

Міністерство освіти і науки України
НАН Вищої освіти України
Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»
Національний авіаційний університет
Державне підприємство Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес»
ім. академіка О.Г. Івченка
АТ «Мотор Січ»
Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О.Галкіна Національної академії наук України
Інститут Проблем Матеріалознавства ім. І.М. Францевіча НАНУ
Вінницький національний технічний університет
Вінницький національний аграрний університет
Донбаська державна машинобудівна академія
Київський національний університет технологій і дизайну
Луцький національний технічний університет
Люблінський політехнічний університет
Національний університет «Чернігівська політехніка»
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Одеський національний політехнічний університет
Спілка машинобудівників Болгарії
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Херсонська державна морська академія
Хмельницький національний університет
Центральноукраїнський національний технічний університет



МАТЕРІАЛИ

VIII-ої Міжнародної науково-практичної конференції
"Сучасні технології промислового комплексу – 2024",
яка присвячена 65-річчю з дня заснування ХНТУ
Вересень 17, 2024 – Вересень 19, 2024



Херсон-Хмельницький 2024

УДК 621.7(06.055)(477)

М 34

Сучасні технології промислового комплексу – 2024: матеріали VIII міжнар. М 34 наук.-практ. конф. (17-19 вересня 2024 р., м. Херсон, м. Хмельницький) / за ред. Д. О. Дмитрієва. – Херсон : Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2024. – 220 с.

ISBN 978-617-8187-33-0 (електронне видання)

Рекомендовано до друку як наукове видання

*Науково-технічною радою Херсонського національного технічного університету,
Протокол №4 від 01.10.24 р.*

В матеріалах конференції викладені нові теоретичні і прикладні результати щодо застосування сучасних інноваційних технологій у промисловому комплексі регіонів та машинобудуванні України. Розглянуті проблеми в галузях: технології машинобудування, обробки матеріалів тиском, технології нанесення та обробки покриттів, виробництві нових матеріалів, зміцнення та відновлення деталей машин, системного аналізу та математичного моделювання складних об'єктів, проблем надійності та енергозбереження, захисту довкілля, екологічної безпеки, ресурсозберігаючих технологій.

Викладені практичні рекомендації по використанню результатів досліджень і дослідно-конструкторських розробок в машинобудуванні. Даний збірник є виданням, в якому публікуються основні результати наукових досліджень провідних вчених України, викладачів, аспірантів та студентів ЗВО.

Збірник розрахований на наукових і інженерно-технічних робітників ЗВО, конструкторських організацій і промислових підприємств.

Відповідальний за випуск: Дмитрієв Д.О., д.т.н., професор.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації.

УДК 621.7(06.055)(477)

ISBN 978-617-8187-33-0 (електронне видання)

© Херсонський національний технічний університет, 2024

© Видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2024

З М І С Т

СЕКЦІЯ 1

«ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ»

Штефан Н. М., Гарам В. В.

Фінансові інструменти та організаційно-економічні методи реалізації інноваційної моделі розвитку підприємства..... **9**

Штефан Н.М., Кравченко О. Я.

Розробка організаційно-економічного механізму інноваційної діяльності на підприємстві..... **11**

Штефан Н.М., Осьмакова В.А.

Сучасні проблеми планування в управлінні підприємством..... **13**

Штефан Н.М., Михайлова Д. В.

Методи фінансового планування на підприємстві: переваги та недоліки..... **15**

Сотніков В. А.

Механізми державного фінансування інновацій та їх вплив на економічний розвиток..... **17**

Верба І.І.

Виробництво засобів виробництва – забаганка? чи потреба?..... **19**

Кочерга А. В.

Результативне управління конфліктами в сучасній концепції менеджменту промислового підприємства..... **21**

Штефан Н. М., Стародубцева Н. В.

Інноваційна інфраструктура як чинник реалізації інноваційної моделі розвитку економіки..... **24**

СЕКЦІЯ 2

«ПРОГРЕСИВНА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ, МЕХАТРОНІКА, РОБОТОТЕХНІКА І АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ»

Повстяной О.Ю.

Моделювання процесів створення пористих проникних матеріалів з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій..... **27**

Гальчук Т.Н., Повстяной О.Ю., Четвержук Т.І., Русаков Д.С.

Виготовлення виробів антифрикційного призначення із композиційного матеріалу на основі порошку сталі шх15..... **30**

Повстяной О.Ю., Редько Р.Г., Грудецький Р.Я.

Застосування сучасної системи автоматизації для виготовлення пористих проникних матеріалів..... **34**

Кузнєцов Ю.М., Кобець І.Р.	
Нове компонування настільного портального верстату.....	36
Бондар Р.О., Гришко І.А.	
Аналіз стану інноваційних рішень в галузі впливу ультразвукової кавітації на важкі вуглеводні.....	40
Шевченко О.В., Манзюк С.А., Стожаров Є.О.	
Пристрій з пружно-деформівними шарнірами для малих переміщень різального інструменту прецизійного верстата.....	42
Ковалевський С.В., Сидюк Д.М., Ковалевська О.С.	
Підходи до оптимізації життєвого циклу машинобудівних виробів з використанням штучного інтелекту.....	44
Козлов С. Л., Кашканов А. А., Колесницький О. К.	
Архітектура трансформер у задачі підвищення роздільної здатності зображень.....	49
Дмитрієв Д.О., Крижановський Б.Ю.	
Оцінка технологічності компоновок верстатів з механізмами паралельної структури.....	54
Дмитрієв Д.О.	
Суперпозиція виконавчих рухів ланок маніпулятора біглайда.....	57
Мусієнко О.С., Коломієць К.Л.	
Порівняння характеристик трьох видів рІа пластику що застосовується для 3д-друку.....	61
Крупа В.В., Коновалов Д.О.	
Аналіз кінематичних кутів чистового різця при нарізанні прямокутних різей ходових гвинтів.....	63
Кобельник В.Р., Лещук Р.Я., Кобельник О.С., Крупа В.В., Сеник А.А.	
Планування та методика проведення експерименту щодо величини пружно-пластичної зони при сведлінні наскрізних отворів.....	65
Денисюк В.Ю.	
Методика визначення динамічних похибок в системах активного контролю.....	67
Єдинович М.Б., Сологубов О.І.	
Моделювання автоматичної системи виправлення утоку.....	72
Немчинов С.С., Сохан Д.В.	
Використання інструментів штампування виготовлених адитивними методами.....	74
Островський О.Т.	
Робототехніка та автоматичне керування.....	76
Розломій І.О., Симонюк В.П.	
Ресурсозберігаючі криптографічні рішення для безпеки вібраційних даних у процесі постобробки 3d-друкованих деталей.....	79
Веселовська Н.Р., Іскович-Лотоцький Р.Д., Шевченко В.В.	
Розробка алгоритму та математичної моделі процесу руйнування ґрунту гідроструменем.....	84
Antypenko L.M., Shabelnyk K.P., Maletskyi M.M., Lysians'ka H.P.	
Optimized cost-effective drug development and manufacturing engineering.....	87

СЕКЦІЯ 3

«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТОВАРІВ ЛЕГКОЇ І ТЕКСТИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ»

Хоролова М.Г.	
Використання технологій 3d-друку у виробництві виробів індустрії моди.....	91
Клімова О.І., Нікуліна А.В.	
3D друк у розвитку трикотажної технології.....	93
Бабич А.І., Матюшкіна Д.О.	
Розробка комплексу виробів жіночого асортименту з матеріалу pinotex.....	95
Бабич А.І., Білоус П.В.	
Технології апсайклінгу у виробках індустрії моди.....	97
Бабич А.І., Липський Т.М., Кравченко І.І.	
Використання апсайклінг технологій у виробництві взуття з вживаного хутра.....	100
Варданян А.О., Гараніна О.О., Редько Я.В., Романюк Є.О., Абраменко М.М.	
Вплив технологічних умов фарбування на спеціальні властивості текстильних матеріалів.....	102
Дзикович Т.А., Полуляк Ю.І.	
Проектування сучасного одягу з вишитими орнаментами гуцульщини.....	104
Ніколайчук Л. Г.	
Інновації у формуванні екологічної безпечності одягу військового призначення.....	105
Пундик С.І., Кармаліта А.К.	
Розробка автоматизованої лінії по обробці деталей низу взуття.....	107
Барсукова С.С., Рубанка А.І., Луцкер Т.В.	
Розробка колекції жіночого одягу на основі концепції сталої моди та інновацій.....	108
Смикало К. О.	
Ергономічні особливості проектування спідньої білизни для військовослужбовців збройних сил України.....	110

СЕКЦІЯ 4

«ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, МЕХАНІЗМІВ, ВУЗЛІВ, ОСНАЩЕННЯ ВЕРСТАТІВ»

Старий А.Р., Гордєєв А.І., Костюк Н.О.	
Дослідження параметрів приводу вібраційної машини для мийки і очистки зануреним пульсуючим струменем рідини з твердими частинками.....	113
Сапронов О.О., Даниленко Д.О., Шаранов В.Д., Сапронова Л.О., Банга М.М., Сметанкін С.О., Акбутаєв Т.Б., Романенко Р.М.	
Полімерне покриття для захисту поверхонь водного транспорту.....	118
Соценко В.В., Сапронов О.О., Сапронова А.В., Воробйов П.О., Фостик П.П., Браїло М.В., Іванічев Б.В.	
Полімерне покриття стійке до навантажень ударного характеру.....	120

Дейнега А.В., Мазорчук В.Ф.	
Аналіз браку виливків циліндрової групи.....	122
Букетов А.В., Шульга Ю.М., Юренін К.Ю., Сметанкін С.О.	
Математична модель оптимізації складу захисних покриттів водного транспорту.....	125
Ляшко О.В.	
Напрямки удосконалення технологій термічної та хіміко-термічної обробки сталі.....	126
Проценко В.О., Малащенко В.О.	
Динамічні моделі барабанного млина при зупинці.....	128
Зінько Р.В., Лобур М.В., Здобицький А.Я., Стефанович Т.О.	
Проектування стрибачого робота.....	129
Копилов В.І., Кузін О.А., Кузін М.О., Селіверстов І.А.	
Внутрішнє тертя матеріалів з плазмовими покриттями, що містять наноскладові.....	131
Васильченко Я.В., Мироненко О.Є .	
Асиметричні зубчасті передачі для редукторів у важкому машинобудуванні.....	135
Абрамов С.О., Титаренко О.О.	
Аналіз використання вітроенергетичних установок для потреб відсічі збройної агресії.....	136
Дзензерський В.О., Тарасов С.В., Сухова О.В., Редчиць Д.О., Іванов В.А.	
Порівняння механічних властивостей сплавів Pb–Sn–Ca для струмовідводів свинцевокислотних акумуляторів.....	138
Душенко О. С., Ткачук В.П.	
Дослідження параметрів вібраційної машини для підготовки води для котелень.....	143
Мусієнко О.С., Слободянюк І.В., Ремінний В.А.	
Вплив вологості полімерних матеріалів на механічні характеристики виробів, надрукованих методом 3d-друку.....	148
Коваль В.В., Мусієнко О.С., Моргун О.І.	
Визначення механічних характеристик композиційного матеріалу, виготовленого з використанням відновлених вуглецевих волокон при статичному навантаженні.....	150
Мусієнко О.С., Семінська Н.В., Русин П.Р.	
Експериментальне визначення та порівняльний аналіз механічних характеристик зразків полімерів рІа, виготовлених методом 3-d друку.....	153
Симонюк В. П., Божко К. М.	
До дослідження люкс-частотної характеристики мендосинського двигуна.....	157
Селіверстов І.А., Смирнов І.В., Чорний А.В.	
Мікроструктура та механічні властивості внутрішньої поверхні трубчастих виробів зміцнених імпульсним іонно-плазмовим азотуванням.....	160
Касян О.А	
Фізико-хімічні властивості мастильно-охолоджуючих рідин і технологічні мастила при обробці матеріалів і їх вплив на зносостійкість інструменту.....	161

СЕКЦІЯ 5
«ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ В ГАЛУЗІ ТРАНСПОРТУ І
ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ»

Бохонко А.В., Зінько Р.В. Зменшення вертикального навантаженням автомобіля як спосіб підвищення його прохідності.....	163
Войтик Я.М., Зінько Р.В., Зінько А.В. Дослідження напруженого стану опор автомобільної цистерни.....	165
Демчук І.Б., Зінько Р.В. Методика проектування безповітряного колеса.....	167
Мокряк Б.Ю., Зінько Р.В. Моделювання наповненості салону автобуса.....	170
Пелех О.Р., Зінько Р.В. Застосування підвісок автомобіля з нелінійною пружиною.....	173
Гороховський В.О., Гордєєв А.І. Визначення кінематичних характеристик рухомих об'єктів складної об'ємної конфігурації.....	175
Клевцов К.М., Матвіюк С.Г., Веретеннік А.О. Розробка методики оцінки аварійної морської ситуації.....	180
Клевцов К.М., Матвіюк С.Г., Веретеннік А.О. Проблема безпеки процесу морських перевезень.....	182
Пастухов Д. С. Інноваційні технології в автоматизації залізничного транспорту.....	186
Клюєв О.І., Русанов С.А., Шатохіна І.А., Толкач К.Ю., Александріді І.Г. Експериментальні випробування теплоаккумулятора для полегшення пуску двигунів внутрішнього згоряння автомобіля з и-подібним рідинним теплообмінником.....	188
Луб'яний П.В., Мосьпан Н.В. Міська транспортна система та її структурні елементи.....	190
Макарічев О.В., Кузьменко І.О. Теоретичні основи вибору населенням способу переміщення.....	194
Мосьпан В.М., Войтович О.А. Методологія апроксимації обсягів перевезень пасажирів при розробці транспортної макромоделі.....	196
Славич В.П., Білоущенко Д.Ю. Пошук ефективної моделі транспортної задачі для заданих умов перевезення вантажу.....	198

СЕКЦІЯ 6
«ПРОБЛЕМИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТА МАТЕМАТИЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ, CAD/CAM/CAE»

Дейлід Д. С., Іщенко О.А.

Уточнене моделювання залишкових напружень трубопроводу в програмному комплексі ANSYS WORKBENCH.....	201
Тимошенко О.В., Мусієнко О. С., Демешко Я. В., Сроднікова Р. Д.	
Проведення топологічної оптимізації деталі в середовищі ANSYS.....	203
Марченко С.К., Плівак О.А., Семінська Н.В., Джулій Д.Ю.	
Застосування 3d сканування при реверс–інжинірингу.....	204
Таратута К.В., Проценко В.М., Востоцький С.М, Білецький В.Р.	
Моделювання температурного поля каліброваних валків прокатних станів.....	205
Ткачук А.А., Степанець А.В.	
Особливості розгортання мереж 5g на основі існуючої інфраструктури.....	207

СЕКЦІЯ 7
«РОЗВИТОК НАУКИ ПРО ЖИТТЯ І ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ»

Сімінченко І.П. Поніч Д.П.

Революція в освіті: як великі мовні моделі можуть перетворити навчання у вищих навчальних закладах України.....	211
Ткач В.О., Войтович О.А.	
Аналіз залежності результатів навчання від якості підготовки студентів.....	213
Сапон С.П., Данильченко Ю.М., Петраков Ю.В., Охріменко О.А.	
Цифрові двійники в металообробці: термінологія і проблематика.....	215
Кириченко А.М., Амірсеїдов М.Е.	
Просторова жорсткість верстата з двохкоординатним механізмом паралельної структури.....	217

СЕКЦІЯ 1
«ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ
ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ»

УДК 330.341

ФІНАНСОВІ ІНСТРУМЕНТИ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ
МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОЗВИТКУ
ПІДПРИЄМСТВА

Штефан Н. М., Гарам В. В.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Організаційно-економічна модель інноваційного розвитку є багатофункціональною та багатогалузевою системою дій, спрямованих на започаткування нових видів діяльності або модернізацію існуючих підприємств, забезпечення прибутку та інших економічних покращень.

Організаційно-економічні методи реалізації інноваційної моделі розвитку економіки потребують комплексного аналізу різних елементів і процесів як частини єдиної інтегрованої системи, яка не обмежується лише науково-технічними змінами, а включає в себе взаємодію інвестиційної, грошово-кредитної політики, оптимізацію виробничих і трудових процесів. Усі ці елементи діють у рамках організаційних та економічних механізмів, тісно пов'язаних між собою і спрямованих на досягнення загальних стратегічних цілей.

Для інноваційного розвитку потрібні такі аспекти: ефективне управління ресурсами, фінансові та інвестиційні стимули, розвиток інфраструктури та організаційні реформи. Основною метою цих інструментів є забезпечення конкурентоспроможності підприємств та підвищення ефективності економічної системи в цілому. Лише створюючи та впроваджуючи на кожному конкретному підприємстві інноваційні організаційно-економічні умови та методи можливо покращити стан економіки в цілому, але для цього потрібна стимулююча політика держави, яка повинна також бути зацікавлена в цьому. Прийняття законодавчих заходів, спрямованих на підтримку стартапів, захист інтелектуальної власності, створення спеціальних економічних зон і технопарків, вдосконалення антимонопольного регулювання може слугувати прикладом того, як держава здатна сприяти інноваціям. Ефективна співпраця між державою, підприємствами та науково-дослідними установами може створити національну інноваційну систему.

Фінансові інструменти інноваційного розвитку – це інвестиції в нові технології, дослідження та розробки, венчурне інвестування, використання податкових пільг та державних субсидій для стимулювання інноваційної діяльності. Важливим аспектом є розвиток ринків капіталу, які допомагають компаніям отримати необхідні фінансові ресурси.

Інноваційна економічна модель потребує сучасної інфраструктури з доступом до новітніх технологій, швидкісного інтернету та якісної логістики, оскільки без цих аспектів неможливо залучати нові інвестиції, ефективно використовувати технологічні надбання та чітко планувати процеси для бізнесу.

Інноваційна економічна модель неможлива без інвестицій в освіту та професійний розвиток людських ресурсів. Реформа системи освіти з акцентом на підготовку фахівців у галузі науки, технологій, інженерії та математики сприятиме розвитку інноваційного потенціалу країни. Крім того, розвиток програм безперервної освіти та перепідготовки допоможе підтримувати високий рівень кваліфікації працівників, що є необхідною умовою для успішної інноваційної діяльності. Співпраця між підприємствами та науково-дослідними установами є важливим елементом інноваційного розвитку. Завдяки цьому можуть бути сформовані інноваційні альянси, які за допомогою покращення технологічної та теоретичної частини сприяють прискоренню комерціалізації. Інтеграція науки та бізнесу допомагає розвитку наукоємних секторів економіки.

Нерівномірність економічного розвитку країн є прямим результатом різниці в науково-технічних процесах. Багаті країни, інвестуючи в науку, отримують покращення в своїх виробничих можливостях, адміністративному управлінні, що допомагає генерувати більші прибутки, які потім інвестуються, в тому числі, в науку. Бідні та відсталі країни не можуть цього робити і залишаються на тому самому рівні, їх конкурентоспроможність зменшується.

Циклічність економіки, яку також можна розглядати як циклічність впровадження інновацій, відіграє дуже важливу роль для прогнозування, аналізу та розуміння необхідності регуляцій для банків та фінансових установ в країні. Після дуже швидкого підйому, з'являється дуже сильна рецесія. Задля зменшення негативних наслідків сильного спаду та паніки країни намагаються регулювати підйоми, розвиваючись помалу, але постійно. Для цього потрібна стабільна політична та економічна ситуація, нормальна робота інституцій, стабільні інвестиції в людський капітал та науку.

Використання цифрових технологій значно пришвидшує інноваційний розвиток. Завдяки автоматизації виробництва, зберігання та обробки даних, оптимізації виробничих процесів можливо підвищити продуктивність, знизити видатки, фокусувати увагу на стратегічні цілі без прив'язки до операційних процесів. Уряди повинні сприяти впровадженню цифрових технологій, інвестуючи в інфраструктуру та підтримуючи цифрові стартапи, в той же час і великі корпорації є зацікавленими сторонами та можуть сприяти збільшенню їх кількості.

Без активної міжнародної співпраці, глобальної інтеграції неможливе впровадження інноваційних моделей економічного розвитку, оскільки тільки беручи участь в міжнародних дослідницьких програмах та форумах, відкриваючи ринки для іноземного капіталу, інтегруючись в глобальні ланцюги доданої вартості країни можуть активно розвиватись та повністю розкривати свій потенціал економічного та технологічного розвитку.

Важливим елементом організаційно-економічного підходу є постійний моніторинг та оцінка ефективності впроваджуваних заходів. Використовуючи систему індикаторів, таких як показники інноваційної активності, зростання продуктивності праці, рівень комерціалізації наукових розробок можна оцінити результативність інноваційної моделі економіки та внести необхідні корективи для підвищення її ефективності. Також, за допомогою цієї системи можна аналізувати інші країни, підприємства для розуміння доцільності впровадження схожих підходів.

Отже, організаційно-економічні методи реалізації інноваційної моделі розвитку економіки є дуже різними, але дієвий метод повинен бути комплексним та всеохоплюючим. Для його реалізації держава та підприємства повинні бути зацікавленими сторонами, потрібні великі інвестиції в людський капітал, науку, інфраструктуру. Для найкращих результатів всі країни повинні також йти таким шляхом, оскільки в розвинутому середовищі можна отримати найкращі результати, покращуючи співпрацю над спільними проектами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Щербань О. Д. Види та методи фінансового планування на підприємстві. Молодий вчений. 2017. № 6. С. 530-534. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2017_6_123.
2. Федорина, В. М. Організаційно-економічні засади формування інноваційної стратегії розвитку підприємства. 2023. Режим доступу: <https://dspace.znu.edu.ua/xmlui/handle/12345/17339>
3. Зверяков, М. І. Формування моделі економічного розвитку в нових історичних реаліях. Економіка України, 3-18. 2022. С. 8(729). Режим доступу: http://economyukr.org.ua/docs/EU_22_08_003_uk.pdf
4. Дикань, В., & Обруч, Г. Формування бізнес-моделі збалансованого розвитку підприємств в умовах цифровізації економіки. 2021. Режим доступу: <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/18109>

УДК 330.341

РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Штефан Н.М., Кравченко О. Я.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

У сучасній глобалізованій економіці інновації є ключовим елементом для успіху та сталого розвитку компаній. Компанії, які застосовують інноваційні організаційні та економічні методи, здатні швидко реагувати на ринкові зміни, створювати додану вартість і диференціювати себе від конкурентів. Ці методи необхідні не лише для виживання в динамічному економічному середовищі, але й для процвітання та відкриття нових бізнес-можливостей.

Організаційно-економічна модель інноваційного розвитку - це набір інструментів і стратегій, які дозволяють компаніям оптимізувати внутрішні процеси, ефективно використовувати ресурси та розвивати нові джерела доходу. Модель не обмежується впровадженням нових продуктів та послуг, а є більш глибокою трансформацією способу функціонування бізнесу та взаємодії з економічним середовищем.

