}\right) \end{cases} \quad (7)$$

де e_A, e_B, e_C - ЕРС відповідних обмоток генератора; k - коефіцієнт конструкції генератора; 2 - число пар полюсів; ω - кутова швидкість ротора генератора; t - час.

Вироблену напругу з генератора необхідно буде передати споживачам. Залежно від цільового призначення ВЕУ вона може працювати на загальну енергомережу або забезпечувати автономного споживача енергією. Виробництво та розподіл електричної енергії в основному здійснюється на змінному струмі, внаслідок простоти трансформації напруги. Однак значна частина виробленої електричної енергії (30–35%) використовується на постійному струмі, в тому числі для роботи на акумуляторні батареї.

Перелік посилань:

1. Wind Energy [Електронний ресурс]. – The Facts, March 2009. – Режим доступу: <http://www.wind-energy-the-facts.org/>
2. Hansen M.H. Control design for a pitch-regulated, variable speed wind turbine: Technical Report RISO–R–1500/ M.H.Hansen [et al.]/ RISO National Laboratory. – Denmark, Roskilde, 2005. – p.156.
3. Munteanu I. Optimal control of wind energy systems: Advances in Industrial Control/ I. Munteanu, A. I. Bratcu, N-A. Cutululis, E. Ceanga// series ISSN 1430-9491– Springer-Verlag London Limited, 2008. – p.284.
4. Wind Integration In Electricity Grids: International Practice and Experience [Електронний ресурс], АЕМО. – 2011. – Режим доступу: <http://www.aemo.com.au/planning/0400-0049.pdf>
5. Штерцер В.А. Системы генерации электроэнергии для ветроэнергетических установок/ В.А. Штерцер, С.Д. Саленко// Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», Научно-технический центр «ГТА», 2010. –№ 5 (85).

ВИКОРИСТАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ПРИВОДУ В ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОМУ ПРЕСОВОМУ ОБЛАДНАННІ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Пундик С. І.
Хмельницький національний університет

В наш час одним з найбільш актуальних завдань у легкій промисловості є підвищення конкурентоспроможності і ефективності устаткування, зокрема, електрогідравлічного пресового обладнання. Доцільно проводити модернізацію, зберігаючи вже наявне обладнання, удосконалювати його за рахунок установки нових елементів механізації і автоматизації відповідно до сучасних стандартів [1].

На сьогоднішній день намітилась тенденція застосування частотно-регульованого приводу в різному технологічному устаткуванні. Зокрема застосуванням частотного приводу в електрогідравлічному пресовому обладнанні займається підрозділ німецької компанії Bosch Group – Rexroth. Дана компанія є першопрохідником у спробі об'єднати гідравліку і електроніку. Використання частотно-регульованих приводів для насосів дає величезний потенціал для зниження енерговитрат і суттєво зменшує втрати гідравлічної енергії [2].

Завдяки використанню частотно-регульованого модуля в електрогідравлічному пресовому обладнанні можна контролювати наступні параметри:

- швидкість обертання двигуна;
- момент, граничне значення крутного моменту;
- тиск в системі;
- розгін, скидання швидкості, прискорення, гальмування;
- питомі гідравлічні характеристики.

У зв'язку зі зростаючими вимогами до пресового обладнання легкої промисловості по енергозбереженню і функціональності, необхідні нові рішення з його модернізації.

В легкій промисловості України для виконання різних технологічних операцій (вирубання, перфорації, тиснення та інших) широко використовується застаріле пресове обладнання з електрогідравлічним приводом, яке на сьогоднішній день є досить енергозатратним.

За конструкцією електрогідравлічні преси можна розділити по типу переміщення робочого органу: траверсні, кареткові, консольні без повороту ударника та з поворотом ударника [3].

Кожний тип пресу має свою базову конструкцію, від простих пресів з ручним управлінням і ручною подачею матеріалів, що вирубуються і різаків до прес-автоматів з програмним управлінням і автоматичною подачею матеріалів.

За призначенням електрогідравлічне пресове обладнання може бути для: розкрою взуттєвих матеріалів (ПВГ-8-2-О, ПКП-16; HSP-558/3 – “Atom” (Італія); CF526 AT – “Chenfeng” (Тайвань)); тиснення і перфорування деталей верху взуття (ПГТП-45-О, 22ES – “Schon” (Німеччина), X-608A – “Zhuxin” (Китай)); формування підшовів і устілок (P-64 – “Banf” (Італія)); приклеювання підшовів до взуття клеями (ППГ-4-О, QF-818B – “Qifeng” (Китай)); гарячої вулканізації гумового низу на взутті (ПВГ-1, ПВГ-3Н-0, 101082/P32 – “Svit” (Чехія)) тощо.

На надійність і довговічність гідросистеми пресів, найбільше впливають умови та режими роботи пресового обладнання [4]. Основними факторами, які зменшують надійність гідравлічних систем пресів є: вібрації гідроапаратури; підвищення температури, перепади та коливання тиску робочої рідини; гідравлічні удари і закиди тиску.

При тривалих роботах електрогідравлічного пресового обладнання в режимах перевантаження можна спостерігати деякі недоліки в їх роботі, такі як [5]: перегрівання та протікання масла, порушення герметичності гідросистеми, вихід з ладу контрольно-регулюючого обладнання. Через значне збільшення робочого тиску в маслі з'являються пухирці повітря в зоні зливного трубопроводу, що в свою чергу веде до нерівномірності ходу та збільшенню кількості недорубів [6].

Важливими факторами, які впливають на перевантаження електрогідравлічних пресів є жорсткість системи прес-ударник-різак-плита і деформація системи стіл-вирубна-плита-різак-ударник-шток [7]. Наприклад, при вирубванні різакми малої площі виникають надмірні навантаження, через значне їх заглиблення в плити. Також на перевантаження пресів впливають запізнення в спрацюванні електричної і гідравлічної апаратури, що призводить до підвищення тиску в гідросистемі під час вирубання в кінці технологічного процесу. Це призводить до поломок обладнання гідросистеми, швидкого зношення різаків, вирубних плит, а також збільшення спожитої електроенергії і нагріву робочої рідини.

В легкій промисловості найбільшого поширення набули преси консольного типу з ручним і автоматичним поворотом ударника, які використовуються для вирубання м'яких шкір верху, багат шарових текстильних ролонних матеріалів. Їх широке використання обумовлене невеликими габаритами, високою продуктивністю, а також меншою вартістю в порівнянні з іншими видами пресів.

Так на прикладі роботи [8], де було проведено дослідження енергетичних і силових параметрів електрогідролічного пресового обладнання на базі преса ПВГ-8-2-0 під час виконання операцій вирубування можна продемонструвати в яких саме точках відбуваються стрімке споживання електричної енергії і закиди тиску.

Одним із перспективних рішень по модернізації електрогідролічного пресового обладнання є використання в приводі пресу частотного перетворювача. Частотний перетворювач забезпечує плавне регулювання швидкості двигуна в широкому діапазоні і високу стабільність механічних характеристик. Регулювання швидкості при цьому не супроводжується збільшенням ковзання двигуна, тому втрати потужності при регулюванні невеликі.

Використанні частотно-регульованого приводу в електрогідролічному пресовому обладнанні дозволять:

- підтримувати робочий тиск під час виконання технологічних операцій вирубування, без різких перепадів і закидів тиску;
- зменшити нагрів масла;
- виставляти різний робочий тиск в системі для вирубування різними за розмірами різаками;
- зменшити навантаження двигуна насосу, шляхом обмеження струму на рівні номінального в пускових, робочих і аварійних режимах;
- збільшити термін служби механічної та електричної частини обладнання.

Проведений огляд електрогідролічного пресового обладнання, а також їх недоліків показав, що одним із перспективних способів вирішення даних недоліків є модернізація приводу насосу, шляхом використання частотного перетворювача. Це дасть змогу зменшити споживання електричної енергії і закиди тиску в системі під час виконання технологічної операції та забезпечити не тільки економію електроенергії, а й зменшення навантаження на двигун.

Перелік посилань:

1. Котин Д. А. Адаптивные алгоритмы бездатчикового векторного управления асинхронными электроприводами подъёмно-транспортных механизмов : дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.09.03 “Электротехнические комплексы и системы” / Д. А. Котин. – Новосибирск, 2010. – 162с.
2. Хендриск Г. Частотно-регулируемые привода для насосов Bosch Rexroth, O Presse – 2012 – С. 42. – Режим доступа до стат. : http://www.boschrexroth.com.ua/country_units/europe/russia/ru/br/Fe_converters.pdf.
3. Поліщук О.С. Аналітичний огляд існуючих методів і засобів вирубування деталей на підприємствах легкої промисловості / О.С. Поліщук, А.К. Кармаліта // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 2. – С. 85–90.
4. Чугаев Р.Р. Гидравлика / Чугаев Р.Р. – Л., Энергия, 1975. – 600 с.
5. Прохоров В.Г. Диагностика неполадок гидросистем / Прохоров В.Г. – М. : Машиностроение, 1972. – 360 с.
6. Сивченко Н.А. Причины перегрузки прессов для вырубке деталей верха обуви / Н.А. Сивченко, Л.В. Сидорец, И.В. Панасюк // Технология легкой промышленности. Известия ВУЗов. – К., 1984. – № 1. – С. 129–131.
7. Пискорский Г.А. Исследование деформации системы стол-ударник вырубных прессов консольного типа / Г.А. Пискорский, В.И. Толочко // Технология легкой промышленности. Известия ВУЗов. – К., 1981. – № 1. Сообщ. 1. – С. 116–120.
8. Якимчук Д. М. Вдосконалення пресів для вирубування деталей виробів легкої промисловості : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.10 “Машини легкої промисловості” / Д. М. Якимчук. – Хмельницький, 2011. – 126с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

Романець Т.П., Неймак В.С., Поліщук О.С.
Хмельницький національний університет

Вступ. Одним з пріоритетних напрямків розвитку енергетики в XXI ст. є широке використання відновлювальних джерел енергії, що мають величезні ресурси, які дозволяють зменшити негативний вплив енергетики на навколишнє середовище, підвищити енергетичну та екологічну безпеку [1]. У Статуті Міжнародного агентства з відновлювальних джерел енергії (IRENA) зазначено, що термін «відновлювальна енергія» передбачає всі форми енергії, що постійно виробляються усіма відновлювальними джерелами та включає: біоенергію, геотермальну енергію, гідроенергію, енергію океану, у тому числі енергію приливів та відливів, хвильову та теплову енергію океану, сонячну енергію, енергію вітру [2]. З огляду на десятирічну статистику (2010 – 2019 роки), що представлена на сайті IRENA: [3], темпи зростання сонячної енергетики в світі хоча і сповільнюються, проте залишаються досить високими – більше 20 % на рік. В Україні вони є ще стрімкішими (Рис. 1).

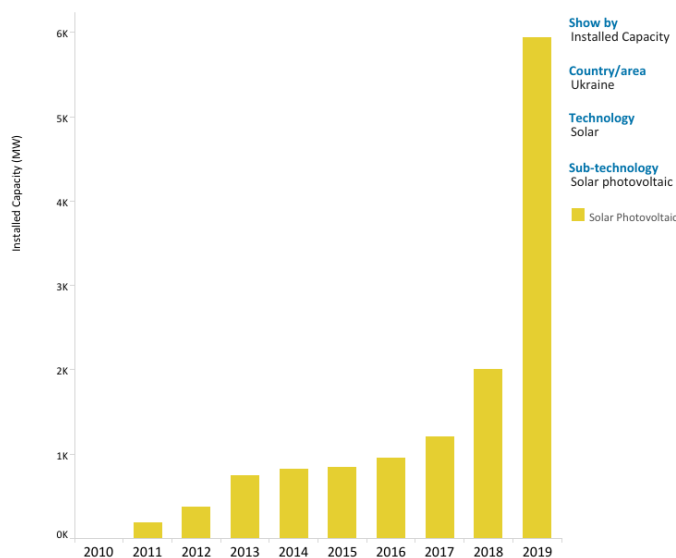


Рис. 1. Встановлена потужність сонячних електростанцій в Україні

Удосконалення технології виробництва електричної енергії із енергії Сонця веде до того, що з часом сонячна енергетика стане найбільш доступною серед інших альтернативних джерел енергії [4]. Саме тому дослідження, що проводяться в області використання сонячної енергії є актуальними.

Постановка завдання. Генерація електричної енергії сонячними батареями впродовж світлового дня змінюється від нуля до максимуму і потім у зворотному напрямку. Графік видачі потужності схожий на синусоїду. Ефективність використання променистої енергії сонячними батареями залежить від їх орієнтації в просторі. Як правило сонячні батареї орієнтують на південь. Якщо з якоїсь причини такої можливості немає, то сонячні батареї можна встановити з орієнтацією на південно-західний або південно-східний напрямки. У випадку, коли генерована енергія використовується виключно на власне споживання, ефективна генерація та її тривалість не завжди співпадає з графіком навантаження. Для забезпечення кращої відповідності графіків генерації та навантаження, а також збільшення тривалості ефективної генерації, пропонується розміщення сонячних батарей, об'єднаних в окремі станції або окремі стрінги однієї станції за різними азимутальними напрямками.