Основною метою моделі є створення довгострокових конкурентних переваг за рахунок інновацій та адаптивності. Тому перед кожною компанією постає завдання розробки ефективної організаційно-економічної моделі інноваційного розвитку, що базується на концептуальному визначенні стратегії інноваційного розвитку. Цю модель можна розглядати як багатофункціональний і багатокомпонентний механізм оновлення нових видів діяльності, бізнесу або існуючих підприємств, які генерують прибуток або інші матеріальні вигоди за рахунок пошуку інноваційних шляхів створення доданої вартості для підприємства [1].

У процесі впровадження інноваційних моделей економічного розвитку організаційні методи відіграють важливу роль у забезпеченні ефективності та гнучкості підприємств. Організаційна реструктуризація, створення мультидисциплінарних команд та впровадження інноваційної організаційної культури є одними з основних методів, що використовуються підприємствами для адаптації до нових вимог ринку.

Так само, впроваджуючи сучасні системи управління знаннями та людськими ресурсами, компанії можуть краще використовувати навички своїх працівників та забезпечити кращу співпрацю між різними відділами.

Центральними елементами економічних методів є ефективне управління ресурсами та створення нових джерел доходу. Інвестиції в дослідження і розробки необхідні для розробки нових продуктів і технологій, які дозволяють підприємствам урізноманітнити свої пропозиції і вийти на нові ринки. Компанії, які постійно інвестують в інновації, мають більше шансів вижити в довгостроковій перспективі в нестабільному економічному середовищі.

Водночас, використання сучасних технологій, таких як штучний інтелект та автоматизація, може підвищити операційну ефективність та зменшити витрати. У цифровій економіці компанії, які використовують передові технологічні рішення, мають більше можливостей для створення доданої вартості. Бізнес-моделі, які інтегрують інноваційні технології, дозволяють компаніям створювати нові потоки доходів і підвищувати прибутковість.

Організаційно-економічна модель інноваційного розвитку підприємства представлена на рис.1.

Її характерною рисою є пошук інноваційних шляхів створення доданої вартості для підприємств.

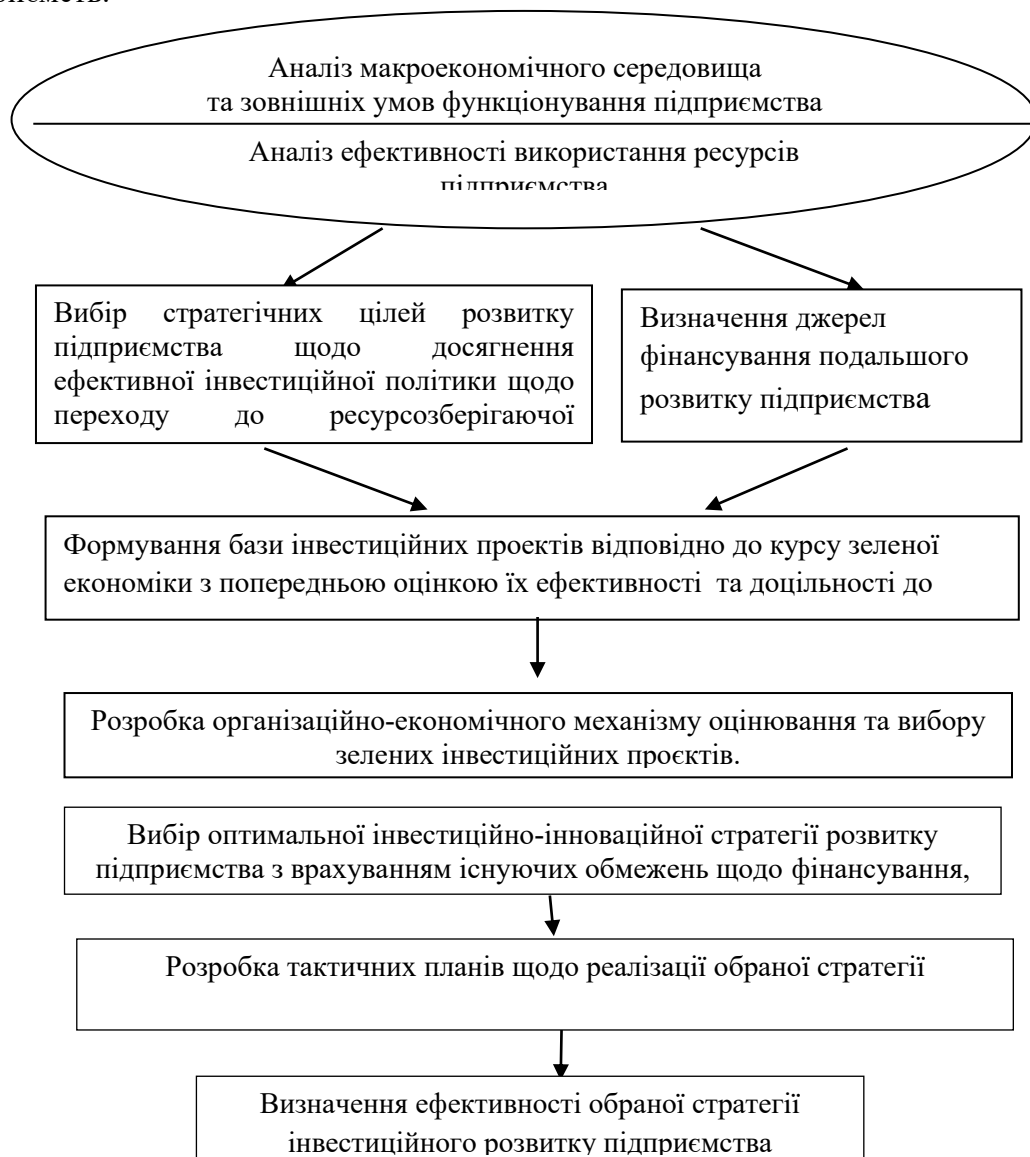


Рисунок 1- Організаційно-економічна модель інноваційного розвитку підприємства

Успішне впровадження інноваційної моделі економічного розвитку може мати значний довгостроковий вплив на конкурентоспроможність і стійкість підприємств. Така модель дозволяє компаніям розвивати свій інноваційний потенціал і швидше адаптуватися до змін у бізнес-середовищі. Це також допомагає покращити відносини з клієнтами та розробити нові продукти та послуги, які краще відповідають потребам ринку. А підприємства, які приймають інновації як основну стратегію, краще можуть протистояти міжнародній конкуренції та зміцнювати свої позиції на ринку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Організаційно-економічна модель інноваційного розвитку бізнесу [Електронний ресурс] / О. М. Менчинська // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2017. – № 3 (31). – С. 69-75. – Режим доступу до журн.: <http://economics.opu.ua/files/archive/2017/No3/69.pdf>

УДК 336.144.2:005.34

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ПЛАНУВАННЯ В УПРАВЛІННІ ПІДПРИЄМСТВОМ

Штефан Н.М., Осьмакова В.А.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Функціонування підприємства у сучасних умовах може зіткнутися з низкою проблем, спричинених жорсткими умовами зовнішнього та внутрішнього середовищ. Для подальшого утримання на ринку, підвищену увагу необхідно приділити фінансовому плануванню, яке націлене на ефективне управління фінансовими ресурсами для підтримки фінансової стабільності підприємства.

Визначивши важливість фінансового планування в управлінні підприємством, можна виділити перелік проблем, які виникають при його виконанні. Чинники, що впливають на діяльність підприємства, мають такий самий вплив і на обрані підходи до фінансового планування. Загалом, їх можна поділити на два види, що представлені на рис. 1.

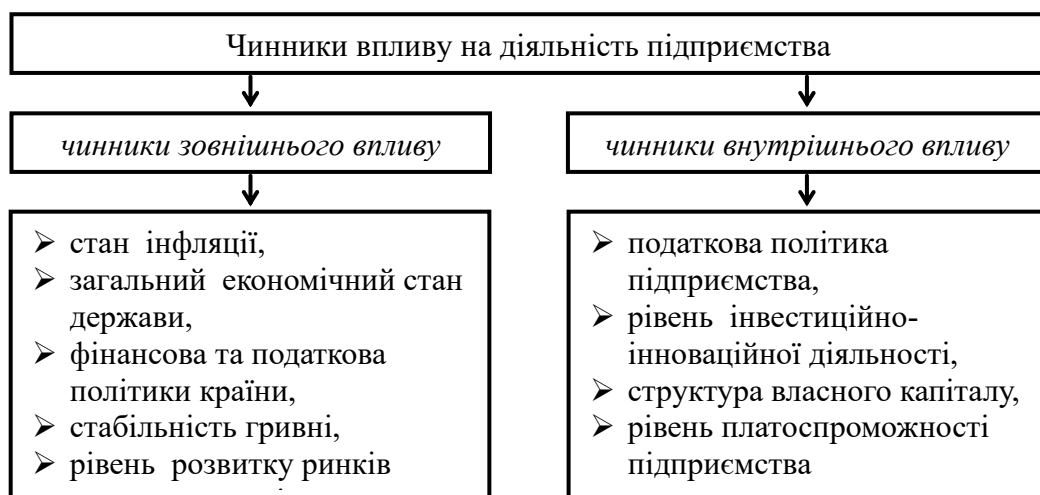


Рисунок 1 - Чинники впливу на діяльність підприємства
Джерело: складено автором на основі [1]

Відповідно до визначених чинників впливу, можна виділити перелік проблем, які виникають при здійсненні фінансового планування. До них, зокрема, можна віднести наступні проблеми:

1. Нестабільні умови підприємницької діяльності, що обумовлені неоднозначним трактуванням податкового законодавства, нестійким рівнем інфляції та перебування країни в умовах воєнного стану.

2. Відмова суб'єктів господарювання від формування планового балансу, відсутність аналізу його структури та прогнозу динаміки змін, що є запорукою фінансової стійкості й ліквідності як його статей, так і підприємства в цілому. [2]

3. Велика кількість економічних ризиків, що є результатом впливу як зовнішніх, так і внутрішніх чинників, та неформалізована система їх виявлення та запобігання.

4. Недостатня автоматизація процесів управління підприємством, що не дає змогу для точного обчислення фінансово-економічних показників. Це є проблемою для використання суб'єктами господарювання стратегічного фінансового планування.

5. Невідповідність використовуваних інформаційних систем або їхня відсутність, що ускладнює контроль за розвитком товарних і фінансових ринків, станом матеріальних, трудових та фінансових ресурсів, а також взаємовідносинами з контрагентами.

6. Невідповідність обраного підходу до фінансового планування чинникам зовнішнього середовища, а також розміру та потреб підприємства. Як результат – відсутність гнучкості фінансових планів.

7. Негативна динаміка темпів економічного розвитку країни. [3]

Результатом дотримання наведених помилок або ігнорування запропонованих різними науковцями шляхів удосконалення методів планування може стати недооцінка суттєвих чинників впливу на діяльність підприємства. Це, у свою чергу, може призвести до різкого зменшення суми отриманих доходів і навіть збитковості, що в кінцевому підсумку приведе до найгіршого фіналу будь-якої підприємницької діяльності – банкрутства та ліквідації.

Слід також вказати на існування факторів, що мають місце в сучасних умовах підприємницької діяльності та обмежують використання фінансового планування у компаніях.

1. Високий рівень невизначеності на українському ринку, пов'язаний з триваючими глобальними змінами у всіх сферах громадського життя, крім того, пов'язаний із бойовими діями на території країни.

2. Відсутність ефективно діючого нормативно-правового регулювання, що встановлюють рекомендації для фінансового планування в межах конкретних компаній на основі виду їх діяльності, розмірів, середньооблікової кількості працівників тощо.

3. Обмеженість ресурсів та можливостей для здійснення технологічних, фінансових та правових розробок в галузі планування на підприємствах;

4. Скептичне відношення керівного персоналу підприємств до методів та прийомів фінансового планування. [2]

Вирішення описаних проблем дасть змогу для ефективного управління підприємством та сприятиме його фінансовій стійкості в надскладних сучасних умовах ведення бізнесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гріщенко І., Гринчук Т. Основні аспекти фінансового планування в системі фінансової безпеки підприємства. *Economy and society*. 2020. № 22.

2. Дергалюк Б., Деркач Н. Фінансове планування на підприємстві: сутність, проблеми та оптимізація. *Економіка та суспільство*. 2023. № 54.

3. Шульга О. А. Напрями удосконалення організації фінансового планування діяльності підприємства. *Підприємництво та інновації*. 2023. № 26. С. 58–62.

УДК 336.144.2:005.34

МЕТОДИ ФІНАНСОВОГО ПЛАНУВАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

Штефан Н.М., Михайлова Д. В.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Першочерговим етапом на стадії створення підприємства є розробка ідеї діяльності та встановлення шляхів її досягнення. Для цього існує планування, що застосовується для розробки покрокових етапів для ефективної реалізації мети.

Під фінансовим плануванням в сучасних умовах потрібно розуміти не тільки складання фінансового плану, а саме процес підготовки і прийняття управлінських рішень, які впливають на обсяги фінансових ресурсів, а також на величини показників підприємства в плановому періоді, що забезпечують рішення завдань найбільш раціональним шляхом для досягнення поставлених цілей у перспективному періоді.

Методи фінансового планування поділяються на балансовий, нормативний, розрахунково-аналітичний, коефіцієнтний та метод економіко-математичного моделювання [1].

Балансовий метод полягає у розробці плану, метою якого є досягнення рівноваги між наявними ресурсами та потребою в них.

Основною перевагою цього методу є реалістичність, оскільки враховуються фактичні записи обліку ресурсів, доходів та витрат. Недоліком можна назвати те, що при розрахунку не враховуються зовнішньо-економічні фактори.

Нормативний метод застосовується для визначення цін, ставок податків і тарифів згідно нормативних вимог відповідно до чинного законодавства. Перевагою такого методу є простота, що полягає у відсутності складних розрахунків, оскільки основна потрібна інформація знаходиться у загальному доступі. Недоліком є систематичні зміни інформації, що веде за собою часте коригування внутрішніх норм.

Розрахунково-аналітичний метод використовується для визначення майбутнього прибутку з вирахуванням відрахувань резервного фонду.

Перевага даного методу полягає у можливості визначення показників резервного фонду. Оскільки в основі цього методу лежить експертна оцінка, то недоліком є необхідність у розробці декількох фінансових планів.

Коефіцієнтний метод дозволяє визначити певні відсоткові співвідношення між вартісними та кількісними показниками підприємства. Його перевагою є те, що він дозволяє визначити майбутню збалансовану інформацію щодо активів та пасивів. Недоліком даного методу є неточності результату виконання плану через можливі коригування показників того чи іншого ресурсу, що множився на зріст обсягу виручки в плановому періоді.

Метод економіко-математичного моделювання базується на точній математичній моделі, що включає науково обґрунтовані фактори закономірних змін показників. Перевагою цього методу є точність результату, оскільки враховані всі можливі зміни. Недоліком є те, що потрібно декілька таких моделей, які будуть підходити майбутньому вибраному шляху розвитку підприємства [1].

Впровадження оптимізаційних моделей підвищить обґрунтованість прийняття управлінських рішень щодо інвестиційної діяльності підприємства.

В управлінні діяльністю підприємства, на наш погляд, слід більш активно використовувати економіко-математичні моделі підтримки прийняття управлінських рішень щодо оптимізації асортименту продукції підприємства, вибору раціонального

джерела фінансування оптимального варіанту інвестиційного розвитку підприємства, оптимізації структури джерел фінансування інвестиційної діяльності підприємства і структури капіталу підприємства в цілому.

Переваги та недоліки методів фінансового планування показані в табл.1.

Таблиця 1

Переваги та недоліки методів фінансового планування		
Методи	Переваги	Недоліки
Балансовий	Реалістичність – врахування і збалансованість фактичних доходів і витрат	Трудомісткість – тривалий процес розрахунку; не враховуються зовнішньо-економічні фактори
Нормативний	Простота – легкий розрахунок і вже встановлені загальнодоступні показники	Ризик зміни – через систематичні зміни показників виникає потреба змінювати план
Розрахунково-аналітичний	Можливість визначення резервного фонду	Розробка кількох планів на випадок зміни плану
Коефіцієнтний	Порівняння зміни планових показників відносно попереднього звітного періоду	Ризик зміни одного з показників
Метод економіко-математичного моделювання	Можливість розробки моделі одного фінансового показника; порівняння кількох планів і визначення найвигіднішого	Трудомісткість – розробка кількох планів

Балансовий метод підходить для планування розподілу прибутку та потреб коштів у різні фінансові фонди. Нормативний метод часто застосовують для визначення собівартості продукції, в яку враховують норми витрат сировини чи норми витрат робочого часу працівників на одиницю продукції. Розрахунково-аналітичний метод застосовується у разі відсутності встановлених нормативів. Він підходить для аналізу динаміки і взаємозв'язків між показниками на основі експертної оцінки. Коефіцієнтний метод підходить для порівняння теперішнього і минулого звітного періоду, щоб визначити подальший план. Метод економіко-математичного моделювання є точним і підходить для визначення одного конкретного фінансового показника.

Отже, кожен метод фінансового планування використовується у різних ситуаціях і залежно від потреби планового показника. Застосування планування на будь-якому підприємстві є необхідним. Метод, яким це планування буде здійснене, суб'єкт господарювання повинен обрати самостійно, враховуючи вид діяльності і господарювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Щербань О. Д. Види та методи фінансового планування на підприємстві. Молодий вчений. 2017. № 6. С. 530-534. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2017_6_123.

УДК 65.01:338.24

МЕХАНІЗМИ ДЕРЖАВНОГО ФІНАНСУВАННЯ ІННОВАЦІЙ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК

Сотніков В. А.

Національний Технічний Університет «Дніпровська Політехніка»

Державне фінансування інновацій є критично важливим інструментом для стимулювання технологічного розвитку та забезпечення стійкого економічного зростання. В умовах сучасних викликів, таких як війна та економічна нестабільність, ефективна підтримка інновацій є не лише корисною, але й абсолютно необхідною для підвищення конкурентоспроможності національної економіки та забезпечення її стабільності. Це особливо актуально для України, де необхідність у підтримці інноваційних проєктів стала ще більш нагальною [1].

В Україні механізми державної підтримки інновацій мають велике значення, зокрема через Український фонд стартапів (USF), який відіграє ключову роль у формуванні технологічної екосистеми. USF зосереджується на наданні фінансової допомоги раннім стадіям стартапів, що дозволяє молодим підприємствам залучати капітал на початкових етапах розвитку. Це фінансування є критично важливим для реалізації інноваційних проєктів, оскільки воно допомагає стартапам подолати фінансові бар'єри, що зазвичай з'являються на ранніх стадіях бізнесу. Така підтримка не лише полегшує старт бізнесу, але й сприяє формуванню позитивного інвестиційного іміджу української технобазы за кордоном і представляє українські технологічні рішення на міжнародних платформах.

Однак існує ряд проблем, які гальмують розвиток інновацій в Україні. Основними з них є недостатність інвестицій у науково-дослідницькі роботи, складності у отриманні фінансування для стартапів, недосконалість правової бази щодо інтелектуальної власності та відсутність ефективних стимулів для впровадження нововведень. Ці фактори призводять до того, що багато наукових розробок не доходять до стадії комерційного застосування, що обмежує інноваційний потенціал країни і затримує її економічний розвиток [2].

Одним із основних шляхів вирішення цих проблем є розширення та вдосконалення механізмів державного фінансування. Гранти, субсидії, податкові пільги та інші форми підтримки можуть суттєво стимулювати інвестиції в інноваційні проєкти. Наприклад, програми грантів від фонду, такі як UMAEF та Seeds of Bravery, забезпечують критичну підтримку для стартапів, дозволяючи їм реалізовувати свої ідеї і виходити на міжнародні ринки. Важливо зазначити, що ці програми надають не лише фінансову підтримку, але й консультативні послуги, що допомагають підприємцям краще орієнтуватися в умовах ринку і ефективніше використовувати надані ресурси.

Крім того, для досягнення ефективності у фінансуванні інновацій необхідно реалізувати комплексний підхід. Це передбачає як збільшення інвестицій у наукові дослідження, так і спрощення процедур фінансування для інноваційних проєктів. Удосконалення законодавства у сфері інтелектуальної власності також є важливим аспектом, оскільки це дозволяє захистити результати інноваційної діяльності та забезпечити їх комерційне використання. Державна програма "Грант на власну справу" через платформу Дія є одним з нових механізмів, що доповнює існуючі форми підтримки. Вона надає гранти для старту або розширення бізнесу без необхідності повернення коштів, спрощуючи доступ до фінансових ресурсів для підприємців.

Дана програма дозволяє подати заявку на отримання фінансової підтримки через зручний онлайн-інтерфейс. Це спрощує процес для підприємців, які можуть швидко подати заявку, заповнивши форму та надавши бізнес-план. Гранти надаються на основі оцінки бізнес-плану та потенціалу ринку, що допомагає новим підприємствам реалізувати свої ідеї, зменшуючи фінансове навантаження і підвищуючи шанси на успіх. Така програма не лише забезпечує фінансову підтримку, але й сприяє створенню нових робочих місць і розвитку інноваційних рішень в Україні. На рис. 1 наведено динаміку кількості активних ФОП (фізичних осіб-підприємців).

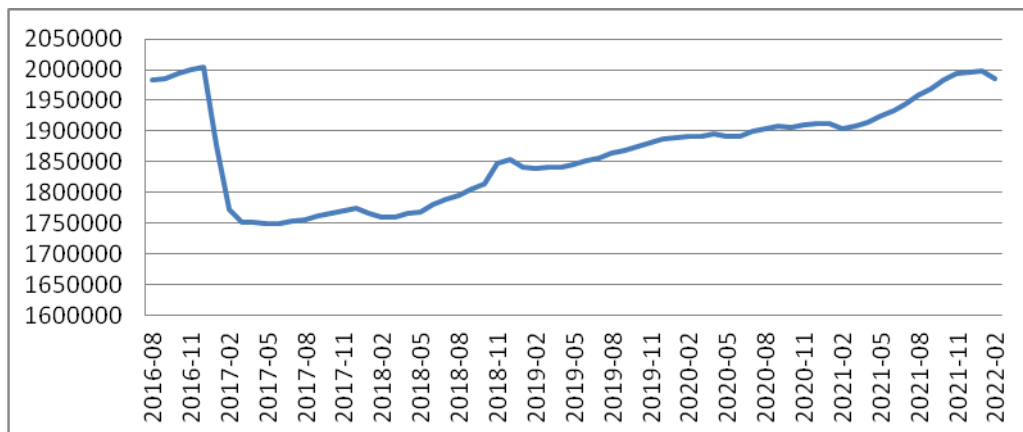


Рис. 1 Динаміка активних ФОП

Підтримка молодих підприємців і стартапів є ключовим елементом для розвитку інноваційної діяльності. Створення сприятливих умов для співпраці між наукою, бізнесом і державою забезпечує реалізацію нових технологічних рішень. Важливо також забезпечити створення структурованої системи підтримки інновацій і механізмів моніторингу та оцінки ефективності реалізації інноваційних проєктів. Лише через спільні зусилля різних секторів суспільства можна досягти значного прогресу в розвитку інноваційної сфери [3].