Результати дослідження. Запропоновану ідею реалізовано при будівництві сонячних електростанцій (СЕС) Хмельницького національного університету (ХНУ). Для дослідження нами обрано СЕС що мають одноступеневе обладнання. В якості електрогенеруючого обладнання використовуються сонячні фотоелектричні модулі Risen RSM60-6-270P. Перетворення генерованого струму постійної напруги у змінну здійснюють мережеві стрінг інвертори HUAWEI Sun2000-20KTL номінальною потужністю 20 кВА.

Сонячні батареї СЕС-1, розташовані на даху навчального корпусу №4, встановлено з азимутальним кутом $+25^{\circ}$. Сонячні батареї СЕС-2, розташовані на даху навчального корпусу №3, встановлено з азимутальним кутом -60° . Сонячні батареї СЕС-3, розташовані на даху корпусу фізичного виховання, встановлено точно на південь - азимутальний кут рівний $+0^{\circ}$. Сонячні батареї на названих СЕС встановлені з однаковим кутом нахилу в площині зеніту.

Статті

Для дослідження ефективності роботи сонячних електростанцій ХНУ використовується система моніторингу Huawei Smart Logger. Вона призначена для моніторингу сонячних електростанцій і управління ними. Система об'єднує всі порти, перетворює протоколи, збирає і зберігає дані та централізовано контролює і підтримує систему генерації сонячної енергії в цілому.

Smart Logger підтримує ряд пристроїв, таких як інвертори, пристрої моніторингу зовнішньої мережі, автоматизовані розподільчі щити змінного струму, трансформатори та інтелектуальні лічильники, які використовують стандартний протокол Modbus або забезпечені портами RS485.

Система дає можливість в автоматичному режимі здійснювати візуалізацію параметрів, проводити обробку даних у реальному часі, формувати бази даних та здійснювати порівняльний аналіз їх експлуатаційної ефективності СЕС, окремих інверторів на окремих стрінгів. Вона також дозволяє дистанційно відслідковувати параметри через WEB сервер.

Результати експериментальних досліджень.

Нами проведемо аналіз даних отриманих зі згаданих вище СЕС ХНУ. Для прикладу взято дані для безхмарного сонячного дня 07 квітня 2020 року.

На рис. 2 наведені графіки видачі активної потужності мережевими інверторами СЕС.



жовтий - СЕС-1, синій - СЕС-2, сірий - СЕС-3

Рис. 2. Графік видачі потужності сонячними батареями на 07.04.2020 р.:

Всього за вказаний день вказаними інверторами було видано в мережу відповідно СЕС-1 – 154,30 кВт*год електроенергії, СЕС-2 – 140,62 кВт*год та СЕС-3 – 145,86 кВт*год. Пікова потужність СЕС-1 – 20,75 кВт о 13:00, СЕС-2 – 20,20 кВт о 10:45, та СЕС-3 – 20,55 кВт о 12:15.

Як видно з отриманих даних вироблена за день електроенергія та пікова потужність СЕС, що мають різну азимутальну орієнтацію відрізняються в межах до 10 %. Причому максимальну пікову потужність видала СЕС-3 орієнована строго на південь, а найбільше електроенергії виробила СЕС-1 з азимутальним кутом $+25^{\circ}$.

Звичайно авторами аналізувались не лише ідеальні сонячні дні. В залежності від погодних змін таких як хмарність, опади, температура повітря, спостерігається різний розподіл видачі активної енергії СЕС в залежності від азимутального кута орієнтації їх сонячних батарей.

Та все ж, якщо припустити, що настання тих чи інших погодних змін, як випадкових подій, підпорядковується нормальному закону розподілу, ми можемо орієнтуватися на закономірності, що спостерігаються в безхмарну сонячну погоду.

Висновки. В результаті проведених досліджень підтверджено, що для випадку, коли генерована СЕС енергія використовується виключно на власне споживання, підвищення ефективності використання сонячних батарей можливе шляхом розташування окремих станцій або окремих стрінгів однієї станції за різними азимутальними напрямками. Це дозволяє забезпечити кращу відповідність графіків генерації та навантаження, а також збільшити тривалість ефективної генерації протягом дня.

Перелік посилань:

1. Энергетика: история, современность и будущее. Книга 5. Электроэнергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі. – Київ, 2011. – 392 с.
2. Н.М. Мхитарян, С.О. Кудря, В.Ф. Резцов. Потенциал и перспективы использования возобновляемых источников энергии в Украине // Альтернативная энергетика и экология. 2011. № 8. С. 150-163.
3. Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії (IRENA). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.irena.org/>.
4. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України // Альтернативна енергетика. Енергія Сонця. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sae.gov.ua/uk/ae/sunenergy>

СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ РІВНЯ ІНСОЛЯЦІЇ НА ПОВЕРХНІ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА

Єрій А. В.,

Романець Т. П.

Хмельницький національний університет

Великий практичний інтерес до обігрівання приміщень та отримання гарячої води, від сонячних колекторів, може бути обумовлений тим, що в промислово розвинутих країнах близько сорока відсотків виробленої енергії споживається на так зване низькотемпературне нагрівання (менше 100 °С). Тому важливим кроком для зменшення витрат енергій є підвищення ефективності використання площі колекторів, та збільшення сезонного діапазону використання геліосистем.

Для збільшення кількості виробленого тепла в холодний період року нами пропонується використовувати сонячні рефрактори суміщені з системою автоматичного керування та системою слідкування за рівнем сонячної інсоляції на поверхні сонячного колектора (рис. 1). Дана система допоможе регулювати рівень інсоляції в період коли прямий світловий потік не достатній для нагрівання теплоносія до придатної для використання температури. Відповідно до кута падіння сонячних променів система займає відповідне положення (наприклад а, б, в рис. 1). Систему доцільно використовувати на колекторах невеликої площі.

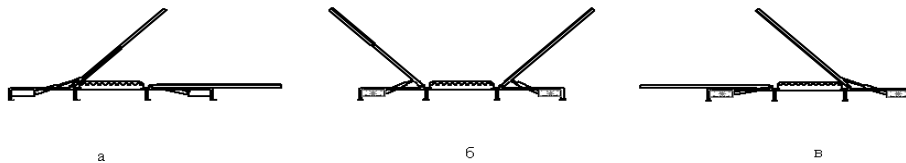


Рис. 1. Сонячний колектор з рефракторами

В розрахунках передбачено варіювання кута нахилу сонячного колектора до горизонту, а також азимутального кута розміщення сонячних колекторів. Також враховується істинний сонячний час для вибраної місцевості, період роботи геліоколектора (пора року) та інше.

Повна інтенсивність випромінювання сонячної енергії на площину колектора, що нахилена визначається за наступною формулою:

$$I = I_{th} \cdot \left(\left(\frac{\cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \beta - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \xi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \psi}{\sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \psi} \right) + \left(\frac{\cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \xi \cdot \cos \varphi + \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \xi \cdot \sin \psi}{\sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \psi} \right) \right) + I_{in} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + (I_{th} + I_{in}) \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2} \cdot \zeta + I_{th} \cdot \zeta_r \cdot k, \quad (1)$$

де I_{th} – інтенсивність прямого випромінювання на поверхні Землі, Вт/м²;

φ - широта місцевості, для міста Хмельницький $\varphi = 49^\circ 24'$ град;

δ - нахил Сонця, тобто кутове положення Сонця відносно площини земного екватора, град;

ψ - годинний кут, $\cos \psi = -\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta$, град;

ζ - відбиваюча здатність; $\zeta = 0,173$;

ζ_r - відбиваюча здатність матеріалу з якого виготовлений рефlector, $\zeta_r = 0,95$;

k - коефіцієнт повного перекриття колектора відбитим промінням від обох рефlectorів одночасно;

I_r - інтенсивність прямого випромінювання на поверхні рефlectorа, Вт/м²;

ξ - азимутальний кут площини, тобто відхилення нормалі площини від місцевого меридіана, град.

Величина схилення залежить від пори року та дня року, для якого відбувається обчислення. Величину схилення можна визначити за формулою:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284 + n}{365} \right), \quad (2)$$

де n - порядковий номер дня в році, n змінюється від 1 до 365.

Визначаємо оптимальний кут нахилу за наступною формулою:

$$\arctg \beta = \frac{\operatorname{tg}(\varphi - \delta + \psi_0)}{1 + \frac{1}{2}(k - \zeta - k\zeta)} \quad (3)$$

Визначимо такий кут для 15 жовтня. Відповідно:

$$n = 288. \quad \delta = 23,45 \sin\left(360 \cdot \frac{284 + 288}{365}\right) = -9,6^\circ.$$

Підставляючи дані у формулу (3) отримуємо:

$$\beta = \arctg \frac{\operatorname{tg}(49,24 - (-9) + 108,66)}{1 + \frac{1}{2}(1 - 0,28 - 1 \cdot 0,28)} = 51,66^\circ$$

З кінцевої формули для отримання кута нахилу колектора видно, що кут буде залежати від широти місцевості, схилення Сонця, дня року, в який здійснюються розрахунки та сонячного часу.

Для визначення максимального надходження сонячного випромінювання на поверхню, що нахилена підставимо дані у формулу (1). Для прикладу визначимо сумарну сонячну радіацію для 15 жовтня. Годинний кут для цього числа буде ривним:

$$\psi = \arccos(-\operatorname{tg} 49,24 \cdot \operatorname{tg}(-9,6)) = 108,66^\circ,$$

$$I = 1,98 \cdot \left[\left(\frac{\cos -9,6 \cdot \sin 49,2 \cdot \cos 51,66 - \sin -9,6 \cdot \cos 49,2 \cdot \sin 51,66 \cdot \cos 0}{\sin -9,6 \cdot \sin 49,2 + \cos -9,6 \cdot \cos 49,2 \cdot \cos 51,66 \cdot \cos 108,39} + \frac{\cos -9,6 \cdot \cos 49,2 \cdot \cos 51,66 \cdot \cos 108,39}{\sin -9,6 \cdot \sin 49,2 + \cos -9,6 \cdot \cos 49,2 \cdot \cos 51,66 \cdot \cos 108,39} \right) + \left(\frac{\cos -9,6 \cdot \sin 49,2 \cdot \sin 51,66 \cdot \cos 0 \cdot \cos 49,2}{\sin -9,6 \cdot \sin 49,2 + \cos -9,6 \cdot \cos 49,2 \cdot \cos 51,66 \cdot \cos 108,39} + \frac{\cos -9,6 \cdot \sin 51,66 \cdot \sin 0 \cdot \sin 108,39}{\sin -9,6 \cdot \sin 49,2 + \cos -9,6 \cdot \cos 49,2 \cdot \cos 51,66 \cdot \cos 108,39} \right) \right] +$$

$$+ 0,64 \cdot \frac{1 + \cos 51,66}{2} + (1,98 + 0,6) \cdot \frac{1 - \cos 51,66}{2} \cdot 0,27 + 1,98 \cdot 1,18 \cdot 0,95 =$$

$$= 4,84 \text{ кВт год/м}^2/\text{ддоб}$$

Аналогічні розрахунки було проведено для кожного дня року. За результатами розрахунку було побудовано криву “Середній рівень в продовж року з використанням рефлекторів” рис. 2.

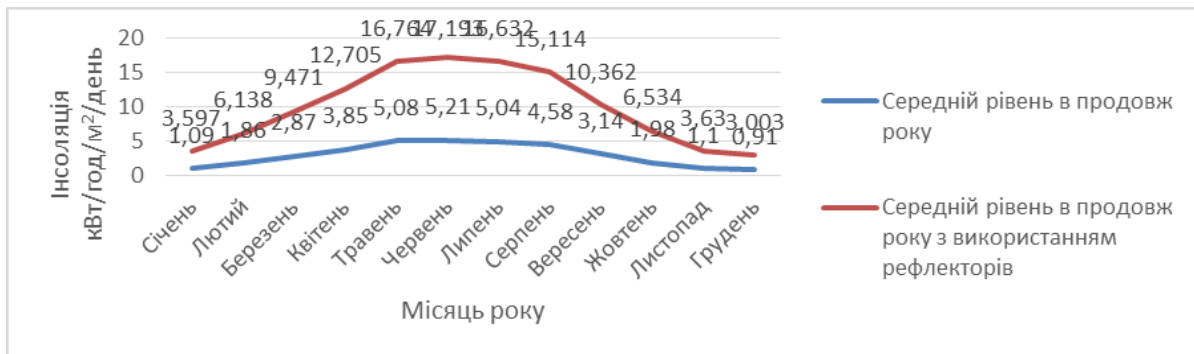


Рис. 2. Середній рівень сонячної радіації в місті Хмельницький

Як видно з отриманих даних, запропонована модель дає можливість підвищити ефективність використання площі колектора мінімум на 85%.

Висновок: використання запропонованої системи підвищує ефективність використання площі, що в свою чергу здешевлює установку за рахунок зменшення кількості труб на колекторі та значно збільшує сезонний діапазон використання.

Перелік посилань:

1. Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения. Курсовое проектирование : учебно-методическое пособие / сост.: В.А. Коротинский, В.Ф. Клинцева, А.В. Ожелевский. – Минск: БГАТУ, 2017. – 104с.
2. Кондрагьев К.Я., Пивоварова З.И., Федорова М.П. Радиационный расчет наклонных поверхностей. - Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 341с.
3. Бринкворт Б. Солнечная энергия для человека. - М.: Мир, 1976. - 291с.

ДО ПИТАННЯ ПРО АРХІТЕКТУРНИЙ СТИЛЬ REST

Кравчук А.Ю.,

Кравчук О.А.