Загалом, державне фінансування інновацій є критично важливим для забезпечення технологічного прогресу і економічного зростання. Воно сприяє розвитку нових технологій, підвищенню конкурентоспроможності національної продукції, а також забезпечує стійкість і стабільність економіки в умовах сучасних викликів. Ефективна реалізація механізмів фінансування може стати каталізатором для інноваційного розвитку та сприяти покращенню економічного становища країни в глобальному контексті. Програми, як "Грант на власну справу", допомагають реалізувати ці цілі, підтримуючи молодих підприємців та стартапи, що є важливим елементом для загального економічного розвитку і прогресу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мельник Т. Український бізнес в умовах війни: сучасний стан, проблеми та шляхи їх вирішення. *Journal of Innovations and Sustainability*. 2023. №7 (3). С. 1-16.
2. Nazarenko I. V. The essence and mechanisms of state regulation of innovative entrepreneurship development at the regional level in Ukraine. *"Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky University", series "Public Administration"*. 2024. No. 1. P. 132–136.
3. Кобеля-Звір М. Використання грантових інструментів державної програми підтримки підприємництва Єробота для посилення конкурентоспроможності бізнесу на прикладі мсп: перспективи і труднощі. *Економіка та суспільство*. 2023. № 52. С. 1-6.

УДК 621 [377+378] (477)

ВИРОБНИЦТВО ЗАСОБІВ ВИРОБНИЦТВА – ЗАБАГАНКА? ЧИ ПОТРЕБА?

Верба І.І.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Підвищення продуктивності праці та якості продукції вимагає впровадження технологічного обладнання різного призначення, переважно із числовим програмним керуванням. Зрозуміло, в першу чергу мова йде про обробне обладнання: про верстати та гнучкі виробничі системи. Ми приділяємо увагу конкурентоздатності обладнання, яка визначається параметрами працездатності та конструктивними особливостями. Будь яка галузь ставить свої вимоги до технологічного обладнання.

Подивимось, що відбувається в Україні. Звісно, це дуже приблизна оцінка, яка базується на власному враженні та окремих відомостях, що потрапили на око в засобах інформації чи були наслідком приватних розмов з колегами. Верстатобудівні заводи переважно знищені: можете подивитись на торговий центр, що постав на місці Київського заводу верстатів-автоматів ПАТ "ВЕРКОН" та спеціального конструкторського бюро багатошпиндельних автоматів при ньому. Ніякого пояснення ліквідації, ні банкрутства, ні боргів – нічого [1]. Випускали застаріле і непопулярне обладнання? З цим можна посперечатись, але модернізувати продукцію, яка випускається, в усіх випадках простіше й вигідніше, ніж знищити без усякої заміни. Та ще й за наявності СКБ із грамотними й досвідченими фахівцям. Тоді ж, у 2013р, фактично припинив функціонування Житомирський завод верстатів-автоматів.

А яка доля спіткала верстатобудівний завод Беверс у місті Бердичіві? Відзначив 70-річчя й був «проданий» Рязанському верстатобудівному заводу (РСЗ). А як це можна назвати інакше, коли у 1994 р. заснували ПРАТ ФІРМА «БЕВЕРС», керівництво і всі власники-акціонери якого – росіяни? В 2000 р власник змінився, до керування виробництвом прийшла ПГ РосСтанКом, основний власник акцій підприємства – Рязанський верстатобудівний завод (РСЗ). На сьогодні замість 4-х заводів лише цей завод і лишився. І продукція, яку він випускає, говорить сама за себе: найсучасніші з токарних верстатів з ЧПУ – типу 16P50Ф3, токарні обробні центри типу 1740С, фрезерні верстати універсальні та з ЧПК моделі ГФ3171М і так далі [2]. Це продукція, яка недосяжна була б для верстатних заводів в Україні?

Мета дій з Беверсом (я особисто в цьому впевнена!): знищити розробку й випуск токарно-револьверних верстатів, які, між іншим, демонструвалися на міжнародних виставках, тож можуть скласти конкуренцію продукції російського походження. А він же ще й каменеобробне обладнання почав випускати за розробками Інституту надтвердих матеріалів.

У зв'язку з відсутністю попиту на верстати, що виготовлялись "Беверсом", власники заводу прийняли рішення про освоєння та випуск токарно-гвинторізних верстатів моделі 16P25П (розробка КБ РСЗ). Звісно, це все відбулося не вчора. І що випускає цей завод сьогодні? Може хоч ремонтами займається? На лютий 2022 року на підприємстві залишилось менше 10 працівників, основною діяльністю є надання виробничих площ в оренду та розпродаж майна.

В стані санації з 2002 р. перебуває Іванівський верстатобудівний завод на Луганщині.

Можна говорити багато на цю тему.

А як же машинобудування у будь-яких галузях? Застосовують верстати іноземного виробництва. Хороші верстати, сучасні, але (не будемо говорити про їхню вартість) наскільки відомі їхні конструкції нашим інженерам-механікам, які повинні забезпечити грамотну експлуатацію і, за потребою, ремонтне обслуговування? Технічні характеристики й фотографії – і це все, що офіційно доступне. Я вже не кажу про якісь оновлення чи модернізацію верстата. Навіть з врахуванням модульної конструкції за відсутності креслень несучої системи та базових деталей і напрямних неможливо обрати потрібний модуль, що не передбачений базовою комплектацією, хіба що навмання. Може паспорти на верстати мають підприємства, на яких вони експлуатуються? Особисто я бачила дуже скупу інформацію і ту «під секретом» і ніяких креслень, розмірів тощо.

У нас також діють невеликі підприємства, часто ремонтного спрямування. Отут можна зустріти верстати дуже різноманітного віку й походження. На подібних підприємствах працюють робітники літнього віку (дай, боже, їм довгих років життя) або підзаробляють та набувають досвід студенти, які попри спеціальність, пов'язану з механікою й навіть обробним обладнанням, в очі не бачили подібних верстатів. От і звертаються за консультацією та порадою щодо відповідної літератури, зокрема до викладачів. Ремонтами займаються і верстатобудівні заводи, які ще діють. Наприклад, Харківський верстатобудівний завод "Харверст" на своєму сайті вказує, що завдяки наявності високоточного обладнання та кваліфікованих кадрів інженерів, технологів та верстатників пропонує якісний ремонт та модернізацію верстатів, випущених раніше. Якщо вони й випускають верстати, то їх здебільшого не віднесеш до найсучаснішого обладнання. ТЗДВ "Львівський завод фрезерних верстатів" також здійснює капітальний ремонт металоріжучих та деревообробних верстатів. Можна згадати ПРАТ Корсунь-Шевченківський верстатобудівний завод ім. Б. Хмельницького, ПРАТ Краматорський завод важкого верстатобудування, ТОВ ГУЦОЛ ІНДАСТРІАЛ (м. Київ, приватне підприємство). Я орієнтуюся за відкритою інформацією у доступних інформаційних джерелах, а реальну ситуацію охарактеризувати складно. Дуже сподіваюся, що Послуги ремонту і технічного обслуговування промислового устаткування не єдиний вид їхньої діяльності і не завжди й не тільки стосується обладнання давніх строків випуску, з досить обмеженими показниками працездатності порівняно із сучасними вимогами.

Мене, звісно, хвилює стан машинобудування в Україні та обладнання, яке використовується, і його стан. Я сподіваюся, що проблема буде вирішена, принаймні в оборонній промисловості, свідчення чого спостерігає вся країна. Але тут постає ще одне питання: стан підготовки інженерів-механіків. У нас в КПІ ім. Ігоря Сікорського ця кваліфікація зникла, та й не тільки в нас. Що є зараз? Галузь знань – 13. Механічна інженерія, спеціальність – 131. Прикладна механіка. Є ще освітня програма. На нашій кафедрі це «Конструювання та дизайн машин». Ніби всеохоплююче й гарно. І при тому дуже не конкретно. Що я спостерігаю? Дисципліни, в яких мова йде про обробне обладнання, скорочуються. Курсовий проект вилучили. Студенти виконують моделювання й розрахунки з використанням програмного забезпечення. Хто сперечатиметься, що це треба вміти і такі знання не просто корисні, а й необхідні? Але де конструювання і механіка? Закінчили на вивченні деталей машин і редуктора? Ну потім ще отримали трохи інформації стосовно обробного обладнання, але переважно оглядово, якраз для руху навіпамаки. Кілька лабораторних робіт з кінематики і налагодження верстатів, краще, ніж зовсім нічого. Дуже не часто зустрінеш тему диплому бакалавра, пов'язану з верстатами. І це пояснити можна. Старий верстат в якості об'єкта проектування не візьмеш, хіба що по замовленню підприємства, на якому студент проходив переддипломну практику. Новий верстат теж не використаєш, бо немає ніяких креслень, в кращому випадку спрощені малюнки (не креслення!) конструкцій без жодного розміру.

Ситуація із підготовкою магістрів в цьому розумінні ще складніша. Наукове обґрунтування якоїсь ідеї та експериментальне підтвердження. Як гарно: «Наукові та практичні дослідження експлуатації та ремонтів обробного обладнання» навіть не модернізація. В найкращому випадку це дослідження відносно загальних понять і впровадження під питанням. Колись ми співпрацювали із верстатобудівними підприємствами, виконували на їхнє замовлення розробки та дослідження і заздалегідь знали, що це потрібна робота, навіть якщо результат дасть негативний. А зараз «наука заради науки», може когось і зацікавить.

Я вважаю, що ця ситуація потребує кардинальних змін. Інакше не бачити нам молодих інженерів, які знають механіку обробного обладнання і ніколи не зрушити з місця вітчизняне верстатобудування. Зміна поколінь, зміна підходів, зміна вимог... І відсутність конкретних уявлень та знань. Як мінімум, треба дозволити використовувати з навчальною метою інформацію та креслення про верстати минулих років розробки, тим більше, що й сьогодні їх випускають верстатобудівні заводи, які ще збереглися в Україні, і вони мають попит. Цим питанням повинні займатися не посадовці, які якщо й уявляють ситуацію, то в загальних рисах, а фахівці з інженерною освітою. Адміністративні посади часто займають люди з освітою іншого спрямування (менеджери, економісти, юристи тощо), а в даному випадку вони скоріш за все не придатні для кардинального вирішення проблеми. Отож і виходить, що викладачі пишуть силу-силенну різних паперів, а думати в потрібному напрямі нема коли.

ЛІТЕРАТУРА

1. VKURSI Досьє на компанії та ФОП [Електронний ресурс] – URL: <https://vkursi.pro/card/pat-verkon-05748803> (дата звернення 8.09. 2024).–Назва з екрана
2. Промышленная группа «РосСтанКом» [Електронний ресурс] <http://www.rstcom.ru/> – URL: (дата звернення 8.09. 2024).–Назва з екрана

УДК 316.485.6

РЕЗУЛЬТАТИВНЕ УПРАВЛІННЯ КОНФЛІКТАМИ В СУЧАСНІЙ КОНЦЕПЦІЇ МЕНЕДЖМЕНТУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Кочерга А. В.

Полтавський університет економіки і торгівлі

Критично важливою точкою бачення в атмосфері сьогочасного бізнес-середовища потрібне результативне керування конфліктами в сучасній системі менеджменту промислового підприємства для забезпечення сталості та прогресивності діяльності організації виробництва. Конфліктні ситуації в будь якому трудовому колективі мають імовірність стати причиною негативних наслідків, скажімо таких як утворення фінансових збитків у комерційній діяльності, погіршення взаємовідносин в колективі, спад продуктивності та загальне погіршення мотивації працівників. Першорядна задача сучасного менеджменту направлена на розробку комплексних та дійових підходів стосовно управління конфліктами, де були б враховані різні аспекти життєдіяльності підприємств, такі як: психологічні, стратегічні та комунікаційні. В підсумку це вплине на комплексне розв'язування конфліктних ситуацій з поліпшенням взаємовідносин і створить у перспективі зручні умови для ефективної взаємодії членів колективу, в загальному підсилить ефективність роботи підприємства.

На сьогоднішній день організаційне оточення конфлікту має обов'язкову складову комплексної багатогранної взаємодії між різнорівневими працівниками, під структурними управлінськими підрозділами, зовнішніми партнерами. Загальна цілісність багатоманітних конфліктних ситуацій характеризує тенденції розвитку і напрямки організаційного життя безпосередньо тиснучи на процес функціонування, на динаміку розвитку підприємства. Конфлікти утворюються з різноманітних причин, таких як: розбіжності у формулюванні цілей та переліку завдань, поділ ресурсів підприємства за напрямком призначення, пристосування до домінуючих стилів керівництва, несхожість суспільних, духовних та особистісних інтелектуальних особливостей учасників. Для вдалого управління подібними конфліктами варто враховувати їхню природу та причинність закономірності виникнення, необхідно їх класифікувати для ефективного призначення ряду заходів, які б дозволяли б і вирішувати, і уникати негативні наслідки.

Під конфліктом слід вважати певну ситуацію, що створюється в результаті виражених відмінностей в поглядах, зацікавленості, цінностях, спрямованості сторін, які безпосередньо взаємодіють в полі виділеного організаційного середовища. Насамперед, це може стати основною причиною напруженості, а в подальшому взаємних протистоянь в колективі. Привести конфлікти можуть до різних за характером, силою та діапазоном ситуацій. Тут імовірна поява як невеликих непорозумінь так і важко плинних серйозних протистоянь, а в подальшому і серйозних кризових ситуацій [2]. Необхідно розуміти, що передусім у контексті визначеної організації конфлікт викриває розбіжності та підкреслює суперечності між двома або більше різними структурними одиницями, між виділеними групами працівників, між окремими особами. А з'являтися він може з різноманітних причин, навіть з невизначеності елементарних обов'язків, з різноспрямованості цілей, не вірно сформованих завдань, постійно виникаючої конкуренції за ресурси чи ринки збуту, або просто непорозуміння протоколу під час ділових комунікацій. Слід вживати необхідні виважені міри для керування конфліктами, як вагомими елементами результативного розвитку в цілому підприємства, адже незважаючи на їхнє походження не вчасно вирішені конфлікти стають причиною поганого організаційного клімату, спаду продуктивності праці, а в подальшому впливають на загальний імідж компанії.

Досліджуючи сутність конфліктів, зокрема, як невідривного атрибуту нинішнього менеджменту, потрібно спиратися на їх розширені класифікації, через те що вони посприяють чітко зорієнтуватися через визначення проблеми в типові конфлікту та, користуючись загальною теорією, з'ясувати перспективи та вивести шляхи відносно їх подолання [3]. Насамперед, слід зауважити, що поділяються організаційні конфлікти на внутрішні, які утворюючись всередині організації безпосередньо між працівниками, або в групах, або можуть бути в конкретних підрозділах, та на зовнішні, а тут слід наголосити, що вони суттєво чинять на взаємовідносини між самою компанією та її зовнішніми стейкхолдерами, такими як: постійні клієнти, впливові партнери чи вагомі конкуренти.

В першу чергу, внутрішні конфлікти повстають бо існують розбіжні точки зору на стратегічні направленості розвитку організації, розходження в методах діяльності або фігурують різноманітні корпоративні культури. Щодо іншого, причиною виникнення зовнішніх конфліктів є суперечка з клієнтами стосовно якості продукту, переміна у ринковій сфері або від конкурентних компаній тиск. Саме ці конфлікти і можуть стати істотною перепорою на шляху до комерційного успіху, саме вони диктують керівникам компанії обов'язкової імплементації на шляху до вирішення конфліктів, включаючи побудову сприятливих взаємин зі стейкхолдерами. З іншого боку, необхідно наголосити, що структурні конфлікти створюються під час процесу реалізації завдань або поділу певних ресурсів. А спричинюється це, коли де які групи працівників наполягають на своїй позиції щодо правильності розподілення ресурсів та персоналу в розріз до точки зору інших. А функціональні конфлікти безпосередньо пов'язані з нечіткою сформованістю

призначень та обов'язків всіх учасників процесу управління. Подібні обставини постають в результаті коли учасники конфлікту певно не розуміють особистих обов'язків і сподіваються на різний результат, а призводить це до марного дублювання роботи, недотримання строків виконання завдань, зниження продуктивності.

Особливої уваги заслуговують виявлені, латентні та загострені конфлікти. Існуючі латентні конфлікти по факту є, але вони до певного часу не проглядають. А руйнівні результати отаких конфліктів є значними, так не вчасно з'ясовані питання чи не вирішені протиріччя мають особливість назбируватися та погіршувати клімат в колективі, піднімати напруженість, знижувати продуктивності, загострювати ситуації і ставати виявленими. Тому актуально дбайливо вивчати організаційне оточення та вчасно реагувати на превентивні деталі прояву латентних конфліктів і цілеспрямовано запобігати їх зростанню [1]. Виявлений конфлікт є явним для всіх учасників та він не досягнув ще власної вершини, перебуває в становищі посилення протистояння. Це перехрестя ситуації з подальшим визначальним напрямком розвитку чи погашення конфлікту в майбутньому. Цей етап частіше за все стає переломним, через те що сторони ще відкриті для ефективного обговорення з поступками на шляху до компромісу, в іншому випадку загострення ситуації з подальшою її ескалацією. Тому саме на оцьому етапі актуально вживати належних заходів для подальшого результативного управління конфліктом з запобіганням загострення існуючої ситуації. Найскладнішим стосовно управління вважається загострений конфлікт і він на практиці максимально є інтенсивний. Тут конфлікт досягає власного піку, емоційна суперечливість досягає суттєвого напруження і перемагає розумові реакції. Необхідно зазначити, на цьому етапі стратегії управління конфліктом потребують скрупульозного планування, дійового керівництва та плідного залучення навичок медіації. Своєчасним було б притягнення провідних інструментів конфліктології та втілення спеціалізованих методів корегування конфліктів, таких як тренінги з спілкування та переговорних процесів.

Для повноти розуміння важливо виокремити та означити первинні причини конфлікту з метою своєчасно ухилитися від наступного загострення ситуації або поліпшити взаємозв'язки між сторонами. На практиці часто розпізнають особистісні, групові та технічні конфлікти. Коли у працівників розбіжні підходи для реалізації завдань чи вживання ресурсів, то тоді повстають технічні конфлікти з означеними розходженнями у методах і технологіях роботи. Груповий конфлікт створюється між групами з працівниками у яких найчастіше є відмінні цілі, несхожі ціннісні орієнтири, різні судження про проблеми. Саме індивідуальні виокремленні розбіжності в віці, характерах, культурі, інтелекті, стилі спілкування поміж працівниками означають особистісний конфлікт. Перелічені типи конфліктів в сучасній діяльності підприємств можуть повставати як окремо так і взаємодіяти одночасно поміж собою, продукуючи проблематичні ситуації, які постійно потребують достеменного аналізу та плідного управління для створення врівноваженої ділової атмосфери, для піддержання визначеного рівня ефективності цілого колективу [4].

Висновки. В часи глобальних перемін, політичної нестабільності, релігійної та національної ворожнечі, стають нестабільними сприйняття та традиційні принципи менеджменту, які переживають серйозного переосмислення. Так на підприємствах нерідко натрапляють на релігійні, етнічні, культурні конфлікти, які можуть виникати із-за незгоди з приводу вірувань, традицій, мови, звичаїв. Ці розходження неодноразово утворюють стереотипи та необ'єктивність, так і відбувається загострення взаємовідносини між несхожими групами. Міжрелігійні відносини та різні на це погляди можуть бути спровоковані через розбіжні тлумачення святих, через різні моральні принципи, через різноманітні особливості релігійних обрядів. Подібні конфлікти іноді стають причиною утворення важливих економічних наслідків для сумісної діяльності, для соціальної та суспільної взаємодії, для суцільного благополуччя компанії. Нині

ціннісні орієнтири мають першочергове значення для теперішніх лідерів бізнесу. Саме розуміння різноманітних типів конфліктів сприяє створенню якісної професійної розробки результативної стратегії вирішення конфліктів, причому примножується спільна продуктивність з сприятливим емоційно-організаційним кліматом в колективі. Поглиблена рефлексія над векторами розвитку та домінуючими принципами, власне на яких саме і ґрунтується діяльність керівництва, дає можливість адаптувати стратегії до сучасних повсякчасно змінних умов та новостворених вимог сьогоденного бізнесу[5]. Можна стверджувати, що в часи глобальних трансформацій саме багатостороннє розуміння та глибинне свідоме вживання встановлених ціннісних орієнтирів займають першочергове місце в ефективному управлінні конфліктами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ачкасова Л. М., Водолажська Т. О., Бекетов Ю. О. Управління конфліктами на підприємстві. Економіка транспортного комплексу. 2022. Вип. 40. DOI: <https://doi.org/10.30977/ЕТК.2225-2304.2022.40.22> (дата звернення: 15.07.2023).
2. Біловодська О. А. Управління конфліктами в системі управління людським потенціалом підприємств. Економіка і суспільство. 2017. № 10. С. 177–182. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/63840> (дата звернення: 23.07.2024).
3. Сорока, О., Близнюк, О. Управління конфліктними ситуаціями в сучасних організаціях. Економіка та суспільство. 2023, (56). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-139> (дата звернення: 25.07.2024).
4. Шаульська Л. В., Гринкевич Р. І. Управління конфліктами компетентнісної та соціально-психологічної природи в інноваційно-активній організації. Вісник економічної науки України. 2022. № 2 (43). С. 132-139. DOI: [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2022.2\(43\).132-139](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2022.2(43).132-139) (дата звернення: 12.08.2024).
5. Fatma Sonmez Cakir, Zafer Adiguzel. (2020). Analysis of Leader Effectiveness in Organization and Knowledge Sharing Behavior on Employees and Organization. Sage Open, vol. 10 (1), pages 21582440209, March. DOI: <https://doi.org/10.1177/2158244020914634> (дата звернення: 21.08.2024).

УДК 330.341

ІННОВАЦІЙНА ІНФРАСТРУКТУРА ЯК ЧИННИК РЕАЛІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ

Штефан Н. М., Стародубцева Н. В.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Економічне зростання країни залежить від інноваційної активності підприємницької структури, від вміння використовувати нові технології у своїй діяльності, від творчого визначення шляхів задоволення потреб споживачів, удосконалення та оновлення продукції і на цій основі отримання більших доходів і зміцнення своїх позицій на ринку. Дослідження вченими різних країн динаміки основних економічних процесів дає змогу розглядати інновації як найпотужніший фактор економічного зростання. В Україні актуальним є питання прискорення розвитку інноваційної економіки.

В сучасних умовах орієнтації української економіки на військову спрямованість та підвищення конкурентоспроможності активізація інноваційної діяльності набуває надзвичайного значення, оскільки без інноваційної діяльності неможливо здійснити прогресивні структурні зміни в країні та забезпечити сталий соціальний та економічний розвиток країни. Україна прямує до високого науково-технічного потенціалу, який проявляється важливими та унікальними досягненнями в багатьох галузях виробництва та суспільного життя в країні загалом: у нових матеріалах, розвиваються біотехнології, радіоелектроніка, зварювання, інформатика тощо. Водночас науково-технічний розвиток України залишається вкрай нерівномірним. При досягненні високих досягнень у деяких сферах існує технологічна відсталість, масштаби якої набувають руйнівних масштабів.