Хмельницький національний університет

Архітектура програмного забезпечення є сукупністю важливих рішень про організацію програмної системи. Від правильного вибору архітектури залежить успішність та швидкість розробки проекту, складність його підтримки та розуміння структури програми. Саме через це розробники часто використовують нові архітектурні рішення для побудови програмного забезпечення, намагаючись знайти оптимальні варіанти вирішення тієї чи іншої проблеми.

Розглянемо такий важливий чинник успішності проекту як передача даних. Оскільки проект з мікросервісною архітектурою складається з певної кількості окремих сервісів, вони повинні між собою реалізовувати механізм передачі інформації. На сьогоднішній день найбільш широко для цієї мети використовується підхід REST.

REST (Representational state transfer) – архітектурний стиль взаємодії компонентів розподіленого програмного забезпечення в мережі [1]. Як правило, такий підхід використовується для побудови веб-сервісів. REST являє собою набір погоджених обмежень, при дотриманні яких підвищується продуктивність та спрощується архітектура. Системи, які підтримують цей підхід називаються RESTful-системами. Щоб система вважалась сконструйованою в цьому архітектурному стилі, вона повинна задовольняти наступні критерії:

- Client-Server. Система повинна бути розділена на клієнтів і на серверів. Поділ інтерфейсів означає, що, наприклад, клієнти не пов'язані зі зберіганням даних, яке залишається всередині кожного сервера, так що мобільність коду клієнта поліпшується. Сервери не пов'язані з інтерфейсом користувача або станом, так що сервери можуть бути простішими і більш масштабованими. Сервери та клієнти можуть бути замінені і розроблятися незалежно, доки інтерфейс не змінюється;

- Stateless. Сервер не повинен зберігати будь-яку інформацію про клієнтів. У запиті повинна зберігатися вся необхідна інформація для обробки запиту і якщо необхідно, ідентифікації клієнта. Стан сесії при цьому зберігається на стороні клієнта. Інформація про стан сесії може бути передана сервером будь-якому іншому сервісу (наприклад, в службу бази даних) для підтримки стійкого стану користувача;

- Cache. Кожна відповідь повинна бути позначена чи є він кешованою чи ні, для запобігання повторного використання клієнтами застарілих або некоректних даних у відповідь на подальші запити;

- Uniform Interface. Визначається єдиний інтерфейс між клієнтами і серверами. Це спрощує і відокремлює архітектуру, яка дозволяє кожній частині розвиватися самостійно. Щоб задовольняти цей критерій, необхідно виконувати наступні 4 умови:

1. ідентифікація ресурсів – кожен ресурс (користувач, товар тощо) в REST повинен бути ідентифікований за допомогою стабільного ідентифікатора, який не зміниться при зміні стану ресурса. Наприклад, таким ідентифікатором може виступати URI (Uniform Resource Identifier, ідентифікатор ресурса);

2. маніпуляція ресурсами через представлення – якщо клієнт зберігає представлення ресурса, то він може його змінити чи видалити;

3. само-описувані повідомлення – кожне повідомлення повинно містити в собі достатньо інформації, щоб було зрозуміло, як його обробити;

4. HATEOAS (гіпермедіа як засіб зміни стану додатка) - Статус ресурсу передається через вміст тіла запиту, параметри рядка запиту, заголовки запитів і запитуваний URI. Це називається гіпермедіа (або гіперпосилання з гіпертекстом).

- шарування системи - Клієнт зазвичай не здатний точно визначити, взаємодіє він безпосередньо з сервером або ж з проміжним вузлом, в зв'язку з ієрархічною структурою мереж (маючи на увазі, що така структура утворює шари). Застосування проміжних серверів здатне підвищити масштабованість за рахунок балансування навантаження і розподіленого кешування. Кожен компонент системи може бачити лише компонент наступного шару. Наприклад, якщо клієнт хоче отримати відео з сервісу, який в свою чергу отримує його з віддаленого репозиторія, то клієнт нічого не повинен знати про віддалений репозиторій.

Також варто розуміти, що підхід REST не прив'язаний до конкретних технологій та протоколів, однак на практиці майже завжди використовуючи цей підхід передбачається використання HTTP протоколу.

HTTP (англ. HyperText Transfer Protocol - «протокол передачі гіпертексту») - протокол прикладного рівня передачі даних. Спочатку дані передавались лише у вигляді гіпертекстових документів в форматі «HTML» [2]. На сьогоднішній день цей протокол використовується для передачі довільних даних. Основою HTTP є технологія «клієнт-сервер», для якої є необхідне існування клієнта, який буде ініціювати з'єднання і відправляти запит, і сервера, який очікує новий запит, виконує певні дії та надсилає відповідь з результатом.

Статті

Основним об'єктом маніпуляції в HTTP є ресурс, на який вказує URI в запиті клієнта. Зазвичай такими ресурсами є файли, що зберігаються на сервері, але ними можуть бути і інші логічні об'єкти (наприклад, записи в базі даних).

Розглянемо структуру повідомлення, яке клієнт відсилає серверу. Воно складається з трьох частин:

- стартова стрічка – визначає тип повідомлення. У собі містить метод, який визначає тип запиту, URI, який є адресом до якого буде надісланий запит, та версія протоколу HTTP;
- заголовки – інформація, яка характеризує тіло повідомлення, описує його формат тощо;
- тіло запиту – частина повідомлення, у якій безпосередньо містяться дані, які необхідно передати.

Не є обов'язковою частиною запиту.

Для взаємодії з сервером з архітектурним підходом REST зазвичай використовують наступні 4 методи:

- GET – використовується для запиту вмісту заданого ресурса. За допомогою цього методу також можна розпочати якийсь процес. При використанні цього методу можна використовувати параметри, які додаються до URI після знаку '?'.
 - POST – використовується для передачі даних користувача вказаній адресі. Зазвичай, використовується для додавання нових об'єктів/ресурсів (наприклад, новий коментар, товар, замовлення тощо).
 - PUT – використовується для завантаження вмісту запита на вказаний URI. Різниця між цим методом і POST полягає в тому, що URI ресурс в випадку POST запиту буде оброблювати дані, передані клієнтом, в той час як з методом PUT клієнт передбачає, що завантажуваний вміст вже відповідає тому, що знаходиться за даним URI ресурсу. Зазвичай використовується для оновлення об'єктів/ресурсів.
 - DELETE – слугує для видалення ресурсу.

Працюючи з базами даних, легко поставити у відповідність чотирьом базовим функціям для роботи з базою даних (CRUD – create, read, update, delete) методи HTTP протоколу, які використовуються у REST: create - POST, read-GET, update - PUT та delete-DELETE. Також, говорячи про HTTP, варто відзначити популярні формати передачі інформації в тілі запита. На сьогодні, є два основні формати: XML та JSON.