До інноваційної діяльності належать: інновації (формує ринок інновацій), інвестиції (формує ринок капіталу) та креативність. Ці три компоненти разом з інноваційною інфраструктурою утворюють область інноваційної діяльності.

Інноваційна інфраструктура має за ціль здійснювати організаційно-правове та економічне забезпечення інноваційної діяльності на різних рівнях і в різних формах. Складовими інноваційної інфраструктури є фінансово-кредитні установи; зони інтенсивного науково-технічного розвитку (технополіси); технопарки (технологічні парки, агропарки, інноваційні парки); інноваційні центри (технологічні, регіональні, галузеві); інкубатори (інноваційні, технологічні, інноваційного бізнесу); консалтингові (надання консультацій) фірми, компанії, промислово-фінансові групи, кластери та інші.

Різні учасники мають свої цілі і формують організаційні структури для їх досягнення. Відповідно організаційні форми інноваційної діяльності мають широкі межі: від бізнес-інкубаторів, які допомагають реалізувати підприємницькі проекти на початковій стадії існування підприємств, до стратегічних альянсів, що реалізують масштабні і складні інноваційні проекти, в тому числі міжнародного рівня.

Низький рівень інноваційної активності малого підприємництва в Україні обумовлений загостренням інституціональних та ресурсних проблем інноваційної діяльності, а саме - фінансових, організаційно-правових, інформаційних та ринкового характеру.

Впровадження інновацій на промислових підприємствах України показано в табл.1. Як видно з даних табл.1, хоча частка кількості промислових підприємств, що впроваджували інновації знаходиться на рівні 2000 року, але кількість упроваджених у звітному році видів інноваційної продукції зменшилась майже в 4 рази, а частка обсягу реалізованої інноваційної продукції (товарів, послуг) у загальному обсязі реалізованої продукції (товарів, послуг) промислових підприємств за цей період знизилась в 4.5 рази.

Таблиця 1

Впровадження інновацій на промислових підприємствах України[1]

Рік	Частка кількості промислових підприємств, що впроваджували інновації (продукцію та/або технологічні процеси), в загальній кількості промислових підприємств, %	Кількість упроваджених у звітному році видів інноваційної продукції (товарів, послуг), од.	Частка обсягу реалізованої інноваційної продукції (товарів, послуг) у загальному обсязі реалізованої продукції (товарів, послуг) промислових підприємств, %
2000	14,8	15323	9,4
2001	14,3	19484	6,8
2002	14,6	22847	7,0
2003	11,5	7416	5,6
2004	10,0	3978	5,8

2005	8,2	3152	6,5
2006	10,0	2408	6,7
2007	11,5	2526	6,7
2008	10,8	2446	5,9
2009	10,7	2685	4,8
2010	11,5	2408	3,8
2011	12,8	3238	3,8
2012	13,6	3403	3,3
2013	13,6	3138	3,3
2014	12,1	3661	2,5
2015	15,2	3136	1,4
2016	16,6	4139	1,5
2017	14,3	2387	0,7
2018	15,6	3843	0,8
2019	13,8	2148	1,3
2020	14,9	4066	1,9

В Україні інноваційна інфраструктура не охоплює усі ланки інноваційного процесу (освіту і науку – техніку і технології – виробництво та споживання). Сформовано лише окремі елементи інноваційної інфраструктури – зареєстровано і діє 8 технопарків, розпочали діяльність кілька регіональних інноваційних центрів та бізнес-інкубаторів. З них, лише технологічні парки реалізують інноваційні проекти за стратегічними пріоритетними напрямками інноваційної діяльності і користуються фінансовою підтримкою держави. Практично відсутньою є в інноваційному середовищі діяльність венчурних фондів та центрів трансферу технологій. Не знаходить належної підтримки діяльність винахідників, раціоналізаторів, науковців, що мають завершені науково-технічні розробки. Недостатньо реалізується освітній та науковий потенціал, насамперед вищих навчальних закладів, у сфері інформаційно-комунікаційних технологій тощо [2].

Отже, важливим завданням і умовою становлення економічної незалежності України є активізація інноваційної діяльності в науковій, технологічній та промисловій сферах з одночасним розвитком інноваційної інфраструктури країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Статистична інформація. Економічна статистика України /Наука, технології та інновації - [Електронний ресурс] – Режим доступу <https://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Тимченко О.І. Інноваційна структура як чинник забезпечення ефективності інноваційної діяльності малих підприємств. - Ефективна економіка, 2012, № 12. - URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?n=12&y=2012>

СЕКЦІЯ 2 «ПРОГРЕСИВНА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ, МЕХАТРОНІКА, РОБОТОТЕХНІКА І АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ»

УДК 621.762

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СТВОРЕННЯ ПОРИСТИХ ПРОНИКНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНО- ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Повстяной О.Ю.

Луцький національний технічний університет

Сьогодні проблеми створення пористих середовищ вирішуються на основі застосування комп'ютерного моделювання, яке дозволяє оптимізувати технологію отримання пористих проникних матеріалів (ППМ) [1].

Однак, вибір оптимальних параметрів технологічного процесу отримання ППМ є складним завданням. Тому поряд з традиційними методами досліджень, в даний час все більш широко застосовуються методи моделювання та прогнозування процесів створення ППМ з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій. Це стало можливим завдяки істотному прогресу в розумінні основних особливостей поведінки порошкових матеріалів у процесі їх деформаційної обробки та з інтенсивним розвитком комп'ютерно-інформаційних технологій [2-4].

Розробка методології моделювання процесів створення ППМ починається з розрахунку реальної засипки порошку у форму ППМ і є відправною точкою для виявлення фізичної основи поведінки порошку на стадії засипки. В ідеалі, отримані таким чином теоретичні результати, може змінити інженерний погляд на властивості майбутніх ППМ [5].

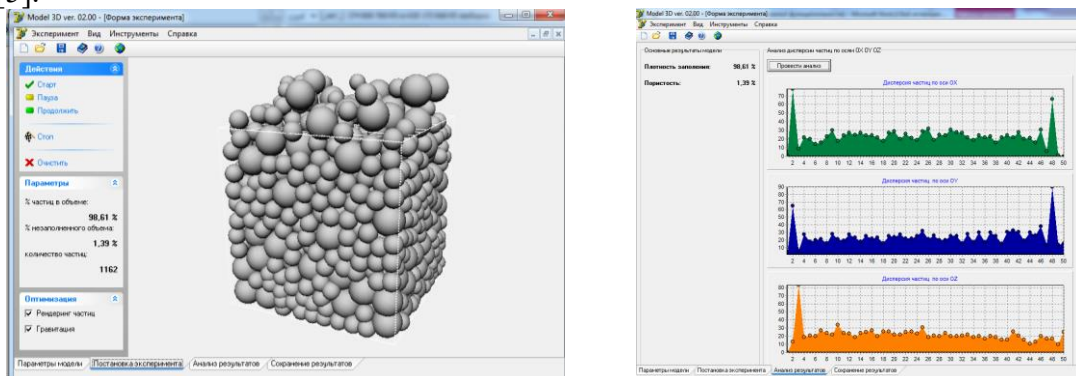


Рисунок 1 – Комп'ютерно-імітаційні моделі упаковки порошку [5]

Розробка сучасного програмного забезпечення для прогнозування, моделювання, аналізу та дослідження пористої структури фільтруючого матеріалу з металевих порошків, є одним з актуальних питань розвитку комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Вибір оптимальних параметрів процесу пресування ППМ є складним завданням. Важливе місце також займають модельні експерименти прогнозування залежностей

властивостей ППМ від технологічних параметрів отримання виробів зі застосування комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Розробка та виробництво нових пористих проникних матеріалів є важливим завданням, яке значно вииграє від використання засобів автоматизованого інжинірингу. Зі збільшення обчислювальної потужності, багатовимірне комп'ютерне моделювання стає все потужнішим та актуальнішим.

Моделювання виконувалося на основі континуального підходу. В якості визначальних співвідношень використовували співвідношення теорії пластичності пористого тіла. Визначення форми заготовки, що ущільнюється, а також полів щільності, напружень і деформацій виконано на основі методу скінченних елементів (рис.2) [6].

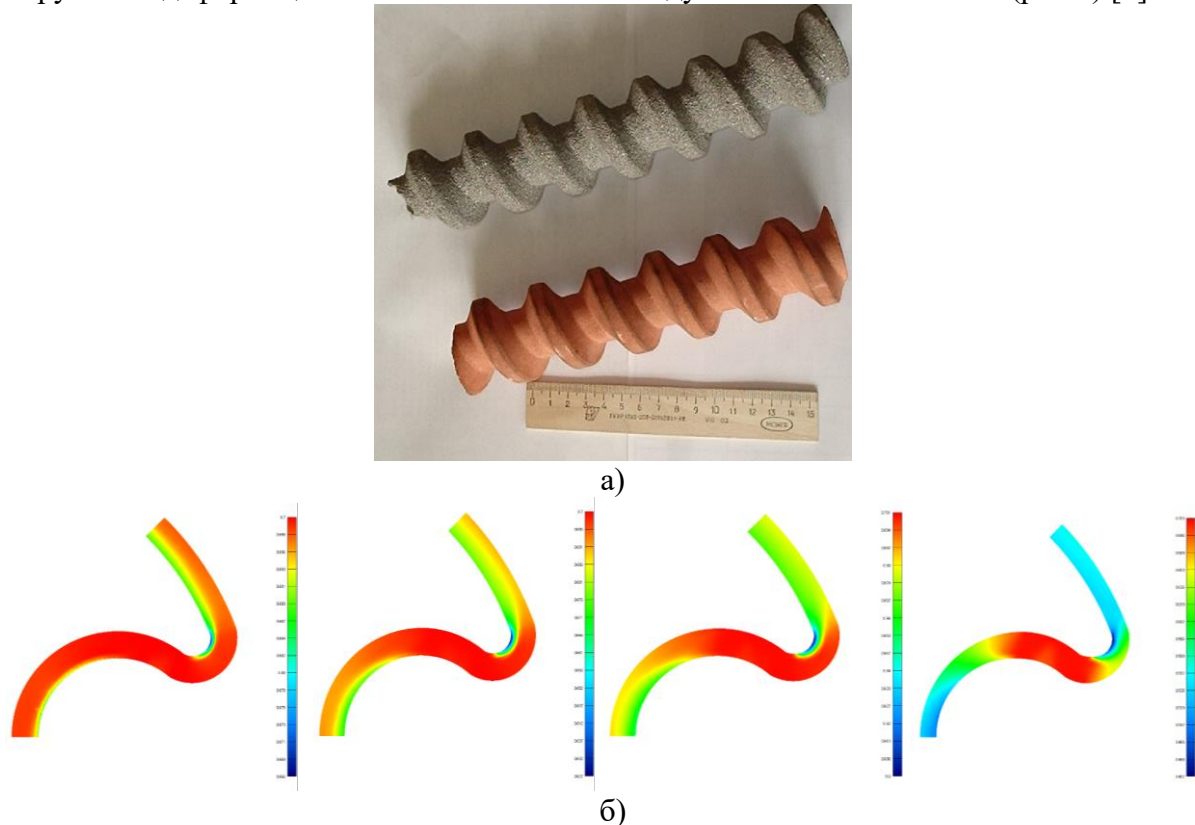


Рисунок 2 – Загальний вид ППМ з розвинутою поверхнею (а) та визначення величин напружень по контуру пресовки ППМ (б)

Величина напружень по контуру пресовки ППМ не є постійною. Ця обставина визначається властивостями матеріалу еластичної оболонки та конфігурацією поверхні пресовки. В силу геометричної неоднорідності системи абсолютні переміщення в об'ємі еластичної оболонки на різних ділянках різні. Тому на різних ділянках границі контакту еластичної оболонки та порошку співвідношення величини нормальних та дотичних напружень індивідуальні.

Було проведено моделювання процесу проходження рідини через комплекс ППМ при різних тисках та пористості в діапазоні $P=10-50\%$. Результати моделювання добре узгоджуються з експериментальними даними та підтверджуються реальними розрахунками (рис.3, 4).

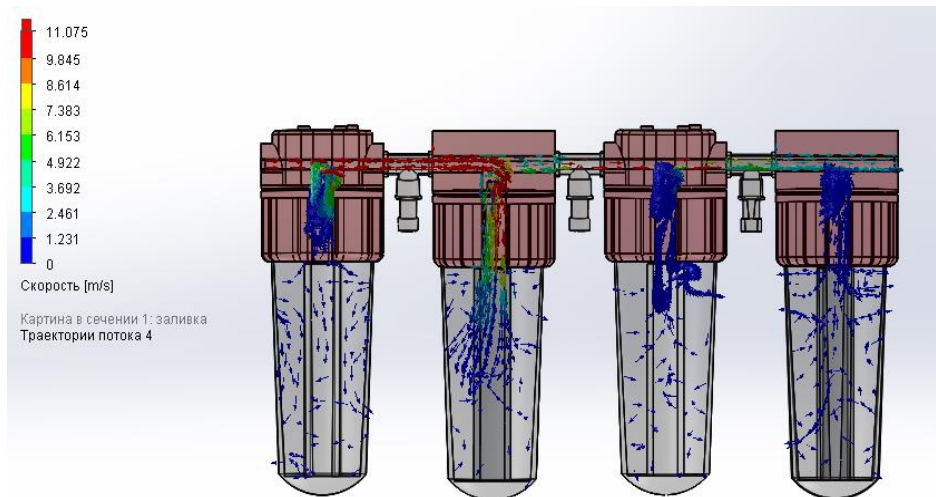


Рисунок 3 – Моделювання руху потоку води в системі із чотирьох ППМ при визначенні перепаду тисків

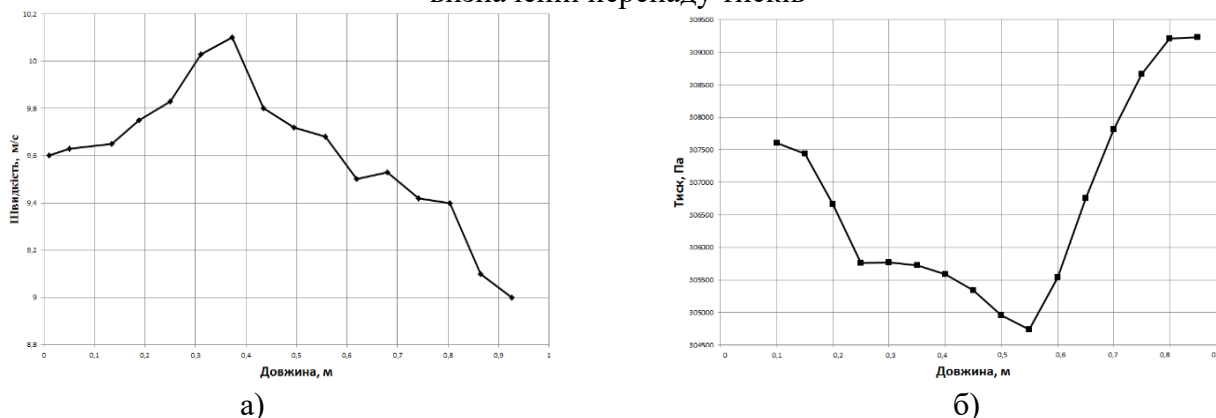


Рисунок 4 – Графік залежності швидкості руху води в системі з чотирьох ППМ відносно перерізу ППМ (а) та графік залежності перепаду тисків у системі із чотирьох ППМ відносно перерізу ППМ (б)

Висновки. Проведено комплексне моделювання процесів створення пористих проникних матеріалів з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій, а саме моделювання пористих проникних матеріалів для різних моделей пластичного деформування порошково-пористих середовищ. На відміну від наявних, запропонований метод моделювання дозволяє враховувати особливості розподілу пористості та радіальної швидкості при пресуванні ППМ. Це дає можливість не тільки визначити розподіл пористості й інших характеристик порошкового пористого тіла, але й спрогнозувати вплив їх на експлуатаційні властивості конкретного ППМ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Повстяной О. Ю., Рудь В. Д., Імбірович Н. Ю. Комп'ютерно-інформаційні технології в сучасному матеріалознавстві: монографія. Луцьк, 2019. 225 с.
2. Повстяной О.Ю. Моделювання пористої структури в багатошарових фільтруючих порошкових матеріалах / Повстяной О.Ю., Кузьмов А.В. // Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "Topical Problems of Modern Science and Possible Solutions - №10 (14), Vol.1, October 2016. – С.5-9.
3. Computer-informative software for research of the new materials of constructional application / Yu. Kuts, O. Povstyanoy // Functional Material (Україна, режим доступу: <https://doi.org/10.15407/fm24.01.175>). 2017. V.24 (1). P. 175-178.

4. Комп'ютерно-інформаційні технології прогнозування та моделювання властивостей матеріалів конструкційного призначення / Повстяной О. Ю. Вісник Українського матеріалознавчого товариства. 2018. №8. С. 9-18.

5. Повстяной О. Ю., Рудь В. Д. Застосування імітаційного моделювання для вирішення задач формування структури порошкових виробів. Порошкова металургія: сучасний стан та майбутнє: тези конференції (Київ, 22-25 квітня 2014г.). Київ, 2014. С. 88.

6. Повстяной О. Ю., Полінкевич Р. М., Четвержук Т. І, Сичук В. А. Моделювання пористості порошкового пронижного матеріалу складної форми методом скінченних елементів. Прогресивні технології в машинобудуванні: матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції (Львів-Карпати, 3-7 лютого 2020 р.). Львів-Карпати, 2020. С. 45-47.

УДК 621.762

ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ АНТИФРИКЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ПОРОШКУ СТАЛІ ШХ15

¹Гальчук Т.Н., ¹Повстяной О.Ю., ¹Четвержук Т.І., ²Русakov Д.С.

¹Луцький національний технічний університет

²Ковельський промислово-економічний фаховий коледж ЛНТУ

В сучасній техніці для забезпечення руху з'єднань використовуються деталі, які виготовлені з різних антифрикційних матеріалів [1, 2]. Поєднання декількох компонентів, що мають різко відмінні фізико-механічні властивості дозволяє створювати спечені композиційні вироби з важливими для техніки властивостями – самозмащенням, високою теплостійкістю, хорошими демпфуючими характеристиками тощо [3, 4]. Значна частка спечених антифрикційних виробів виготовляється із матеріалів на основі порошкових сталей, зокрема порошки підшипникової сталі ШХ15 – універсальний матеріал, з якого можливо виготовити деталі для всіх умов роботи вузла тертя. Одним із способів отримання порошку підшипникової сталі ШХ15 є виділення його із шліфувальних шламів [5]. Ефективність виготовлення із них деталей перш за все визначається їх призначенням і експлуатаційними властивостями. Насамперед це порошкові підшипникові деталі загального машинобудування: втулки, шестерні, підшипник сальника, сухар, вкладиш тощо. Використання металовідходів машинобудівного виробництва робить виготовлення деталей відносно дешевим, швидко окупним. Тому актуальним є проведення досліджень щодо виготовлення виробів антифрикційного призначення із композиційного матеріалу з використанням як компонента металічного порошку сталі ШХ15, отриманого із шліфошламів.

Переважає більшість сучасних антифрикційних деталей виготовлені із матеріалів – композитів. Основу триботехнічного антифрикційного композиту, що сприяє формуванню певних фізико-механічних властивостей, складає базовий матеріал – залізо, мідь, нікель, алюміній і т.д. [6].

Останні роки характеризуються інтенсивним розвитком робіт щодо вдосконалення відомих і створення нових методів отримання металічних порошків, які ґрунтуються на використанні вторинних ресурсів сировини [7]. Порошки, що отримані зі стружки, дешевші, ніж порошки, які виготовлені за традиційною технологією. Найбільш ефективним є одержання порошків із відходів, що утворюються під час обробки легованих сталей, зокрема шарикопідшипникових [8].

Сучасні методи порошкової металургії дають можливість під час створення композиційних антифрикційних матеріалів широко регулювати кількість і розміри включень різних структурних складових, що входять у матеріал. Крім того, це є основою для розробки нових ресурсозберігаючих технологій і дозволяє вирішувати задачу пошуку дешевих та доступних видів сировини.

Композицію на основі порошку сталі ШХ15 готувалися із використанням порошків міді ПМС-1 та графіту ГС4 Graphite of lubricants. Склад шихти триботехнічного композиту ШХ15 – (4 мас.%) Cu – (2 мас.%) С.

Для оцінки ефективності антифрикційного композиту під час тертя зразки з нього порівнювалися із спеченими зразками із порошку сталі ШХ15. Тертя послідовно зменшується із збільшенням номінального тиску під час тертя для композиту порошок сталі ШХ15 – мідь – графіт, спресованого при 500 МПа. Ця залежність аналогічна залежності коефіцієнта тертя спеченої сталі ШХ15 (рис. 1,а).

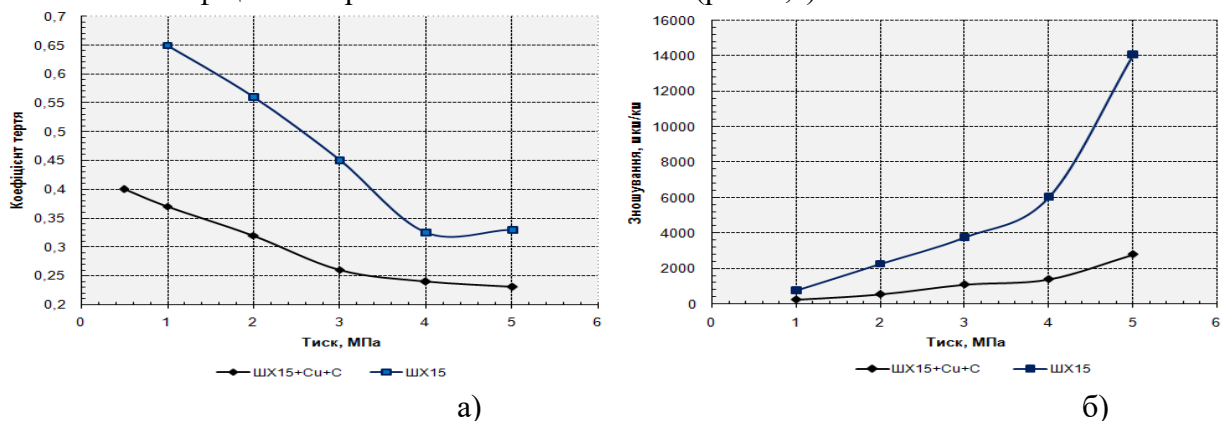


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта тертя (а) та (б) зношування порошкової сталі ШХ15 і композиту ШХ15 - Cu – С від тиску

Однак коефіцієнт тертя матеріалу ШХ15–мідь–графіт менший за коефіцієнт тертя спеченої сталі ШХ15 при однакових тисках, внаслідок наявності графіту і цементиту в структурі композиту. Саме наявність цих структурних складових підвищує зносостійкість композиту порівняно із зносостійкістю сталі ШХ15. Зношування при тиску до 5 МПа не є катастрофічним (рис. 1, б).