XML (Extensible Markup Language) – розширювана мова розмітки, запропонована як стандарт побудови мов розмітки ієрархічно структурованих даних для обміну між різними застосунками, зокрема, через Інтернет. XML розроблялась як мова з простим формальним синтаксисом, зручним для створення і обробки документів програмами і одночасно зручним для читання і створення документів людиною. Розширення XML - це конкретна граматики, створена на базі XML і представлена словником тегів і їх атрибутів, а також набором правил, що визначають які атрибути і елементи можуть входити до складу інших елементів.

JSON (JavaScript Object Notation) - текстовий формат обміну даними, заснований на JavaScript. Як і багато інших текстові форматів, JSON легко читається людьми. За рахунок своєї лаконічності в порівнянні з XML, формат JSON може бути більш підходящим для серіалізації складних структур. Застосовується в веб-додатках як для обміну даними між клієнтом і сервером, так і між серверами.

Формат JSON є набагато простішим для сприйняття та розуміння ніж XML. Це є однією з причин, чому він поступово витісняє свого конкурента з ринку.

Перелік посилань:

1. Рой філдінг - Архітектурні стилі та дизайн мережових архітектур програмного забезпечення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>
2. Fielding, Roy T.; Gettys, James; Mogul, Jeffrey C.; Nielsen, Henrik Frystyk; Masinter, Larry; Leach, Paul J.; Berners-Lee, Tim (June 1999). Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1

РОЗРОБКА МОДЕЛІ МЕХАНІЗМУ ТРАНСПОРТУВАННЯ МАТЕРІАЛУ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ «TYPICAL» 6850 КЛАСУ

Неймак В.С.,
Романець Т.П.,
Поліщук О.С.

Хмельницький національний університет

Сучасний етап швейного машинобудування характерний створенням автоматизованих машин, машин-напівавтоматів і агрегатів. В сучасних машинах-напівавтоматах розв'язується задача відділення деталей від пачки, автоматичної їх подачі в зону пошиву, їх орієнтації в процесі з'єднання і, на кінець, автоматичного знімання після завершення операції.

В області автоматизації проектування приводів і динамічних систем, які складаються з електронних систем управління, електрогідравлічних та гідравлічних підсилювачів, електричних, гідравлічних або пневматичних двигунів, механічних передач і механізмів, трансмісій широко використовується система ПРАНС-ПК, що розроблена в КПІ. Переваги системи в порівнянні з вітчизняними та закордонними аналогами – можливість автоматизованого виконання всього комплексу робіт схемотехнічного етапу проектування динамічних систем з різними за фізичним складом елементами.

Відома методика кінематичного аналізу за допомогою ЦЕОМ, яка полягає в визначенні положень всіх шарнірів в залежності від руху ведучих ланок [1]. Розрахунок ведеться за трансцендентними рівняннями, оригінальними для кожного механізму. При цьому виникають неоднозначності, які пов'язані з визначенням знаку перед квадратним коренем, номера квадранта кута та ін. Такі неоднозначності значно ускладнюють складання алгоритму рішення. Фактично, для кожного механізму необхідно складати трудомістку програму.

На такому ж принципі заснована методика динамічного та кінематичного аналізу деяких площинних механізмів, яка застосовується розробниками пакета "ПРАНС-ПК" [2]. Декілька найпростіших механізмів розглянуті як передаючі дві узагальнені змінні: швидкісну та силову (швидкість і сила, кутова швидкість і момент). Пов'язують ці змінні ті ж самі трансцендентні рівняння. Динамічний вплив проміжних ланок механізму пропонується враховувати приведенням їх мас до вхідних та вихідних ланок, що знижує точність аналізу. Крім того, при використанні цієї методики неможливо оцінити внутрішні динамічні параметри механізму, наприклад, зусилля у шарнірах, відносні швидкості обертання ланок, які важливо враховувати, особливо при аналізі багатошвидкісних механізмів [1].

Відома методика аналізу, яка базується на описанні шарнірно-важільної ланки як твердого тіла з масою m та моментом інерції J [3].

Положення шарнірів задаються векторами від центра мас ланки. Приклад моделі ланки площинного механізму наведено на рис.1.

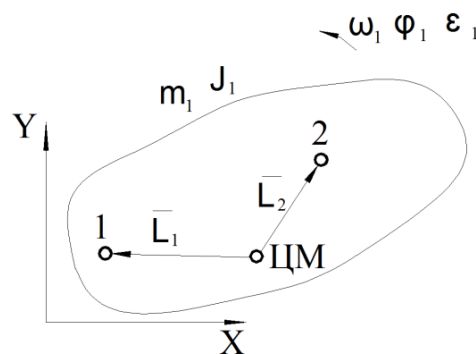


Рисунок 1 - Фізична модель двошарнірної ланки

Позначено: ЦМ - центр мас, 1,2 - шарніри, \bar{L}_i - вектор положення i -го шарніру відносно центру мас, \bar{F}_i - вектор зусилля від i -го шарніру, \bar{V}_i - вектор швидкості i -го шарніру, ω - кутова швидкість обертання, \dot{I} - рушійний момент.

Пакет прикладних програм "ПРАНС-ПК" дозволяє скласти універсальну модель такого тіла, яка вимагає для конкретизації тільки довжини L векторів шарнірів та початкові значення кутів α між ними і осями координат, масу та момент інерції ланки.

Розробка моделі механізму транспортування матеріалу швейної машини «Typical» 6850 класу та подальші її дослідження дадуть змогу отримати також зусилля в опорах, а також покращити зрівноваженість.

На рисунку 2 приведено розроблена у ППП «ПРАНС-ПК» схема заміщення механізму транспортування матеріалу машини "Turical" 6850 кл.

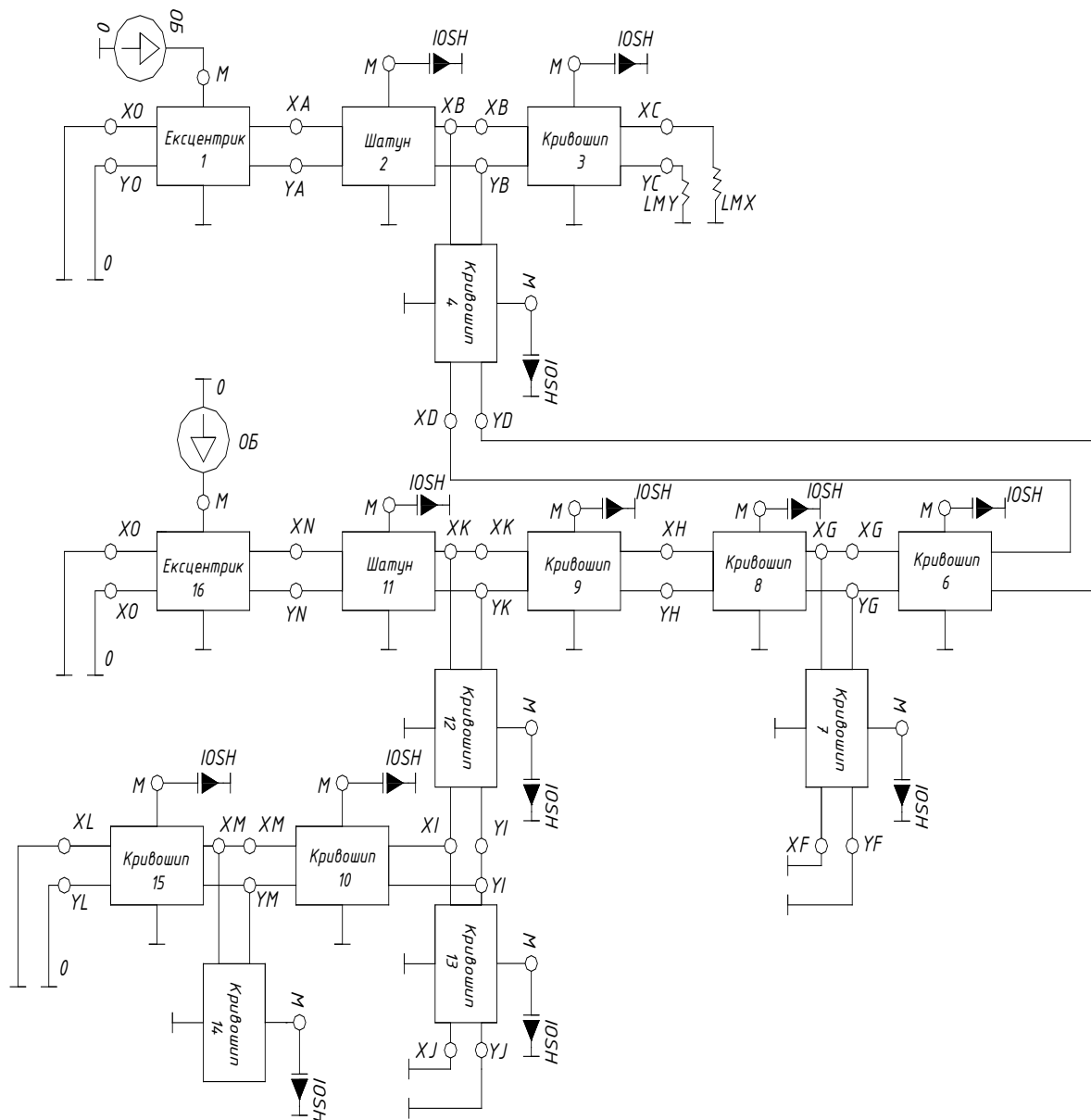


Рисунок 2 – Схема заміщення механізму транспортування матеріалу машини "Turical" 6850 кл. виконана у ППП «ПРАНС-ПК»

За допомогою розробленої моделі в подальшому планується провести кінематичний та динамічний аналіз механізму, зокрема знайти переміщення рейки в горизонтальному та у вертикальному напрямку в метрах в залежності від часу і від площини та інші параметри, що дасть змогу провести його модернізацію.

Перелік посилань:

1. 1. Автоматизация схемотехнического проектирования в машиностроении: Учебное пособие / А.И.Петренко, В.В.Ладогубец, В.В.Чкалов.-К.:УМК ВО,1988.-180с.
2. Розробка методики кінематичного та динамічного аналізу шарнірно-важільних механізмів за допомогою цифрових електронно-обчислювальних машин / Г.Ф.Воронін// Вісник Технологічного університету Поділля. -1998.-№4. Ч.2. – С.86-88.
3. Комп'ютерне моделювання. Конспект лекцій для студентів спеціальності «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування» / Г.Ф.Воронін, Г.Б.Параска, Чкалов О.В. – Хмельницький: ТУП, 2002. – 47 с.

РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТУВАННІ ССТV

Терлецький Т.В.,

Кайдик О.Л.,

Пташенчук В.В.

Луцький національний технічний університет

На сучасному етапі реалізацію технічної думки у багатьох сферах не можливо уявити без залучення інформаційних технологій. Не виключенням стала і сфера безпеки, складовою якої є системи відеоспостереження, що належать до телевізійних систем спеціального призначення і мають загально прийняту назву Closed Circuit Television (CCTV).

Сучасний ринок потребує фахівців, які володіють інструментами планування і проектування даних систем ще на етапі узгодження технічного завдання на майбутню систему.

Пришвидшити та оптимізувати проектування ССТV можна використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення САПР.

Раніше на вибір необхідного обладнання ССТV для вирішення конкретного оперативного завдання [1-4] затратили багато часу і більше це нагадувало “польове” дослідження, а обрані розрахунковим шляхом параметри ССТV могли бути помилковими і не обґрунтованими.

Основні параметри, що підлягають розрахунку під час проектування ССТV – просторова щільність пікселів, проекції зони огляду на матрицю відеокамери, “мертві” зони, бітрейт з камер відеоспостереження, обсяг жорстких дисків для заданої глибини архіву, довжини кабельних ліній тощо.

Зараз ССТV – одна з інженерних систем, яку необхідно спроектувати як і системи пожежного захисту, електропостачання, вентиляції тощо. Замовник завжди буде зацікавлений у зваженості технічного рішення та бюджету, контролю підрядника під час інсталяції системи на об’єкті.

Існують різні підходи до автоматизації проектування подібних систем. Можна використовувати окремі утиліти-калькулятори і стандартні CAD/BIM (інформаційне моделювання будівель/об’єктів). Інший варіант – спеціалізоване програмне забезпечення для ескізного проектування.

Спеціалізовані програми перевершують функціональними можливостями стандартні “кульмани” CAD і програмні продукти BIM – в яких проектуванню слабкострумових систем приділено мало уваги.

Чим краще продумана і автоматизована робота проектувальника – тим більше часу залишиться на розробку різних варіантів проектованої системи, вибір оптимального рішення і погодження його із замовником.

Від того як виконавець спілкується із замовником і що може представити йому буде залежати рішення про подальшу їх співпрацю. При цьому важливо проявити професіоналізм і одночасно не бути зарозумілим. Потрібно пам’ятати, що замовник не зобов’язаний знати значення спеціальної термінології і розбиратися в технічних характеристиках системи – це задача виконавця. Але замовник повинен чітко усвідомлювати суть пропозиції, причину кожного технічного рішення, що викличе довіру до виконавця як до фахівця.