Також проводилися дослідження впливу тиску пресування на тертя композиту. Дослідження на тертя проводили при тиску 4,5 МПа. Зразки спікалися при температурі 1100°C, 1150°C та 1200°C. Встановлено, що коефіцієнт тертя майже не залежить від тиску пресування (рис. 2, а), а інтенсивність зношування послідовно зменшується (рис. 2, б). Більш висока температура спікання дещо збільшує зносостійкість і практично не впливає на коефіцієнт тертя.

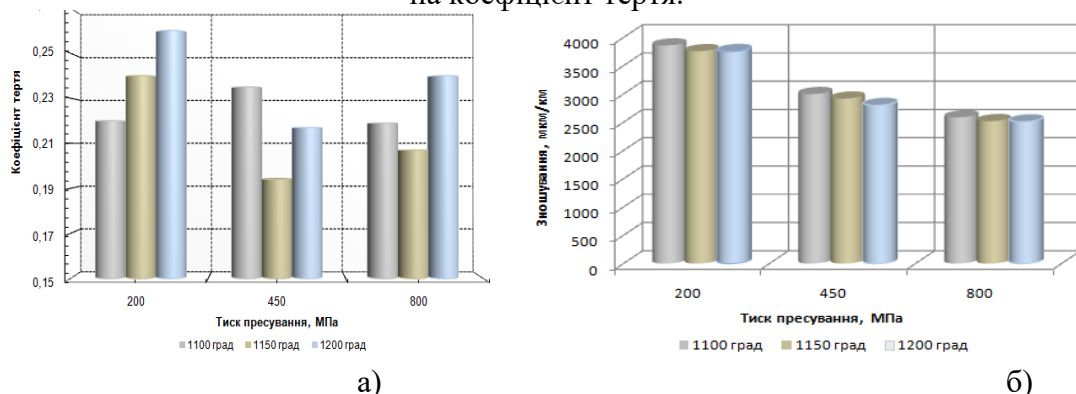


Рисунок 2 – Вплив тиску пресування композиту ШХ15– Cu – С:
а) на коефіцієнт тертя та б) на коефіцієнт зношування

Для зразка з композиційного матеріалу (порошок ШХ15–мідь–графіт збільшується лінійна ділянка залежності напруження від деформації. При деформації 8 % напруження складає 1200...1400 МПа. Це дає можливість прогнозувати більш високі експлуатаційні властивості виробів виготовлених із матеріалу такого складу.

Структура зразків із досліджуваного композиту є перлітною (рис.3). Надлишок вуглецю утворює карбідну фазу, що розміщується у вигляді сітки по межі перлітних зерен. Твердість після спікання складала $HV \approx 2100...2300$ МПа.

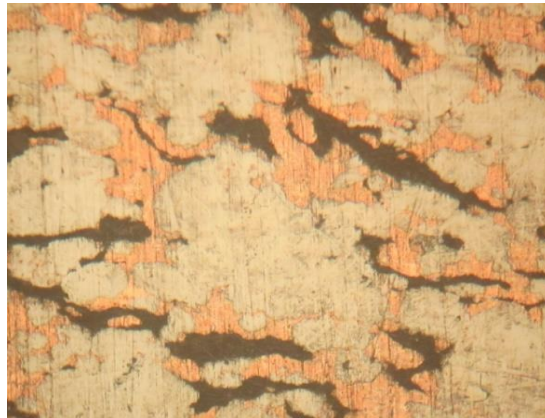


Рисунок 3 – Структура спеченого композиту – порошок сталі ШХ15-графіт-мідь

Триботехнічні характеристики отриманих композитів досліджувалися на зразках при швидкості ковзання – 5 м/с, тиску – 10 МПа. За критерій зношування брали зміну об'єму зразка залежно від шляху тертя. Об'єм вимірювали через рівні проміжки часу. Результати вимірювань зносостійкості наведено на рис. 4.

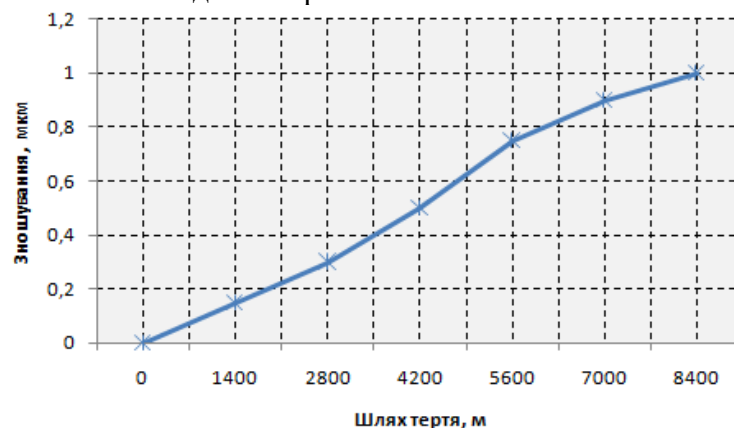


Рисунок 4 – Залежність зношування композиційного матеріалу порошок сталі ШХ15-графіт-мідь від шляху тертя

Зразки із досліджуваного композиту мають високу зносостійкість. Це зумовлено високою твердістю спеченого матеріалу і наявністю карбідної сітки по межах зерен. Коефіцієнт тертя композиту, в середньому становить 0,09; об'ємне зношування $0,12 \times 10^5$ мкм³/м для зразків твердістю $HV=2300$ МПа.

Із композиційного матеріалу на основі порошку, отриманого із шліфувального шламу сталі ШХ15, виготовлено експериментальну партію напрямних втулок, підшипників ковзання (рис. 5).



Рисунок 5 – Партія напрямних втулок, підшипників ковзання виготовлених із композиційного матеріалу на основі порошку сталі ШХ15

Основні характеристики напрямних втулок: твердість > 200 HB; пористість $< 10\%$; структура – дрібнозернистий перліт, графіт, пори; втулка просочується індустриальним маслом ИЛ - 40A Standard VG32.

Висновки. Розробка порошкового композиту забезпечує високі характеристики міцності та зносостійкості, є одним із методів підвищення надійності навантажених вузлів тертя. Композиційний матеріал на основі порошку сталі ШХ15 має хороші триботехнічні властивості, що не поступається спеченому матеріалу залізо-графіт і більш високі характеристики міцності. Може використовуватися в якості антифрикційного матеріалу для умов сухого тертя при помірних навантаженнях або у навантажених вузлах тертя, що працюють із змащенням. Також може служити прототипом для розробки матеріалів різного конструкційного призначення нового покоління.

За розробленими технологічними режимами з композиту на основі порошку сталі ШХ15 отримані вироби антифрикційного призначення із значно нижчою собівартістю і вищим коефіцієнтом використання матеріалу порівняно із традиційними матеріалами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kostornov, A. (2012) Tribotechnical material science: monograph. Lugansk, Ukraine: Nouly, p. 701.
2. Roik ,T. *et al* (2014) New composite materials for friction parts of printing machines: monograph Kyiv, Ukraine: Politekhnik, p. 427.
3. Jagadish Parida, Subash Chandra Mishra, Bharat C. G. Marupalli & Ajit Behera (2023) Fabrication of nickel-titanium-iron shape memory alloys by powder metallurgy route and analyses of their physical and mechanical behaviour, *Powder Metallurgy* <https://doi.org/10.1080/00325899.2023.2235143>.
4. José M. Torralba, Paula Alvaredo & Andrea García-Junceda (2020) Powder metallurgy and high-entropy alloys: update on new opportunities, *Powder Metallurgy*, Vol 63(4), pp.227-236, <https://doi.org/10.1080/00325899.2020.1807713>.
5. Bondarenko, B.Y., Yakubovsky, V.P., Fedorov, D.N., Pokotilo, E.P. , Golovchenko, V.L. , Khovavko, A.I.(2002) Development of a technology for obtaining a composite powder from slurry waste from bearing production *Ecotechnologies and Resources Conservation* Vol 4, pp. 32-35.
6. Sevostyanov, N.V., Bolshakova, A.N., Bolsunovskaya, T.A., Burkovskaya, N.P. (2021) Tribotechnical Properties of Nickel Based Cermet Materials *Journal of Friction and Wear* Vol.42(5), pp. 335–339.
7. Havrish F.P. *et al* (2019) Grinding and finishing of wear-resistant anti-friction composite parts of printing machines. Part 2: monograph Kyiv, Ukraine p. 130

8. Roik, T. A., Gavrish, O. A., Vitsyuk, Yu. Yu. (2019) Peculiarities of forming tribotechnical powers of composite materials on the basis of grinding windings in steel SHKH15SG. *Powder metallurgy*. Vol. 07/08 pp. 88-97

УДК 621.762

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРИСТИХ ПРОНИКНИХ МАТЕРІАЛІВ

Повстяной О.Ю., Редько Р.Г., Грудецький Р.Я.
Луцький національний технічний університет

Сучасні проблеми створення пористих проникних матеріалів (ППМ) вирішуються за рахунок використання комп'ютерного моделювання, засобів автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, які дозволяють оптимізувати нові технології їх створення.

Найкраще поєднання експлуатаційних характеристик пористих проникних матеріалів призводить до необхідності пошуку нових технологічних прийомів, автоматизованих засобів і методів комп'ютерного моделювання, які б дозволили створювати нові структури цих матеріалів [1].

Саме тому в Луцькому національному технічному університеті було спроектовано та виготовлено установку для пресування ППМ (рис. 1).

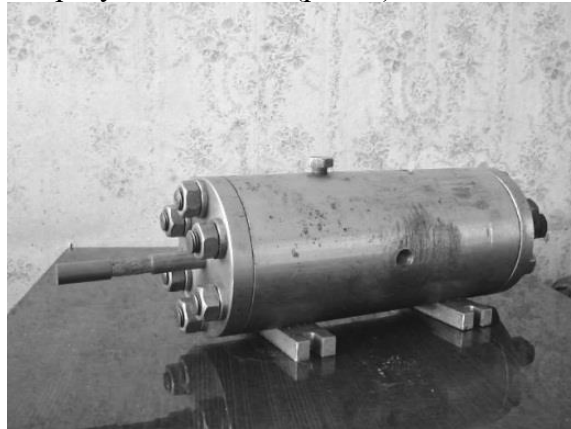


Рисунок 1 – Пристрій для пресування пористих проникних матеріалів

Для виготовлення даної установки проводилося комплексне моделювання на основі використання об'єктно-орієнтованих модулів параметризації відповідно до параметричного підходу. Це дозволило значно скоротити трудомісткість проектно-виробничих робіт.

У розробленій об'єктно-орієнтовній САПр механізм параметризації реалізований з використанням системи параметричного креслення і моделювання Pro/ENGINEER (рис.2).

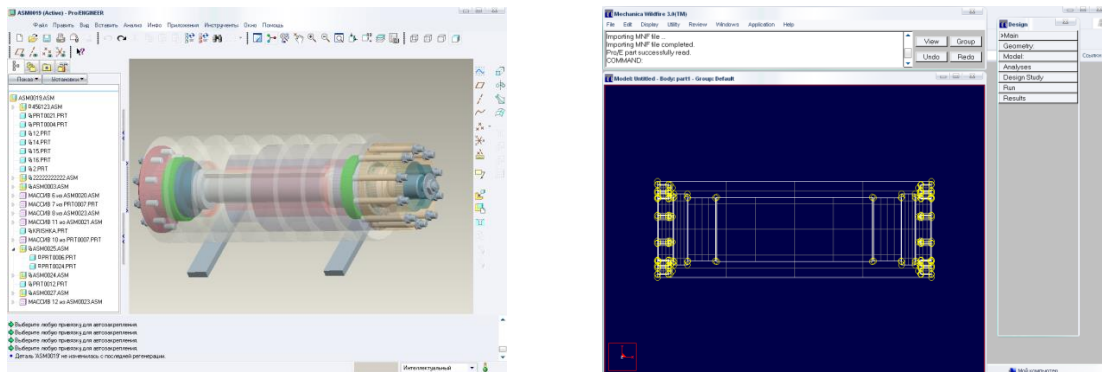


Рисунок 2 – Система моделювання параметричного проектування установок для пресування пористих проникних матеріалів на базі Pro/ENGINEER

Наявні сучасні комп'ютерно-інформаційні технології вирішують проблему виготовлення ППМ з оптимальним поєднанням структурних характеристик та фізико-хімічними властивостями. При цьому важливо керувати якістю виробів, механізувати й автоматизувати процеси пресування, устаткування та інструменту, прогнозуючи їх властивості на початковій стадії формування.

Саме прогнозування та моделювання структури ППМ допоможе створенню теоретичних основ технології отримання пористих порошкових матеріалів та встановити взаємозв'язок між технологічним режимами їх отримання і експлуатаційними характеристиками [2].

Було розроблено відповідне програмне автоматизоване забезпечення, яке дало змогу прогнозувати та моделювати процес пресування ППМ зі заданою пористістю (рисунок 3).

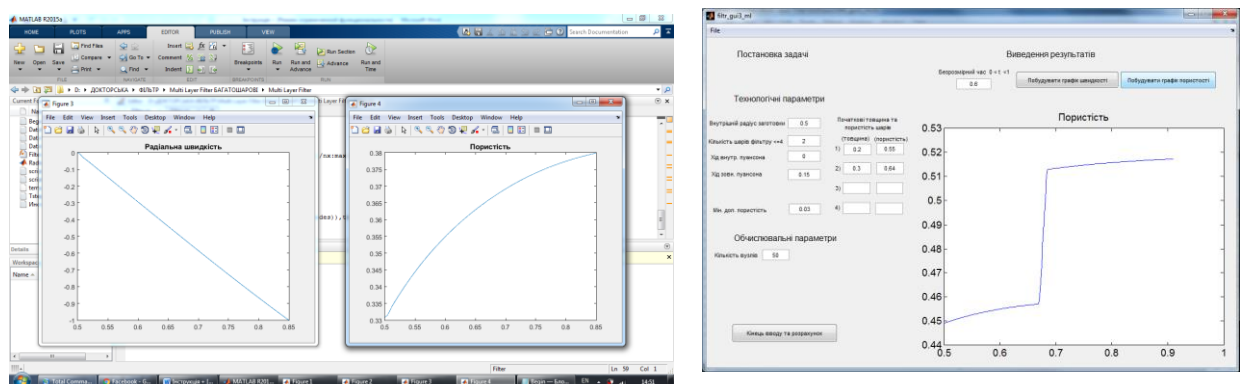


Рисунок 3 – Визначення залежностей впливу радіальної швидкості та розподілу пористості при моделюванні пресування ППМ

Висновки. Застосування нової системи автоматизації для виготовлення проникних матеріалів дозволила не тільки визначити розподіл пористості та інших характеристик порошкового проникного матеріалу, але й встановити взаємозв'язок між технологічним режимами їх отримання і експлуатаційними характеристиками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Povstanyoy, O., Imbirovich, N., Tkachuk, V., Redko, R., Priadko, O. (2022). Theoretical and Experimental Studies of the Properties of Porous Permeable Materials Obtained from Industrial Waste. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Peraković, D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. DSMIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0_51

2. Повстяной О.Ю. Моделирование пористой структуры в багатопористих фільтруючих порошкових матеріалах / Повстяной О.Ю., Кузьмов А.В. // Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "Topical Problems of Modern Science and Possible Solutions - №10 (14), Vol.1, October 2016. – С.5-9.

УДК 621.914.3

НОВЕ КОМПОНУВАННЯ НАСТІЛЬНОГО ПОРТАЛЬНОГО ВЕРСТАТУ

Кузнєцов Ю.М., Кобець І.Р.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»

Верстатобудування, як ключова галузь машинобудування, грає важливу роль у розвитку промисловості та національних економік. Розвиток промисловості та її галузева структура визначають стан індустріального та технологічного рівня економіки країни, ефективність її виробництва, стабільність, сталість розвитку та економічну незалежність держави [5]. Сучасний прогрес технологій виробництва невіддільно розвивається, вимагаючи від інженерів і вчених постійного пошуку нових рішень та технологій для підвищення ефективності та автоматизації виробничих процесів. Для цього потрібне створення в навчальному процесі сучасної лабораторної дослідницької бази [7,9]. В умовах обмеженого фінансування вищої освіти доцільно виготовляти малогабаритні настільні верстати з комп'ютерним керуванням, які можуть використовуватися як для навчального процесу, так і на підприємствах для виготовлення деталей невеликих розмірів.

Для цього необхідно впроваджувати наступні рекомендації [3]: оптимізувати існуючі виробничі потужності, автоматизувати та залучати передові цифрові технології для налагодження робочих процесів; прискорювати впровадження технологічних інновацій та інноваційних процесів; підвищувати кваліфікаційний рівень працівників машинобудування. Водночас науковцям і підприємцям варто продовжувати дослідження процесу розробки та впровадження нових технологій у машинобудуванні, адже використання сучасних технологій стає необхідністю, яка запобігає ризикам втрати актуальності на ринку сучасної промисловості.

Основне завдання та одержані результати роботи. Метою роботи є аналіз відомих малогабаритних верстатів і створення нового з розширеними функціональними можливостями.

На сучасному ринку інструментів і обладнання для малого та середнього виробництва існує багато виробників, що спеціалізуються на малогабаритних верстатах. Це обладнання відзначається високою мобільністю, компактністю та зручністю в експлуатації.

На ринку малогабаритних верстатів з ЧПК можна зустріти такі компанії як ПП «АНДІС-ТЕХНО», CNC Machines, Raptor CNC, AST3D. Фрезерний гравірувальний верстат із ЧПК "SMART Light" від SmartCNC оснащений сенсорним екраном і автономним контролером (може працювати без підключення до ПК) та відмінно підійде для роботи з усіма видами дерева та м'яких металів. Верстат виготовлений з алюмінієвого профілю. В якості напрямних використовуються вали на опорі SBR20 та підшипники SBR20UU, які забезпечують високу точність і плавність переміщення. В якості приводу осі Z використовується кулькова гвинтова пара (КГП) [10]. Компанія **CNC MACHINES** –

виробник 3-х координатного фрезерного верстата з ЧПК «Сокіл 3040», призначеного для опрацювання 2D і 3D моделей, а також тіл обертання (зі встановленим модулем 4-ї осі). Ця модель вирізняється високою точністю і підвищеною швидкістю обробки, завдяки жорсткій станині з алюмінієвих сплавів. На верстаті можна виконувати такі операції, як розкрій листових матеріалів, вибірка, фрезерування пазів, гравіювання, фрезерування 3d-рельєфів, свердління, лазерне гравіювання, фрезерування тіл обертання. **Shenzhen Crealty 3D Technology Co., Ltd.** є лідером у виробництві споживчих 3D-принтерів на світовому ринку [11]. Найновіший апарат Crealty CP-01 зі змінними головками призначений для 3D-друку, лазерного гравіювання та фрезерування. Кожен модуль має універсальний роз'єм і легко замінюється, а у разі втрати електроживлення у CP-01 є захист для продовження роботи, де зупинився. На сьогоднішній день можна зустріти настільні фрезерні верстати з наступними схемами компоновки:

Вертикальна компоновка (рис.1). У цій схемі верстат має вертикальну колонку, на якій розташований шпиндель зі свердлом або фрезою. Такі верстати обладнані рухомим хрестовим столом з Т-подібними пазами для установки і закріплення заготовки, лещат або іншого пристосування. Ця схема забезпечує компактність, стабільність і точність обробки. Вертикальні верстати добре підходять для свердління отворів або фрезерування на вертикальних поверхнях. Робоча зона може бути обмеженою, що робить його менш підходящим для обробки великих деталей.



Рисунок 1 – Фрезерний верстат JET JMD-X1L

Портальна компоновка (рис.2), де шпиндель рухається вздовж порталу (рами), що підтримує горизонтальний рух вздовж осей X та Y. Ця схема дозволяє забезпечити великий робочий простір і високу точність обробки великих деталей. Верстати такого типу можуть бути з рухомим порталом (рис.2) або з рухомим столом (рис.3).



Рисунок 2 – CNC Router of the High-Z T-Series

У верстаті з рухомим порталом робочий інструмент (наприклад, фреза або інший різальний інструмент) рухається вздовж горизонтальних напрямків на порталній конструкції, яка підтримує його рух. Портал має великі розміри і дозволяє обробляти великі деталі або великі робочі області.

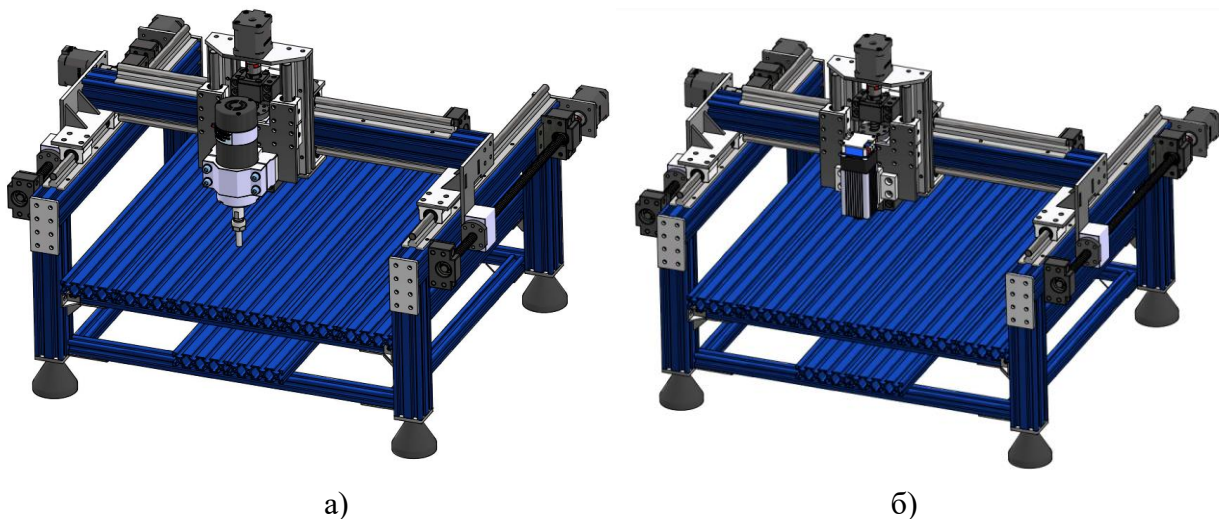
У верстатах з рухомим столом робочий інструмент розташований на жорсткому порталі, а робочий стіл, на якому розташовані оброблювані деталі, рухається вздовж горизонтальних напрямків. Рухомий стіл дозволяє легко позиціонувати та обробляти деталі, а портал забезпечує стабільну підтримку робочого інструмента.

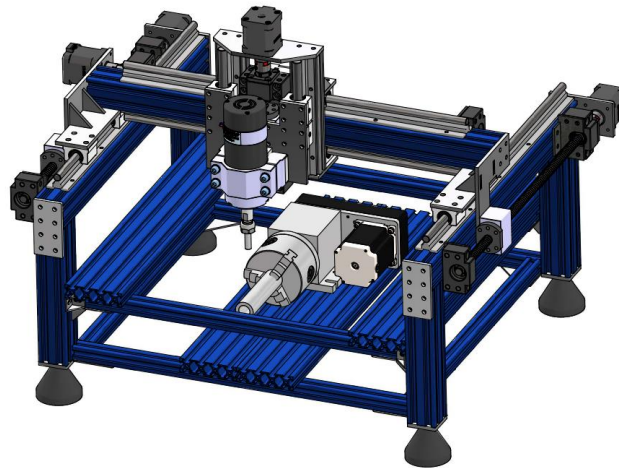
Малогабаритні свердлильно-фрезерні верстати відзначаються мобільністю, оскільки їх легко переміщувати, роблячи їх ідеальними для невеликих майстерень або гаражів. Вони також вражають універсальністю, здатністю виконувати різноманітні види обробки, включаючи свердління, фрезерування, різання та інші операції, та при цьому вони компактні, що робить їх ідеальними для обмежених просторів.

Однак, небагато виробників розробляють настільні фрезерні верстати, в яких передбачена багатофункціональність, що полягає у можливості швидко і просто замінити мотор-шпиндель на друкуючу головку 3D-принтера або лазерну головку для різки листового матеріалу чи гравіювання.

Проектування верстата

Після ретельного аналізу значного обсягу даних, патентного дослідження подібних верстатів та детального вивчення їх конструкції [4,6,8], авторами сконструйований в різних варіантах виконання настільний верстат порталного компонування (рис.3).





в)

Рисунок 3 – Варіанти створеного верстат: а) - фрезерний верстат; б) - лазерний верстат; в) - фрезерний 4-х координатний верстат

Несуча рама виконана з верстатного алюмінієвого профілю типу V-slot. Це значно спрощує і здешевлює конструкцію, оскільки такі елементи є стандартними і при поломці будь-якого елементу рами, його можна легко замінити. Верстат містить два робочих столи. Верхній призначений для обробки листового матеріалу і малогабаритних деталей, нижній – для встановлення на ньому верстатного оснащення (ділильна головка, лещата) і обробки більш габаритних деталей. Це дозволяє при малому ході шпинделя вздовж осі Z оброблювати досить широкий спектр деталей. При використанні нижнього столу слід демонтувати кілька центральних секцій верхнього столу, а оскільки стіл складається з кількох профілів V-slot 20x80, то демонтаж не викликає значних проблем.

В якості напрямних використано лінійні напрямні типу SBR, що володіють значно більшою жорсткістю, порівняно зі звичайними круглими напрямними. Координатні переміщення здійснюються за рахунок кульково-гвинтових передач (КГП).

Висновки

Розроблений універсальний настільний 4-х координатний верстат з розширеними функціональними можливостями має значний науково-технічний потенціал і практичну цінність для сучасного машинобудування. Його ефективно використовувати в навчальному процесі і у виробництві при виготовленні складних деталей невеликих розмірів.

Література

1. Агрегатно-модульне технологічне обладнання: В 3-х частинах. За ред. Ю.М. Кузнєцова /автор Крижанівський В.А., Кузнєцов Ю.М., Кіріченко А.М. та інші. Кіровоград, 2003. — ч.1 — 422 с.
2. Кузнєцов Ю.М., Саленко О.Ф., Харченко О.О., Щетинін В.Т. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення. – Вид-во «Точка». 2014 – 500 с.
3. Кузнєцов Ю.М., Придальний Б.І., Гао Сінмінь Технологічне оснащення фрезерних верстатів: проектування, теорія, практика: Монографія-Луцьк: Вежа-Друк, 2023 – 292 с. ISBN 978-966-940449-7
4. Кузнєцов Ю.М., Кривчук Ю.Т. Спрямований генетичний синтез настільних фрезерних верстатів //XIX – XX МНПК «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво», 25-26.11.2020, м.Суми, СумДУ. - с.103-106
5. Кузнєцов Ю.М. Сучасний стан, перспективи розвитку і виробництва металорізальних верстатів в Україні / Вісті АІНУ №1 (44), 2011.

6. Кузнецов Ю.Н., Гайдаенко Ю.В., Кривчук Ю.Т. Моделирование вариантов малогабаритного фрезерного станка портальной компоновки (англ.) //Международная научно-техническая конференция UNITECH'19, г.Габрово (Болгария), 2019, т.2.- с.255-258.
7. Кузнецов Ю.М., Степаненко О.О. Настільні фрезерні верстати, керовані комп'ютером // Технологічні комплекси, Луцьк. – 2010. – № 1. – С. 72–77.
8. Степаненко О.О., Манжола М.Ю., Кузнецов Ю.М. Дослідження впливу компонувань настільних фрезерних верстатів з ЧПК на якість обробки деталей //Вісник ЧДТУ. Серія «Технічні науки», №2, Чернігів, 2015, с.78-83.
9. Степаненко О.О. Синтез малогабаритних фрезерних верстатів з комп'ютерним керуванням. Автореферат дис. канд. техн. наук. -К.:2014.-14с.
10. <https://smartcnc.com.ua/shop/frezernyj-gravirovalnyj-standok-s-chpu-smart-light-4060>
11. Creality. URL: <https://www.creality.com/>

УДК 534.8

АНАЛІЗ СТАНУ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ В ГАЛУЗІ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ КАВІТАЦІЇ НА ВАЖКІ ВУГЛЕВОДНІ

Бондар Р.О., Гришко І.А.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»

Переробка нафти станом на зараз є одним з вирішальних процесів у світовій економіці. Нафтопродукти залишаються незамінними у широкому спектрі промислових галузей [1]. Водночас, існують значні запаси важких нафтопродуктів, видобуток яких на даний момент не є економічно доцільним. На разі існують різні види переробки важких вуглеводнів з метою отримання більшої кількості легких фракцій [2-5].

Проаналізувавши відомі методи переробки важких нафтопродуктів, слід зазначити, що метод кавітаційного гідрування має ряд суттєвих переваг над іншими [6]. Спираючись на перспективи даного методу, було прийняте рішення визначити стан інноваційних рішень у галузі впливу ультразвукової кавітації на важкі вуглеводні, зокрема з використанням методу гідрування, в Україні та світі, спираючись на проведений патентно-інформаційний пошук.

За останні роки збільшилась кількість публікацій, у більшості іноземних дослідників, стосовно інноваційних рішень в технологіях переробки важких нафтопродуктів. Про актуальність та реалізацію інноваційних рішень в галузі кавітаційного гідрування свідчить і вітчизняна розробка О.В. Войтовича «Установка для ультразвукового крекінгу вуглеводневих сполук» [6]. Кількість патентів та розробок за запитом «нафта та кавітація або ультразвук» в базі «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій» в Україні сягає 4 [7]:

- «Спосіб ультразвукового крекінгу вуглеводневих сполук» Родіонов В.Є., Венгер Є.В. 15.05.2001
- «Спосіб ультразвукового крекінгу вуглеводневих сполук» Родіонов В.Є., Венгер Є.В. 17.09.2001
- «Пристрій для ультразвукової обробки органічних сполук і система здійснення крекінгу органічних сполук» Прібишин В.І. 15.10.2002
- «Установка для ультразвукового крекінгу вуглеводневих сполук» Войтович О.В. 11.08.2014

Також проведено аналіз патентів та винаходів у світі. З метою здійснення пошуку підготовлено пошуковий запит за ключовими словами: «Cavitation hydrotreatment heavy oil», «Cavitation oil recovery method», «Cavitation technology for heavy oils», «Hydrodynamic cavitation of heavy oil products», «Ultrasonic cavitation for fuel oil», «Cavitation method for obtaining synthetic oil». Пошук проведено у наступних базах: «PATENTSCOPE» - 371 результат [8], «Espacenet» - 446 розробок та патентів [9] і «Patbase» - 61 [10], результати представлені на рисунку 1.

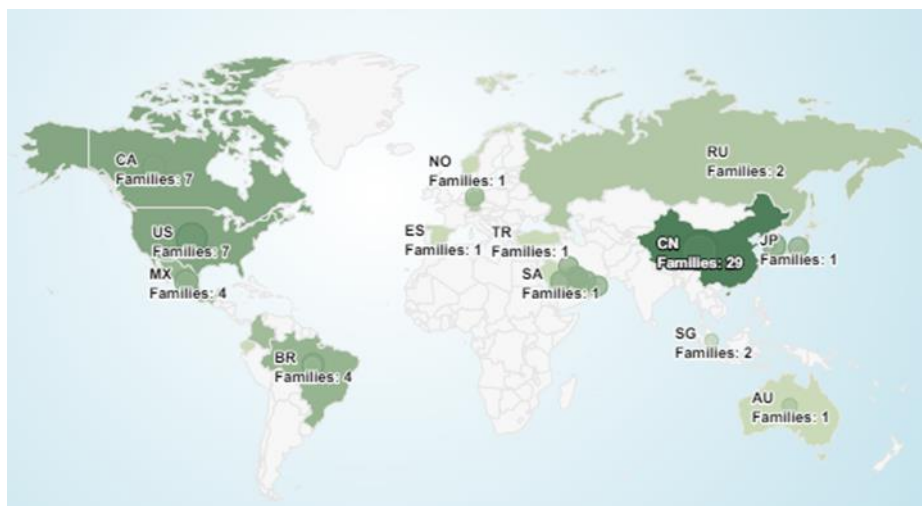


Рисунок 1 - Топ 20 юрисдикцій за родинами, заявами та грантами відповідно до комерційної бази «Patbase» [10]

З рисунку слідує, що найбільше патентних документів у Китаї. Також лідерами в галузі впливу ультразвукової кавітації на важкі вуглеводні є США та Канада.

Висновки. Встановлено, що згідно проведеного аналізу, дослідження у сфері кавітаційного гідрування важких нафтопродуктів з кожним роком зростають і кількість робіт по даній темі збільшується. Відповідно до даних у пошукових базах, лідерами в розвитку даної технології є Китай, США та Канада. Також кількість патентних робіт, винаходів та велика кількість досліджень у світі по темі впливу кавітації та ультразвуку на важкі вуглеводні вказує на те, що дана технологія має перспективи.

ЛІТЕРАТУРА

4. Ткачук В.В. Робоча програма з дисципліни "Товарознавство паливно-мастильних матеріалів". - 2018. - 26 с.
5. Саранчук В.І. Хімія і фізика горючих копалин / Ільяшов М.О., Ошовський В.В., Білецький В.С. - Донецьк: Східний видавничий дім, 2008. - 600 с.
6. Білецький В.С., Бойко В.С., Букін С.Л. Мала гірнича енциклопедія. Т. 2 / За ред. В.С. Білецького. - Донецьк: Донбас, 2007. - 652 с.
7. Шевчук В. Я., Чеботько К. О., Разгуляев В. М. Біотехнологія одержання органомінеральних добрив із вторинної сировини. - Київ: ІСД МО, 2001. - 214 с.
8. Курта С.А. "Основи нафтохімії". Навчальний посібник. - ДВНЗ Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника, 2020. - 196 с.
9. Войтович О.В. Практична реструктуризація вуглеводнів та вуглеводів. - Київ, 2018. - 77 с.
10. Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=search>.

11. Всесвітня організація інтелектуальної власності. Патентна база "PATENTSCOPE" [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://patentscope.wipo.int/search/ru/result.jsf?_vid
12. Патентна база "Espacenet" [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://worldwide.espacenet.com/>
13. Патентна база "PatBase" [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.patbase.com>

УДК 621.9.048.6

ПРИСТРІЙ З ПРУЖНО-ДЕФОРМІВНИМИ ШАРНІРАМИ ДЛЯ МАЛИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРЕЦИЗІЙНОГО ВЕРСТАТА

Шевченко О.В., Манзюк С.А., Стожаров Є.О.

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»

У верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) точність позиціонування виконавчих механізмів в задану координату є однією з найважливіших технічних характеристик. Мінімальне одиничне переміщення у верстаті з ЧПК обмежується дискретністю приводів позиціонування. У високоточних прецизійних верстатах малі переміщення використовуються для компенсації похибок, які виникають внаслідок теплових та пружних деформацій, динамічних навантажень на холостих ходах та при різанні, зміни розмірного настроювання верстата.

Виробники сучасних прецизійних верстатів стикаються з рядом важливих проблем, вирішення яких забезпечує необхідний рівень точності та якості обробки деталей: - забезпечення термічної стабільності технологічної системи верстата, враховуючи, що похибки від теплових деформацій можуть складати до 50% всіх похибок обробки; - вибір матеріалів несучих вузлів верстата, наприклад, заміна чавуну на полімербетон, що майже в 10 разів ефективніше гасить коливання та має нижчу на 50% теплопровідність; - використання напрямних, що забезпечують точність позиціонування до $0,3 \div 0,5$ мкм, значні прискорення при допоміжних рухах повзунів з ефективним гасінням коливань, практичну відсутність зношення та тертя під час руху, наприклад, гідро- чи аеростатичні напрямні; - використання оптичних лінійок з точністю вимірювання до 0,01 мкм.

Вирішення цих проблем виробниками призводить до суттєвого здорожчання верстатів та до високої вартості деталей, що обробляються на верстатах цього рівня. Разом з тим, використання спеціальних вузлів верстата з приводами для мікро(нано)позиціонування, як додаткового обладнання, може суттєво зменшити витрати на придбання верстатного обладнання, при забезпеченні необхідних для виробництва точності та якості обробки деталей.

Використання традиційних електромеханічних систем в приводах подач для малих переміщень має ряд обмежень особливо при роботі на наднизьких швидкостях подачі, що проявляється в стрибкоподібних рухах об'єкту позиціонування та в суттєвому впливі нелінійностей кінематичних передач (люфти, сухе тертя, зони нечутливості при реверсуванні та ін.), нехтувати якими в цих умовах неможливо. Одним із ефективних способів підвищення точності мікроподач є використання спеціальних пружних кінематичних пристроїв, що виконують функції пружних напрямних чи пружних шарнірів та суттєво зменшують вплив нелінійностей в кінематичних передачах на точність позиціонування [1].

Аналіз технологічних можливостей сучасних прецизійних токарних верстатів та типових деталей, що обробляються на них, дозволяє встановити основні вимоги до пристроїв малих переміщень, а саме: - діапазон малих переміщень не перевищує 0,3 мм; - точність крокового позиціонування до $0,3 \div 0,5$ мкм; - повторюваність при позиціонуванні не гірше 0,5 мкм; - жорсткість за напрямками дії складових сили різання не нижче 20 Н/мкм; - лінійна залежність між переміщенням різального інструменту та вхідною дією в приводі; - відсутність люфтів та мертвих ходів при реверсуванні.

На рис. 1 наведено конструктивну схему різцетримача для прецизійного позиціонування різального інструменту. Різцетримач складається з основи 1, що встановлена на супорті верстата, повзуна 2 з різцем 3, зв'язаного з основою 1 пластинами 4 з пружними шарнірами *A*, *B*, *C* і *D*, що утворюють пружний паралелограм та забезпечують пружний зв'язок між основою 1 та повзуном 2 [2].

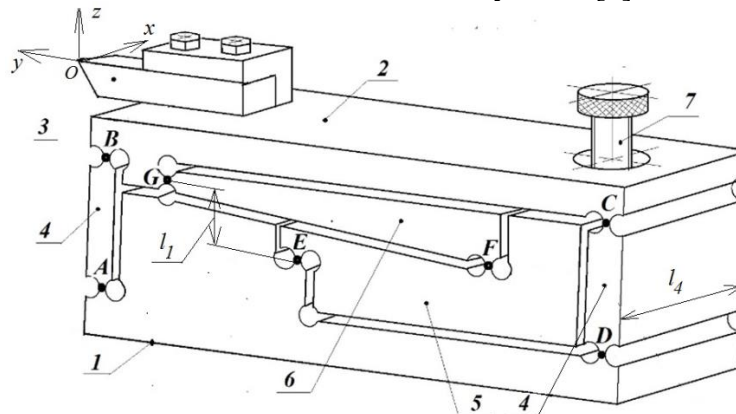


Рисунок 1 - Конструктивна схема різцетримача для прецизійного позиціонування різального інструменту

Привод позиціонування повзуна 2 складається з кривошипно-повзунного механізму з пружно-деформівними шарнірами *E*, *F* і *G*, що забезпечують пружні зв'язки між основою 1 та кривошипом 5, між кривошипом 5 та шатуном 6 та між шатуном 6 та повзуном 2. Поворот кривошипу 5 довжиною *EF* забезпечує встановлена в ньому диференціальна гвинтова передача, що з'єднує гвинт 7 із кривошипом 5 та штовхачем. В процесі прецизійної токарної обробки переміщення вершини різця 3 в напрямку до оброблюваної поверхні здійснюється поворотом диференціального гвинта 7. Важливим етапом при виборі розмірних характеристик пристрою є розрахунок передатного відношення, що зв'язує зміну кута повороту кривошипа *EF* з переміщенням різця в напрямку *Oy*. Враховуючи те, що найбільший хід різця в напрямку *Oy* не перевищує 0,3 мм, розрахунок передатного відношення доцільно представити у вигляді відношення переміщення Δ_{Oy} в напрямку *Oy* до переміщення точки *F* ($\Delta_{пр}$) внаслідок обертання гвинта 7. Передатне відношення пристрою малих переміщень при початкових даних механізму: $l_1 = 30$ мм, $l_2 = 100$ мм та $l_3 = 170$ мм, розраховане основі твердотільної моделі методом скінченних елементів, має значення $\Delta_{пр}/\Delta_{Oy} = 6,2$. Такий рівень редукції в пружній частині приводу може забезпечити регулювання в мікрометричному діапазоні за допомогою диференціального гвинтового механізму, або перейти в діапазон нанометричного позиціонування при використанні пакетної конструкції п'єзоелектричного актуатора. Жорсткість запропонованої конструкції в напрямках складових P_x , P_y та P_z сили різання складає: $c_x = 60$ Н/мкм при $l_4 = 60$ мм, $c_x = 20$ Н/мкм при $l_4 = 40$ мм, $c_y = 50$ Н/мкм та $c_z = 33$ Н/мкм. Отримані характеристики задовольняють умові забезпечення точного позиціонування різця в мікрометричному діапазоні при необхідній жорсткості пристрою в точці прикладання сили різання.

Результати виконаних розрахунків та моделювання дозволили отримати достатню базу даних для розробки подібних конструкцій пристроїв малих переміщень для конкретних типів технологічного прецизійного верстатного обладнання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шевченко О.В., Манзюк С.А. Пристрій мікропереміщень різального інструменту прецизійного токарного верстату / Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта" – Київ-Херсон: 10-13.09.2019. с. 239-241.
2. Різцетримач: Патент України на винахід № 127294: МПК В23В 29/04. Опуб. 12.07.2023, Бюл. № 28. – 4 с. (автори Шевченко О.В., Манзюк С.А.).

УДК 621.01:004.8

ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Ковалевський С.В., Сидюк Д.М., Ковалевська О.С.
Донбаська державна машинобудівна академія

В умовах сучасного машинобудування виникає необхідність підвищення ефективності виробничих процесів, зокрема через покращення якості функціональних поверхонь деталей, зниження витрат на їх обслуговування та подовження терміну служби. Однією з головних проблем є недостатня інтеграція передових технологічних методів відновлення функціональних поверхонь та систем діагностики стану об'єктів машинобудування, що призводить до неефективного використання ресурсів, зростання витрат на ремонт і обслуговування, а також до погіршення надійності обладнання. Впровадження штучного інтелекту для автоматизації процесів моніторингу, діагностики та відновлення функціональних поверхонь залишається актуальним завданням для підвищення конкурентоспроможності машинобудівних підприємств.

Метою роботи є розробка та впровадження технологічних методів створення, відновлення та діагностики функціональних поверхонь об'єктів машинобудування із застосуванням штучного інтелекту, що дозволить підвищити ефективність виробництва, зменшити витрати на обслуговування та забезпечити стабільну продуктивність і надійність обладнання на всіх етапах його життєвого циклу.

Завданням, яке спрямоване на досягнення висловленої мети, є розробка концептуальної структурної схеми інтеграції штучного інтелекту в процеси моніторингу, діагностики та відновлення функціональних поверхонь об'єктів машинобудування на всіх етапах їх життєвого циклу. Схема повинна відображати системний підхід до збору, обробки даних і прогнозування стану функціональних поверхонь, забезпечуючи основу для подальшої програмної реалізації алгоритму моніторингу та діагностики функціональних поверхонь об'єктів машинобудування із застосуванням штучного інтелекту для своєчасного виявлення зносу та прогнозування необхідності відновлювальних робіт..

Сучасні технології штучного інтелекту пропонують широкий спектр інструментів і методів, які можна адаптувати для вирішення проблем економічного розвитку, в тому числі шляхом розвитку промислового сектору економіки [1,2,3]. Особливо актуальним є питання застосування ШІ в контексті відновлення та розвитку України, яка переживає значні потрясіння внаслідок економічних криз, військових конфліктів чи стихійних лих.

У документі [4] розглядається життєвий цикл технології, зазначається, що життєвий цикл будь-якого технологічного продукту починається з інновації, проходить через стадії зростання, зрілості та, зрештою, занепаду. Важливим аспектом є те, що технологічний розвиток впливає на виробничі процеси на кожній стадії життєвого циклу, що робить завдання підтримки життєвого циклу критичним для збереження конкурентоспроможності виробництва. У роботах [4,5] підкреслюється важливість підтримки життєвого циклу в контексті сталого розвитку. У ньому йдеться про те, що впровадження ШІ може сприяти кращому управлінню життєвим циклом об'єктів, забезпеченню ефективного використання ресурсів і зменшенню впливу на навколишнє середовище. Це особливо важливо в контексті глобального переходу до більш сталого суспільства, де підтримка життєвого циклу об'єктів має ключове значення. У документі [6] також зазначається, що питання життєвого циклу об'єктів і технологій є центральним у контексті цифрової трансформації, де застарілі системи можуть стати суттєвою перешкодою для розвитку. Це підкреслює необхідність розробки систем, здатних ефективно адаптуватися до змін, забезпечуючи довгострокову функціональність і підтримку життєвого циклу. Ці твердження підтверджують важливість системного підходу до підтримки життєвого циклу будь-яких об'єктів у сучасних умовах розвитку технологій та управління ними. Важливість забезпечення поточного життєвого циклу штучного інтелекту (ШІ) на кожному етапі його існування згадується в кількох джерелах. Перший етап, розробка та впровадження, є критично важливим, оскільки на цьому етапі важливо розглянути майбутні оновлення та інтеграцію ШІ з іншими системами. У документі [5] наголошується на важливості дотримання нормативних вимог та етичних стандартів на всіх етапах розробки ШІ, забезпечення його актуальності та відповідності стандартам якості під час експлуатації [7]. На етапі експлуатації необхідне постійне оновлення алгоритмів штучного інтелекту з урахуванням нових даних і змін у середовищі. У документі [8] зазначено, що для успішного впровадження ШІ в нових технологічних середовищах, таких як 5G, необхідно забезпечити безперервне оновлення та підтримку систем, які включають ШІ, для забезпечення їх актуальності та ефективності [9]. Регулярне оновлення та технічне обслуговування ШІ мають вирішальне значення для його ефективного функціонування протягом усього життєвого циклу. У документі [10] обговорюється необхідність постійного моніторингу та оновлення систем штучного інтелекту для забезпечення їх актуальності, особливо в кризових ситуаціях, коли своєчасне оновлення може мати вирішальне значення [11]. Таким чином, забезпечення поточного життєвого циклу ШІ на кожному етапі його існування має важливе значення для підтримки його ефективності, безпеки та відповідності сучасним стандартам. Обслуговування та підтримка життєвого циклу об'єктів машинобудування з використанням штучного інтелекту (ШІ) може здійснюватися на всіх етапах від проектування до утилізації. Життєвий цикл об'єктів машинобудування – це складний процес, що складається з декількох етапів, кожен з яких є критичним для досягнення кінцевого результату.