Інформаційні технології проектування ССТV допоможуть вирішити цю задачу за рахунок можливостей 3D моделювання об’єкта захисту. Крім зон огляду на 2D плані проєктант замовнику може представити тривимірну інформаційну модель того, що майбутня система “побачить” на 3D моделі об’єкта. Змінюючи місце розташування камери і її технічні характеристики отримуються наочні відображення того, як це впливає на відображення об’єкта спостереження.

Результатом роботи в спеціалізованому програмному забезпеченні для проектування відеоспостереження буде досконало виконаний проєкт (пропоноване технічне завдання на інсталяцію системи) з планом розташування камер і таблицю технічних характеристик, а також з моделями перспективних зображень з кожної із майбутніх камер спостереження та оформлена комерційна пропозиція, де крім загальної вартості та набору обладнання та матеріалів замовник зможе наочно побачити за що ж він в результаті заплатить. Це виділить розроблену пропозицію серед інших, які переважно матимуть форму специфікацій на обладнання та таблицю з їх цінами.

Проектування систем відеоспостереження є складним процесом, в якому потрібно враховувати різні чинники. Під час цього також використовується інформація, яка береться з різних областей: електротехніки, слабкострумових систем, оптики, електроніки тощо.

Застосування інформаційних технологій проектування дозволять розробнику ССТV здійснити наступне:

– вибрати необхідні відеокамери та місце їх розташування на моделі об’єкта захисту з урахуванням різних чинників (зон контролю, просторової роздільної здатності, джерел природного та штучного освітлення, туману, тощо);

– обрати необхідні типи кабелів, їх перетин та визначити довжину кабельних трас;

– розрахувати час автономної роботи системи.

На основі внесених даних означені програми допоможуть сформувати такі документи:

– схеми електричних підключень і кабельного розведення електропостачання і приймально-передавальних трактів;

- таблицю кабельного журналу;
- оформити відповідні розрахунки для пояснювальної записки;
- специфікацію переліку необхідного обладнання від бажаного замовнику виробника для подальшого узгодження із ним.

Сучасний ринок спеціалізованого програмного забезпечення, призначеного для проектування CCTV, представлений широким спектром програмних продуктів такими як “Проектировщик CCTV”, “VideoCAD”, “IP Video System Design Tool”, “nanoCAD ОПС” та багато інших.

Зіткнувшись з потребою в автоматизованому проектуванні CCTV та дослідженні зміни просторової щільності пікселів від низки технічних характеристик відеокамер [5] постало питання у виборі оптимального варіанту САПР, яке відповідало б вище згаданим критеріям.

Проведений порівняльний аналіз можливостей програмних продуктів “VideoCAD” і “IP Video System Design Tool” та процедур їх застосування таких дозволив встановити, що підходи до проектування CCTV у них в цілому ідентичні та передбачають виконання низки послідовних етапів для створення реалістичної моделі об’єкту захисту. Основний алгоритм дій наступний:

1. Формування файлу відображення або креслення об’єкта захисту у вигляді геопідкладки, знімку з супутника (Google Map) чи плану у відповідному форматі.
2. Завантаження файлу відображення або креслення об’єкта захисту в якості підкладки для побудови моделі.
3. Побудова, за потреби, реалістичної моделі об’єкта захисту.
4. Вибір місця встановлення камер та підбір їх технічних характеристик.
5. Розрахунок загального інформаційного потоку з камер і вибір ємності жорстких дисків для зберігання заданої глибини архіву.
6. Складання кабельного журналу і розрахунок потреби в кабелі.
7. Формування файлу пропозиції.

Програма “VideoCAD” окрім розміщення відеокамер на 2D підкладці, моделювання в 2D і 3D просторах, візуалізації просторового розподілу щільності пікселів та імпорту 3D-моделей предметів і цілих будинків, дозволяє змоделювати параметри відеокамер (роздільну здатність матриць, чутливість, час витримки, частоту кадрів, глибину різкості, зміну просторової щільності пікселів, шуми, тощо), параметри об’єктивів, параметри сцен (освітленість, метеорологічна дальність видимості), моделювати штучне освітлення (кут і силу випромінювання, спектр).

Основні недоліки “VideoCAD” – неузгодженість мови, яка проявляється у багатьох діалогових вікнах та викликає дискомфорт у роботі.

Програма “IP Video System Design Tool” має також великий набір функцій, які є подібними до тих, що реалізуються у “VideoCAD”. Основною перевагою даної програми над “VideoCAD” є наявність 90 денної безкоштовної версії, правда з обмеженням за кількістю використовуваних відеокамер (до 5 штук), величезна наявна база відеокамер (понад 9000 моделей різних виробників), що регулярно оновлюється та відсутність неузгодженості мови у підписі назв команд.

Вибір було зроблено на користь “IP Video System Design Tool”, де змоделювали зміну просторової роздільної здатності залежно від низки технічних характеристик відеокамери. Модель постаті людини встановлювали спочатку на відстані 20 м від камери відеоспостереження та, після зняття потрібних показів, зміщували на 5 метрів далі. Значення просторової роздільної здатності отримували разом із сформованим зображенням моделі людини.

Результати досліджень, отриманих розрахунковим шляхом і моделюванням, мали відхилення у значеннях на відповідній відстані відносно камери у межах від 5 пкс/м до 2 пкс/м, що свідчить про їх відтворюваність та доцільність застосування інформаційних технологій під час проектування CCTV.

Перелік посилань:

1. Терлецький Т.В., Ткачук А.А., Кайдик О.Л., Цебрук В.Р. Критерії вирішення оперативних задач світових стандартів інформаційних систем CCTV : *Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. Луцьк, 2020. Вип. 41. С. 218–227. DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-41-34. URL: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-34> (дата звернення 18.02.2021 р).
2. EN 50132-7:2012. Alarm systems – CCTV surveillance systems for use in security applications – Part 7: Application guidelines. URL: <https://www.slideshare.net/malvvv/en-501327> (дата звернення 18.02.2021 р).
3. BS EN 62676-4:2015 Video surveillance systems for use in security applications. Application guidelines. URL: <https://www.thenbs.com/PublicationIndex/documents/details?Pub=BSI&DocID=311425> (дата звернення 18.02.2021 р).
4. BS 8418:2015 CCTV Systems for Installers. URL: https://www.techstreet.com/standards/bs-8418-2015-a1-2017?product_id=1997895#jumps (дата звернення 18.02.2021 р).
5. Терлецький Т.В., Кайдик О.Л., Пташенчук В.В. Гранична доцільність застосування стандартних критеріїв вирішення оперативних задач CCTV : *Abstracts of the IV International Scientific and Practical Conference (Budapest, February 9–12, 2021)*. Hungary, 2021. Pp. 690–694. DOI: 10.46299/ISG.2021.IV. URL: <https://isg-konf.com> (дата звернення 18.02.2021 р).

Здано до друку 19.03.2021 р.
Гарнітура Times New Roman, Arial. Умовн. друк. арк. 3,8