На підставі цього аналізу запропоновано концептуальну схему інтеграції штучного інтелекту в життєвий цикл виробничих об'єктів, яка включає кілька ключових етапів, кожен з яких взаємопов'язаний і підтримується використанням сучасних технологій штучного інтелекту (ШІ), а також технологічних процесів для створення та відновлення функціональних поверхонь частин (рис.1).

Схема управління життєвим циклом об'єктів машинобудування складається з кількох ключових етапів, кожен з яких є критичним для досягнення високої якості продукції та оптимізації витрат. Перший етап — проектування, де визначаються основні параметри продукту, такі як геометрія, матеріали, функціональні вимоги та технічні характеристики. У цьому процесі ШІ відіграє важливу роль, зокрема в оптимізації конструкції, враховуючи вимоги до міцності, ваги та вартості. Генеративний дизайн,

також заснований на штучному інтелекті, дозволяє створювати інноваційні дизайни, які відповідають заданим параметрам за допомогою алгоритмів машинного навчання. Аналіз напруги та деформації за допомогою ШІ прогнозує поведінку матеріалів під навантаженням, скорочуючи час і вартість фізичних експериментів. Крім того, моделювання різних сценаріїв використання та впливу зовнішніх факторів на продукти за допомогою ШІ дозволяє передбачити їх довговічність і надійність.

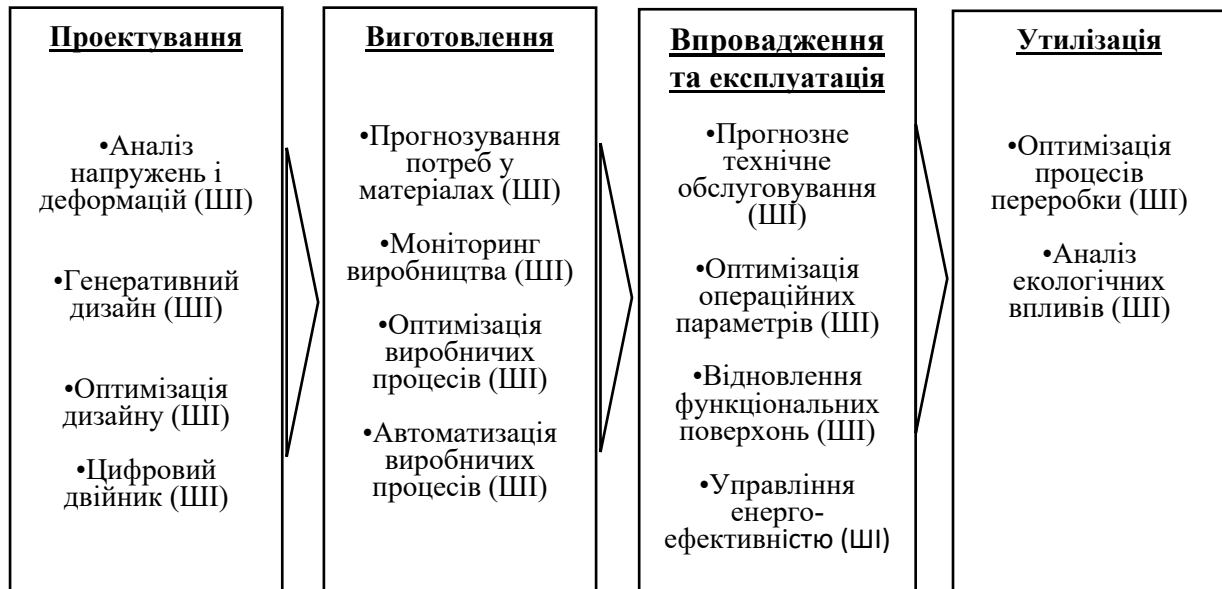


Рисунок 1. Інтеграція штучного інтелекту в життєвий цикл виробничих об'єктів

Після завершення етапу проектування слідує етап впровадження, який включає процеси підготовки до виробництва, виробничі процеси та контроль якості. На цьому етапі ШІ використовується для автоматизації виробничих процесів, скорочення часу простою та підвищення ефективності виробництва. Важливим аспектом є прогнозування матеріально-ресурсної потреби, що дозволяє оптимізувати закупівлі та логістику з урахуванням попиту та матеріальної забезпеченості. AI також забезпечує постійний моніторинг виробництва в реальному часі, виявляючи аномалії та негайно реагуючи на них, забезпечуючи безперебійну роботу. Важливою складовою цього етапу є створення функціональних поверхонь деталей, які забезпечують їх довговічність і надійність в процесі експлуатації. Етап експлуатації охоплює період, протягом якого виріб виконує свої функції за призначенням. Прогнозне технічне обслуговування, засноване на аналізі даних датчиків за допомогою штучного інтелекту, дозволяє передбачити знос і ймовірність поломки обладнання, допомагаючи уникнути незапланованих простоїв і мінімізувати витрати на ремонт. ШІ також використовується для автоматичного налаштування робочих параметрів обладнання для досягнення оптимальної продуктивності та ефективності. Управління енергією за допомогою штучного інтелекту дозволяє оптимізувати енергоспоживання на основі аналізу умов праці та вимог, зменшити витрати та мінімізувати вплив на навколишнє середовище. Крім того, на цьому етапі відновлення функціональних поверхонь має вирішальне значення, оскільки це подовжує термін служби деталей і зменшує витрати на заміну. Оптимізація — це наступний етап життєвого циклу, на якому аналізуються та вдосконалюються існуючі процеси, продукти та системи. Аналіз даних і машинне навчання дозволяють виявити можливості для підвищення якості продукції та зниження витрат. Створення цифрового двійника реальних об'єктів дозволяє аналізувати, тестувати та оптимізувати їх роботу в реальному часі без ризику для фактичного обладнання. ШІ також реалізує адаптивні стратегії управління виробництвом, що дозволяє швидко реагувати на зміни умов праці та

вимог ринку. Реставрація функціональних поверхонь на цьому етапі також важлива, оскільки вдосконалення технологій реставрації може значно збільшити термін служби виробу та знизити витрати на обслуговування. Останнім етапом життєвого циклу є утилізація та переробка, яка включає процеси збору, сортування, обробки та переробки використаних продуктів і матеріалів. AI допомагає оптимізувати процеси утилізації, керувати логістикою утилізації та відновлювати матеріали та компоненти для повторного використання, зменшуючи вплив на навколишнє середовище та підвищуючи ефективність утилізації. Аналіз впливу на навколишнє середовище за допомогою ШІ дозволяє моделювати наслідки різних стратегій утилізації та вибирати найбільш ефективні та екологічно безпечні рішення. Прогнозування довговічності матеріалів на основі аналізу зносу та їхніх властивостей допомагає визначити найбільш прийнятний метод утилізації. На всіх етапах життєвого циклу навчання та розвиток персоналу є вирішальними. Навчання на основі моделювання у віртуальній реальності дозволяє операторам безпечно освоювати нові технології та процеси. Використання алгоритмів AI для створення персоналізованих програм навчання, які враховують поточні навички та потреби співробітників, забезпечує більш ефективне навчання, спрямоване на досягнення конкретних завдань і цілей компанії. Інтеграція та взаємодія систем критично важливі для забезпечення безперебійної роботи підприємства. Використання Інтернету речей (IoT) і уніфікованих платформ з підтримкою ШІ дозволяє інтегрувати різні системи управління, забезпечуючи їх ефективну взаємодію. AI аналізує та оптимізує ланцюжки поставок, знижуючи витрати та покращуючи координацію між постачальниками та виробниками, що є важливим для своєчасного постачання матеріалів та управління відходами. Таким чином, комплексний підхід до управління життєвим циклом об'єктів машинобудування, що поєднує сучасні технології ШІ та традиційні технологічні процеси, значно підвищує ефективність виробництва, забезпечує високу якість продукції та мінімізує витрати на всіх етапах життєвого циклу. Проте кожен етап потребує системного, комплексного вирішення питань безперервної діагностики та постійного прийняття обґрунтованих рішень для підтримки оптимального стану життєвого циклу об'єкта. Щоб інтегрувати діагностику об'єктів життєвого циклу (LCO) в існуючу схему, необхідно включити новий елемент, який буде взаємодіяти з різними етапами LCO, де діагностика відіграє ключову роль у підтримці та оптимізації продуктивності об'єкта. Зокрема, цей елемент, який передбачає використання штучного інтелекту (AI) для безперервного моніторингу та аналізу стану об'єкта, дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормальної роботи, сигналізувати про знос, несправність або потреби в обслуговуванні. На етапі проектування діагностичні можливості передбачені та включені в дизайн виробу. Це означає, що вбудовані засоби моніторингу та збору даних, які використовуватимуться для подальшої діагностики, оптимізуючи конструкцію для спрощення майбутніх діагностичних заходів, тим самим зменшуючи витрати на експлуатацію та обслуговування. На етапі впровадження виконується початкове налаштування діагностичних систем, встановлення датчиків і налаштування алгоритму ШІ для моніторингу, що забезпечує постійний контроль якості та раннє виявлення проблем під час початкових операцій. Основний робочий етап передбачає безперервний моніторинг стану об'єкта, де ШІ аналізує дані датчиків для виявлення потенційних проблем. Це особливо важливо для запобігання несподіваним збоям, мінімізації часу простою та забезпечення безперебійної роботи обладнання. Зібрані діагностичні дані використовуються для подальшої оптимізації роботи обладнання та процесів. Це включає коригування робочих параметрів, підвищення ефективності та впровадження адаптивних стратегій управління, які визначають можливості для підвищення продуктивності та ефективності системи за допомогою точного аналізу стану об'єктів. На етапі остаточної утилізації діагностика оцінює стан об'єктів перед демонтажем, визначає можливості повторного використання компонентів або матеріалів. Ця інформація має вирішальне значення для прийняття обґрунтованих рішень щодо

переробки чи утилізації на основі фактичного стану об'єктів. Тому діагностика стану об'єкта за допомогою ШІ є критично важливою складовою на всіх етапах життєвого циклу об'єкта машинобудування. Він забезпечує безперервний моніторинг стану об'єкта, вчасно виявляє потенційні проблеми та запобігає їх переростанню у серйозні несправності. Це, в свою чергу, підвищує надійність, безпеку та економічну ефективність виробничих процесів і експлуатації обладнання. Інтеграція діагностики на кожному етапі життєвого циклу дозволяє підприємствам оптимізувати свої процеси, забезпечуючи високу якість продукції, ефективне використання ресурсів і зниження витрат на обслуговування та ремонт.

Висновки. Доведено, що застосування технологічних методів створення функціональних поверхонь, їх відновлення та діагностики стану об'єктів машинобудування є ключовими для підвищення ефективності та надійності виробничих процесів. Створення функціональних поверхонь за допомогою інноваційних технологій, зокрема штучного інтелекту (ШІ), дозволяє значно покращити експлуатаційні характеристики деталей, зокрема їх довговічність та зносостійкість. Використання ШІ для моніторингу стану функціональних поверхонь у режимі реального часу надає можливість вчасно виявляти ознаки зносу, що дозволяє мінімізувати ризики несправностей та непланованих простоїв. Відновлення функціональних поверхонь із застосуванням передових технологій, таких як лазерне наплавлення або адитивні методи, підтримувані ШІ, суттєво подовжує термін служби деталей, зменшуючи витрати на заміну та ремонт. Автоматизовані системи діагностики, що використовують машинне навчання для аналізу зібраних даних, допомагають не лише виявляти потенційні проблеми, але й прогнозувати необхідні дії для підтримання оптимального стану об'єктів. Отримані результати досліджень підтверджують, що інтеграція технологій створення, відновлення та діагностики функціональних поверхонь на всіх етапах життєвого циклу машинобудівних об'єктів дозволяє забезпечити їх стабільну продуктивність, підвищити економічну ефективність виробництва та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Технології ШІ надають інструменти для впровадження адаптивних підходів до управління життєвим циклом об'єктів, що дозволяє досягати високої якості продукції та скорочувати витрати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine: monograph /Under the general editorship of A. Shevchenko]. Kyiv: IAIP, 2023. 305 p. https://doi.org/10.15407/development_strategy_2023
2. S. V. Kovalevskyy, 'Artificial Intelligence as a Driver of Socio-Economic System Transformation in Ukraine', *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, 22(3), 2024, Pages 296-304. Google Scholar.
3. I. Sikorska, T. Gerasymchuk, 'Shared Endeavours: Universities and Communities Join Efforts for Ukraine's Post-War Recovery', *Geopolitical, Social Security and Freedom Journal*, 6(1-2), 134-148. Google Scholar.
4. A. K. Mallik, 'The future of the technology-based manufacturing in the European Union', *Results in Engineering*, Volume 19, 2023, 101356. Google Scholar.
5. C. Cancela-Outeda, 'The EU's AI act: A framework for collaborative governance', *Internet of Things*, Volume 27, 2024, 101291. Google Scholar.
6. Z. Irani, R. M. Abril, V. Weerakkody, A. Omar, U. Sivarajah, 'The impact of legacy systems on digital transformation in European public administration: Lesson learned from a multi case analysis', *Government Information Quarterly*, Volume 40, Issue 1, 2023, 101784. Google Scholar.

7. S. Masiero, J. Qosaj, V. Cutrona, 'Digital Datasheet model: enhancing value of AI digital platforms', *Procedia Computer Science*, Volume 232, 2024, Pages 149-158. Google Scholar.
8. P. L. Parcu, A. R. Pisarkiewicz, C. Carrozza, N. Innocenti, 'The future of 5G and beyond: Leadership, deployment and European policies', *Telecommunications Policy*, Volume 47, Issue 9, 2023, 102622. Google Scholar.
9. R. Costa Climent, D. M. Haftor, M. W. Staniewski, 'AI-enabled business models for competitive advantage', *Journal of Innovation & Knowledge*, Volume 9, Issue 3, 2024, 100532. Google Scholar.
10. A. S. Albahri, Y. L. Khaleel, M. A. Habeeb, R. D. Ismael, Q. A. Hameed, M. Deveci, R. Z. Homod, O. S. Albahri, A. H. Alamoodi, L. Alzubaidi, 'A systematic review of trustworthy artificial intelligence applications in natural disasters', *Computers and Electrical Engineering*, Volume 118, Part B, 2024, 109409. Google Scholar.
11. T. Kinder, J. Stenvall, E. Koskimies, H. Webb, S. Janenova, 'Local public services and the ethical deployment of artificial intelligence', *Government Information Quarterly*, Volume 40, Issue 4, 2023, 101865. Google Scholar.

УДК 004.8

АРХІТЕКТУРА ТРАНСФОРМЕР У ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ

Козлов С. Л., д.т.н., проф. Кашканов А. А., к.т.н, проф. Колесницький О. К.
Вінницький національний технічний університет

Застосування згорткових та генеративно-змагальних нейронних мереж (ЗНМ та ГЗНМ) активно досліджувалось для вирішення задачі super-resolution (SR) протягом останніх 10 років і дозволило досягти високого рівня якості відновлення. Однак, незважаючи на успіхи ЗНМ, існують обмеження, пов'язані з властивістю локальності ЗНМ, що не дозволяє ефективно моделювати далекосяжні залежності, а також із статичністю ваг згорткових фільтрів. ГЗНМ зосереджені на генерації зображень привабливих для ока, проте, схильні до генерації артефактів та нестабільні в навчанні.

Архітектура трансформер, початково розроблена для задач обробки природної мови (ОПМ), змінила підхід до вирішення задач обробки інформації завдяки впровадженню механізму самоуваги. Уперше цей підхід був представлений у роботі [1], і дозволив моделі мережі вловлювати залежності між елементами вхідних даних незалежно від їхньої позиції.

Пізніше архітектура трансформер була адаптована і до задач комп'ютерного зору. У [2] запропоновано Visual Transformer (ViT) для вирішення задачі класифікації зображень. У ViT зображення представляють у вигляді вкладень фрагментів, аналогічно до вкладень токенів у випадку з ОПМ. Для цього зображення розбивають на частини, кожен з яких представляють у вигляді одновимірного вектора, вкладення фрагментів отримують за допомогою лінійного перетворення зазначених раніше одновимірних векторів. В подальшому цей набір вкладень подається на вхід класичного трансформера.

Першим застосуванням архітектури трансформер до задачі super-resolution стала модель Image progressing transformer (IPT) [3], що заснована на підходах запропонованих у ViT та використовує субпіксельний згортковий [4] шар для відновлення зображення високої роздільної здатності. Ця модель показала значний приріст продуктивності у задачі

SR у порівнянні з актуальними на той час ЗНМ, наприклад RCAN [5]. Проте, необхідно зазначити, що модель IPT містить 114М параметрів проти 16М у RCAN. Окрім того, було показано, що при навчанні на обмеженому наборі даних (менше ніж 60% набору даних ImageNet) IPT показує гіршу продуктивність ніж актуальні ЗНМ, проте, продуктивність зростає при збільшенні розмірів тренувального набору.

Ефективне застосування архітектури трансформер до задач комп'ютерного зору пов'язане з викликами, які витікають з відмінностей між візуальним і мовленнєвим доменами. Перша відмінність - масштаб. Зазвичай зображення містять візуальні елементи різних масштабів, що ускладнює їх обробку за допомогою архітектури трансформер, який аналогічно до обробки токенів в ОПМ, працює з фрагментами одного розміру. Друга - об'єм інформації, адже обчислювальна складність обрахунку самоуваги квадратична довжині вхідної послідовності, що стає особливо критичним при обробці зображень високої роздільної здатності.

У [6] представлено Swin Transformer – візуальний трансформер загального призначення, який пропонує підходи до вирішення означених складнощів. Для підвищення ефективності пропонується застосувати механізм локальної самоуваги, при якому самоувага буде обраховуватися не для всього набору вхідних вкладень, а лише для обмежених вікон самоуваги – частин набору вкладень $N \times N$ фрагментів. Що дозволяє отримати лінійну обчислювальну складність відносно розмірів зображення. При цьому, для збереження зв'язків між візуальними елементами, які потрапили до різних вікон необхідно “зсувати” вікна при обрахунку самоуваги в глибших шарах мережі.

Мережа **SwinIR** [7] заснована на ідеях з Swin Transformer, показала приріст PSNR у межах 0.08-0.28dB відносно IPT, за умови **значно** менших розмірів 11.8М і навчанні на значно меншому наборі даних, заклавши ґрунтовну основу для майбутніх досліджень. **SwinIR** побудована за архітектурою подібною до RCAN і складається з: модуля виділення поверхневих ознак, модуля виділення глибоких ознак і модуля відновлення зображення високої роздільної здатності. Модуль виділення поверхневих ознак являє собою згортковий шар і забезпечує виділення поверхневих ознак та переведення зображення в простір вищої мірності для подальшої обробки модулем виділення глибоких ознак. Модуль виділення глибоких ознак складається з N_{RG} залишкових груп (RG, residual group) та згорткового шару. Кожна RG складається з N_{TB} блоків трансформера (TB, transformer block) і згорткового шару. У випадку **SwinIR** TB – блок трансформера ViT, з тією відмінністю, що тут застосована локальна самоувага з зсувними вікнами. Поверхневі і глибокі ознаки агрегуються перед модулем відновлення зображення високої роздільної здатності, який у випадку задачі SR являє собою субпіксельний згортковий шар [4].

Мережі запропоновані в подальших роботах мають архітектуру подібну до SwinIR і зосереджені, головним чином, на пошуках ефективного способу залучення більшої кількості глобальної інформації, за умови збереження розмірів мережі, розмірів вікон локальної самоуваги та розміру тренувального набору даних.

У таблиці 1 наведено порівняння характеристик і продуктивності нейронних мереж для вирішення задачі SR побудованих на основі архітектури трансформер. Порівняння проведено на тестовому наборі даних Urban100 з коефіцієнтом збільшення $\times 4$. Також наведено актуальні ЗНМ з механізмами каналної та нелокальної розрідженої уваги - RCAN та NLSA [8]. За основу для порівняння обрано мережу SwinIR, у колонках $\Delta PSNR$ та $\Delta SSIM$ наведено зміну зазначених метрик відносно SwinIR.

Таблиця 1

Порівняння параметрів і продуктивності мереж SR, побудованих на основі архітектури трансформер

Дата публікації	Мережа	Навчальний набір	Розмір вікна самоуваги	К-сть параметрів $\times 10^6$	PSNR	SSIM	Δ PSNR	Δ SSIM
Особливості								
2018	RCAN ^[5]	DIV2K		16.0	26.82	0.8087	-0.63	-0.0167
12.2020	IPT ^[3]	ImageNet		115.5	27.26		-0.19	
2021	NLSA ^[8]	DIV2K ^[11]			26.96	0.8109	-0.49	-0.0145
08.2021	SwinIR ^[7]		8x8	11.8	27.45	0.8254	0	0
12.2021	EDT ^[9]	DF2K ^[11, 38]	6x24	11.7	27.46	0.8246	0.01	-0.0008
Хрестоподібне вікно локальної самоуваги.								
05.2022	HAT ^[10]	DF2K	16x16	20.8	27.97	0.8368	0.52	0.0114
ТВ розширено за допомогою блоку каналної самоуваги розташованого паралельно до блоку просторової самоуваги.								
08.2022	SwinFIR ^[11]	DF2K	12x12	14.0	27.87	0.8348	0.42	<u>0.0094</u>
Кожну RG розширено за допомогою Spatial-frequency block (SFB), що застосовує перетворення Фур'є для виділення глобальних ознак.								
01.2022	ART ^[12]	DF2K	8x8	16.5	27.77	0.8321	0.32	0.0067
Застосування розрідженої самоуваги – фрагменти у вікнах самоуваги розташовані на певній відстані один від одного.								
11.2022	CAT ^[13]	DF2K	4x16	16.6	27.62	0.8292	0.17	0.0038
Хрестоподібне вікно самоуваги; Кожен ТВ розширено за допомогою Locality complementary module (LCM), який являє собою згортковий шар по матриці V, розташований паралельно блоку самоуваги.								
03.2023	RGT ^[14]	DF2K	8x32	13.3	27.98	0.8369	0.53	0.0115
Хрестоподібне вікно самоуваги; Матриці K та V стиснуто по просторовій розмірності за допомогою рекурсивного застосування згорткового шару;								
03.2023	SRFormer ^[15]	DF2K	24x24	10.4	27.68	0.8311	0.23	0.0057
Зменшено каналну розмірність матриць K та V, завдяки чому збільшено просторовий розмір вікна самоуваги.								
05.2023	DWT ^[16]	DF2K	16x16	12.0	27.81	0.8324	0.36	0.0070
Застосування розрідженої самоуваги – фрагменти у вікнах самоуваги								

розташовані на певній відстані один від одного, інтервал між фрагментами збільшується із збільшеннями глибини мережі.								
08.2023	DAT ^[17]	DF2K	8x32	14.8	27.87	0.8343	0.42	0.0089
Почергове застосування ТВ каналної і просторової самоуваги; Кожен ТВ розширено згортковим шаром по V паралельно до блоку самоуваги і модулем Adaptive interaction module (AIM), який дозволяє ефективно об'єднати ознаки, отримані з блоку самоуваги та згорткового шару.								
02.2024	Uniwin ^[18]	DF2K	9x9	12.0	27.90	0.8362	<u>0.45</u>	<u>0.0108</u>
Застосовано ковзні вікна самоуваги.								

Очевидно, що площа вікна уваги безпосередньо впливає на продуктивність, що підтверджує важливість глобальної інформації для вирішення задачі SR. Таким чином, пошук ефективних шляхів залучення якомога більшої кількості глобальної інформації залишається актуальним. Наразі, найкращі результати показали **DWT**, де застосована розріджена самоувага зі змінним інтервалом та **Uniwin**, у якому запропоновано застосування ковзних вікон уваги. Слід також відзначити підхід, застосований у **RGT**, де пропонується використати рекурсивний згортковий шар для стиснення вхідної мапи ознак по просторовій розмірності перед обчисленням самоуваги.

Розширення блоку трансформера згортковими шарами паралельно до блоків самоуваги, що запропоновано у мережах **CAT**, **HAT** та **DAT** також складає позитивний ефект на продуктивність у задачі SR. Це може свідчити або про обмежені можливості трансформера у виділенні локальних ознак, або про нестачу просторової інформації і потребує подальшого дослідження.

Мережі **HAT** та **DAT** також показали високу продуктивність, що свідчить про позитивний ефект від застосування каналної уваги. Отже, ознаки в каналній розмірності також мають різну вагу, що робить скорочення каналної розмірності цікавим напрямком досліджень, адже це має дозволити не лише збільшити продуктивність, а і скоротити час обрахунку. Подібний підхід застосовано у **SRFormer**.

Варто відзначити високе значення метрики SSIM за умови невеликого вікна самоуваги для мережі **SwinFIR**, що може свідчити про позитивний ефект від застосування частотного представлення інформації для задачі SR і також вимагає подальшого дослідження.

Висновки

1. Застосування архітектури трансформер до задачі SR дозволило досягти значного приросту продуктивності (Δ PSNR: 0.5-1.2 dB, Δ SSIM: 0.0055-0.0234) в порівнянні з актуальними підходами на основі глибоких нейронних мереж, таких як ЗНМ або ГЗНМ.

2. Проте, застосування архітектури трансформер до задачі SR пов'язане з рядом викликів, а саме: висока обчислювальна складність у випадку застосування глобальної самоуваги, обмеженість у захопленні просторової інформації, необхідність пошуку компромісу між обчислювальною складністю і об'ємом залученої глобальної інформації, висока ємність мереж, заснованих на архітектурі трансформер і, як наслідок, необхідність у великих об'ємах тренувальних даних.

3. Оглянуті роботи, у більшості своїй, сфокусовані на пошуку компромісу між об'ємом залученої глобальної інформації і обчислювальною складністю. Для чого впроваджують і досліджують різні форми локальної самоуваги, і, наразі, можна стверджувати, що розріджена самоувага забезпечує найкращий результат. Альтернативним підходом є запропонований у RGT метод стиснення вхідної мапи ознак перед застосуванням самоуваги. Комбінація архітектури трансформер зі ЗНМ, застосування каналної самоуваги та використання частотного представлення інформації також є перспективними напрямками досліджень.

1. ЛІТЕРАТУРА

1. Attention is All you Need [Electronic resource] / Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems, 4 – 9 December 2024. – Access mode: https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2017/hash/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845aa-Abstract.html (date of access: 02.09.2024).

2. An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale [Electronic resource] / A. Dosovitskiy, L. Beyer, A. Kolesnikov [et al.] // International Conference on Learning Representations, 3–7 May 2021. – Access mode: <https://openreview.net/pdf?id=YicbFdNTTy> (date of access: 02.09.2024).

3. Pre-Trained Image Processing Transformer [Electronic resource] / Hanting Chen, Yunhe Wang, Tianyu Guo [et al.] // 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Nashville, TN, USA, 20 – 25 June 2021. – Access mode: <https://doi.org/10.1109/cvpr46437.2021.01212> (date of access: 02.09.2024).

4. Real-Time Single Image and Video Super-Resolution Using an Efficient Sub-Pixel Convolutional Neural Network [Electronic resource] / Wenzhe Shi, Jose Caballero, Ferenc Huszar [et al.] // 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 27–30 June 2016. – Access mode: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.207> (date of access: 02.09.2024).

5. Image Super-Resolution Using Very Deep Residual Channel Attention Networks [Electronic resource] / Zhang Yulun, Kunpeng Li, Kai Li [et al.] // Computer Vision – ECCV 2018, Munich, 8–14 September 2018. – P. 294 – 310. – Access mode: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01234-2_18 (date of access: 02.09.2024).

6. Swin Transformer: Hierarchical Vision Transformer using Shifted Windows [Electronic resource] / Ze Liu, Yutong Lin, Yue Cao, Han Hu [et al.] // 2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), Montreal, QC, Canada, 10–17 October 2021. – Access mode: <https://doi.org/10.1109/iccv48922.2021.00986> (date of access: 02.09.2024).

7. SwinIR: Image Restoration Using Swin Transformer [Electronic resource] / Jingyun Liang, Jiezhong Cao, Guolei Sun [et al.] // 2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW), Montreal, BC, Canada, 11–17 October. 2021. – Access mode: <https://doi.org/10.1109/iccvw54120.2021.00210> (date of access: 02.09.2024).

8. Image Super-Resolution with Non-Local Sparse Attention [Electronic resource] / Yiqun Mei, Yuchen Fan, Yuqian Zhou // 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Nashville, TN, USA, 20 – 25 June 2021. – Access mode : <https://doi.org/10.1109/cvpr46437.2021.00352> (date of access: 02.09.2024).

9. On Efficient Transformer-Based Image Pre-training for Low-Level Vision [Electronic resource] / Wenbo Li, Xin Lu, Shengju Qian, [et al.] // International Joint Conference on Artificial Intelligence, Macao, 19–25 August 2024. – Access mode: <https://www.ijcai.org/proceedings/2023/0121.pdf> (date of access: 02.09.2024).

10. Activating More Pixels in Image Super-Resolution Transformer [Electronic resource] / Xiangyu Chen, Xintao Wang, Jiantao Zhou [et al.] // 2023 IEEE/CVF Conference on Computer

Vision and Pattern Recognition (CVPR), Vancouver, BC, Canada, 17–24 June 2023. – Access mode : <https://doi.org/10.1109/cvpr52729.2023.02142> (date of access: 02.09.2024).

11. SwinFIR: Revisiting the SwinIR with Fast Fourier Convolution and Improved Training for Image Super-Resolution [Electronic resource] / Dafeng Zhang, Feiyu Huang, Shizhuo Liu [et al.]. : arxiv.org, 2023. – 14 p. – Access mode: <https://arxiv.org/pdf/2208.11247.pdf> (date of access: 02.09.2024).

12. Accurate Image Restoration with Attention Retractable Transformer [Electronic resource] / Jiale Zhang, Yulun Zhang, Jinjin Gu [et al.] // The Eleventh International Conference on Learning Representations, Kigali, 30 April – 5 May 2023. – Access mode : <https://openreview.net/pdf?id=lloMJ5rqfnt> (date of access: 02.09.2024).

13. Cross Aggregation Transformer for Image Restoration [Electronic resource] /Zheng Chen, Yulun Zhang, Jinjin Gu [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems, New Orleans, 11–19 December 2022. – Access mode: <https://openreview.net/forum?id=wQ2QNNP8GtM> (date of access: 02.09.2024).

14. Recursive Generalization Transformer for Image Super-Resolution [Electronic resource] / Zheng Chen, Yulun Zhang, Jinjin Gu [et al.] // The Twelfth International Conference on Learning Representations, Vienna, 7–11 May 2024. – Access mode: <https://openreview.net/forum?id=owziuM1nsR> (date of access: 02.09.2024).

15. SRFormer: Permuted Self-Attention for Single Image Super-Resolution [Electronic resource] / Yupeng Zhou, Zhen Li, Chun-Le Guo [et al.] // 2023 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), Paris, France, 1–6 October 2023. – Access mode: <https://doi.org/10.1109/iccv51070.2023.01174> (date of access: 02.09.2024).

16. Image Super-Resolution Using Dilated Window Transformer [Electronic resource] / Soobin Park, Yong Suk Choi // IEEE Access. – 2023. – P. 1. – Access mode: <https://doi.org/10.1109/access.2023.3284539> (date of access: 02.09.2024).

17. Dual Aggregation Transformer for Image Super-Resolution [Electronic resource] / Zheng Chen, Yulun Zhang, Jinjin Gu [et al.] // 2023 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), Paris, France, 1–6 October 2023. – Access mode: <https://doi.org/10.1109/iccv51070.2023.01131> (date of access: 02.09.2024).

18. Image Super-Resolution with Unified-Window Attention [Electronic resource] / Gunhee Cho, Yong Suk Choi // IEEE Access. – 2024. – P. 1. – Access mode: <https://doi.org/10.1109/access.2024.3368436> (date of access: 02.09.2024).

УДК 621.914.3

ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОМПОНОВОК ВЕРСТАТИВ З МЕХАНІЗМАМИ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

Дмитрієв Д.О., Крижановський Б.Ю.
Херсонський національний технічний університет

При оцінці переваг нових машин, обладнання і нових технологій необхідно враховувати як технічні так і економічні характеристики. В системі сучасних ринкових відносин складно оцінити конкурентно-спроможність технічного рівня нового обладнання і що можливо виконати тільки в порівнянні з вже існуючими зразками верстатів з механізмами паралельної структури (МПС). Як правило, це виконується за головними показниками ефективності - маневреність виконавчого органу (ВО), точність позиціювання, вантажність, швидкодія, надійність. На рівні компоновальних схем визначення головних показників ускладнюється тим, що при впровадженні нової

техніки, в якій використані нові винаходи, для підготовки виробництва виникає потреба в проведенні низки заходів спрямованих на розробку конструкції дослідних і дослідно-промислових зразків верстатів з МПС, проведення теоретичних і експериментальних досліджень, аналіз попиту на нову техніку (маркетинг).

Прогнозування ефективності використання запропонованих каркасних компоновок верстатів з МПС і ланками постійної довжини виконано спираючись на методичні рекомендації "Визначення прибутку від використання об'єктів промислової власності" затверджені Укрпатентом від 26.08.98 [1]. В даній роботі для оцінки технічного рівня нових компоновок за основний критерій прийнято критерій технологічних можливостей КТМ.

$$K_{TM} = \varepsilon \frac{A_C + k_y \cdot A_y + k_{01} \cdot A_{01} + k_{02} \cdot A_{02}}{A_C + A_y + A_{01} + A_{02} + A_{03}}, \quad (1)$$

де A_C – кількість найменувань стандартних чи отримуваних у готовому вигляді елементів;

A_y – уніфіковані елементи, які запозичені із існуючих технологічних систем;

A_{01} – оригінальні елементи, виготовлення яких не викликає труднощів;

A_{02} – оригінальні елементи, виготовлення яких викликає значні труднощі, проте їх можна подолати;

A_{03} – оригінальні елементи, виготовлення яких викликає принципові труднощі, які поки що неможливо подолати ($\varepsilon = 1$ при $A_{03} = 0$, $\varepsilon = 0$ при $A_{03} > 0$);

k_y, k_{01}, k_{02} – вагові коефіцієнти ($k_y > k_{01} > k_{02}$)/

Показник K_{TM} відображає простоту і принципову можливість виготовлення компоновки, за умови одного рівня щодо вартості і складності інструментальної системи та системи керування в аналогах. При цьому, критерій технологічних можливостей характеризує фактор спадковості в техніці і стимулює виключення абсолютно нетехнологічних елементів A_{03} і мінімізацію елементів A_{02}, A_{01}, A_y у відповідності з їх ваговими коефіцієнтами. При переході від одного покоління системи до іншого критерій K_{TM} сприяє зберіганню і використанню перевірених практикою функціональних елементів і технологій.

В таблиці наведено результати оцінки критерію технологічних можливостей за складом основних модулів K_{TM} для виготовлення найбільш популярних типів верстатів з МПС і запропонованим варіантом каркасної компоновки. В розрахунок прийнято значення вагових коефіцієнтів $k_y=0,7$; $k_{01}=0,2$; $k_{02}=0,1$.

Вочевидь постає тенденція – зменшення кількості елементів із групи A_{01} та A_{02} до модулів, що отримуються в готовому вигляді A_C підвищує критерій технологічності майже в 2 рази. Такими модулями виступають напрямні із рухомими каретками, стрижні постійної довжини і стандартні модулі з класичною кінематикою (хрестовий або поворотний верстатний стіл) замість телескопічних штанг.

Основним недоліком за критерієм технологічності, є відсутність уніфікації модулів, що виготовляються для впровадження верстатів з МПС, що можна розглядати як резерв в підвищенні їх технічного рівня.

Таблиця

Рівень технологічності при виготовленні верстатів з МПС

Тип верстату	Найменування елементу / кількість				K_{TM}
	A_c	A_y	A_{01}	A_{02}	
HEXAPOD	приводи (двигуни)/ 6	0	несуча основа / 1	штанга змінної довжини/ 6	0,338
			шарніри Кардана / 6	сферичні шарніри/ 6	
			рухома платформа / 1		
TRICEPT	приводи (двигуни)/ 3	0	несуча основа/ 1	штанга змінної довжини/ 3	0,352
	поворотна головка / 1		шарніри Кардана/ 4	сферичні шарніри/ 3	
			рухома платформа/ 1		
			центральна штанга / 1		
HEXAGLIDE	приводи (двигуни) / 6	0	несуча основа / 1	сферичні шарніри/ 6	0,481
	напрямні із рухомими каретками / 6		рухома платформа / 1		
			шарніри Кардана / 6		
			штанга постійної довжини / 6		
Каркасна пірамідальна компоновка з хрестовим столом	приводи (двигуни) / 3	0	рухома платформа / 1	сферичні шарніри/ 3	0,606
	напрямні із рухомими каретками / 3		циліндричні шарніри / 3		
	нижня основа / 1				
	хрестовий стіл / 1				

Висновки. На сьогодні, межі витрат на металоємність та виготовлення основних модулів для верстатів з МПС оцінюються в діапазоні 250 тис. – 300 тис. грн. і вище. Дані розрахунків показують, що орієнтовний економічний ефект від впровадження каркасних компоновок свердлильно-фрезерних верстатів із штангами постійної довжини можна очікувати від 104,785 тис. до 245 тис. грн.

Література

1. Методики вартісної оцінки прав інтелектуальної власності: Збірник / Укл. Прахов Б.Г., Цибульов П.М. – К.: УкрІНТЕІ, 1999. – 216 с.

УДК 621.914.3

СУПЕРПОЗИЦІЯ ВИКОНАВЧИХ РУХІВ ЛАНОК МАНІПУЛЯТОРА БІГЛАЙДА

Дмитрієв Д.О.

Херсонський національний технічний університет

В результаті візуального моделювання формують рухів кінематичних ланок механізмів паралельної структури (МПС) стає очевидним багатоваріантність способів потрапляння характерної точки виконавчого органу (ВО) в потрібне місце робочого простору верстату [1, 2]. Тобто стратегія формують рухів вихідної ланки МПС обумовлена суперпозицією приводних кінематичних ланцюгів в процесі керування переміщенням кінців стрижнів, шарнірно-з'єднаних з рухомими каретками на напрямних верстату [3]. Під суперпозицією треба розуміти результуючий ефект від декількох незалежних дій, тобто, положення вихідної ланки МПС виражається як сума ефектів, що викликані переміщенням кожного повзуна від окремого приводу подач.

Просторові МПС складаються з кінематичних ланцюгів замкнутого контуру трикутної форми. Тому, розглянемо елементарні рухи кареток біглайду при позиціонуванні ВО з початкового положення (точка 1) у цільову точку 2 (рис. 1).

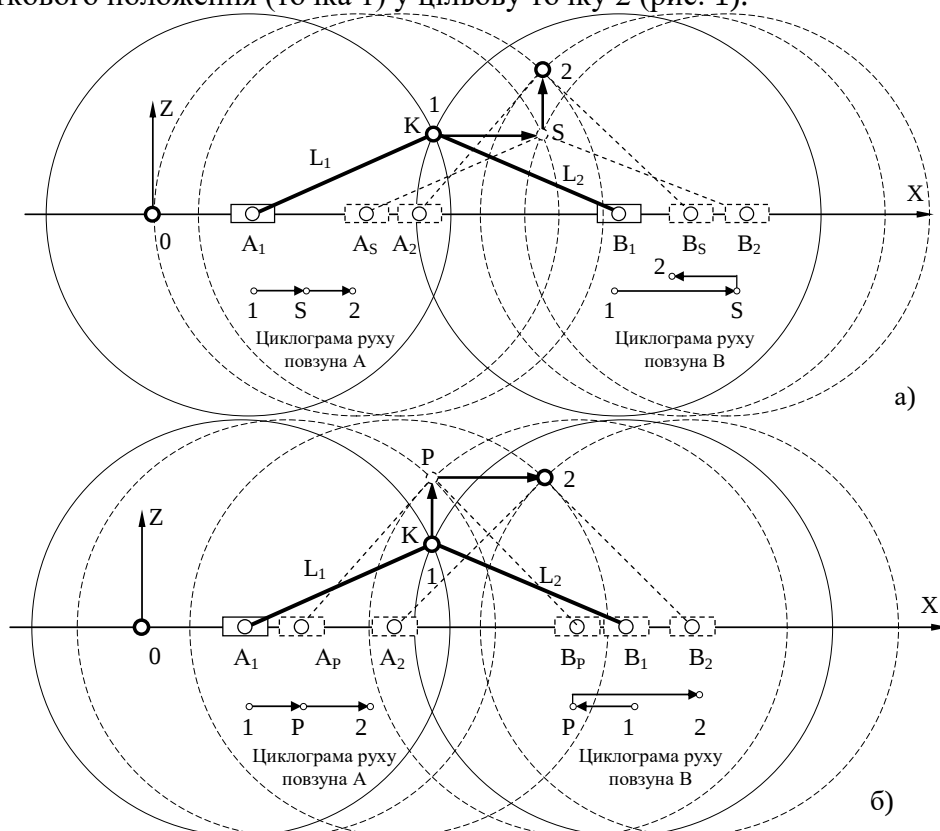


Рис.1. Суперпозиція кінематичних ланок при лінійному переміщенні вихідної ланки

Прийmemo, що $x_1 \neq x_2$; $z_1 \neq z_2$; $x_1 < x_2$; $z_1 < z_2$. Стратегія позиціонування в найпростішому випадку може складатися з двох послідовних циклів лінійного переміщення: 1 - переміщення точки K уздовж координати X ($x_K = x_2$; $z_K = z_1$; $V_A = V_B$); 2 - переміщення точки K уздовж координати Z ($x_K = x_2$;

$z_K = z_2; V_A = -V_B$) (рис.1, а). Або навпаки: 1 - переміщення точки K уздовж координати Z ($z_K = z_2; x_K = x_1; V_A = -V_B$); 2 - переміщення точки K уздовж координати X ($x_K = x_2; z_K = z_2; V_A = V_B$) (рис.1, б).

В даному випадку переміщення точки K здійснюється по траєкторії правильного чотирикутника з вершинами $1(x_1z_1), P(x_1z_2), 2(x_2z_2), S(x_2z_1)$ з будь-якого боку від точки 1 до точки 2.

Іншим варіантом може бути аналогічне переміщення точки K , яке складається з двох циклів, однак один з них виконується нелінійно по дузі кола, коли один з двигунів заблоковано до досягнення точкою K положення $z_K = z_2$ або $x_K = x_2$, а другий - лінійне переміщення уздовж іншої координати (рис.2). Наприклад, перший варіант: 1 - переміщення точки K уздовж дуги кола 1-Р радіусом L_2 до $z_K = z_2$; $x_K \neq x_1 \neq x_2$; $V_A = t$; $V_B = 0$); 2 - переміщення точки K уздовж координати X Р-2 ($x_K = x_2; z_K = z_2; V_A = V_B$) (рис.2, а). Другий варіант: 1 - переміщення точки K уздовж координати X 1-S ($x_K \neq x_2; z_K \neq z_2; x_K = x_S; z_K = z_S; V_A = V_B$); 2 - переміщення точки K уздовж дуги кола S-2 радіусом L_2 до $z_K = z_2$; $x_K = x_2$; $V_A = t$; $V_B = 0$) (рис.2, б).

В цьому випадку траєкторія переміщень складається з двох дуг і відрізків, $1(x_1z_1), P(x_Pz_2), 2(x_2z_2), S(x_Sz_S)$, де $(x_1z_1), (x_Pz_2)$ - дуга 1-Р, $(x_2z_2), (x_Sz_S)$ - дуга 2-S, $(x_Pz_2), (x_2z_2)$ і $(x_1z_1), (x_Sz_S)$ - відрізки Р-2 і S-2, відповідно.

Аналіз наведених схем показує, що найбільш зручним з точки зору керування і динаміки МПС будуть двоциклові переміщення (рис. 7.9) тому, що рух повзунів A і B у двох циклах має один напрямок, тоді як переміщення за схемою (рис.1) передбачає перемикавання одного приводу на зворотній рух повзуна при другому циклі.

Визначені цикли можуть бути реалізовані при лінійній інтерполяції для керування переміщенням ВО одночасно по двом координатам (рис.3). При цьому, стратегію (рис.3, а) доцільно використовувати для прямих з кутом нахилу більше 45° , а схему (рис.3, б) з нахилом до 45° як найбільш наближені до заданої прямої. Стратегія, подана на рис. 2, взагалі не підходить для даної задачі тому, що вимагає зміни напрямку руху одного з повзунів на кожному кроці інтерполяції.

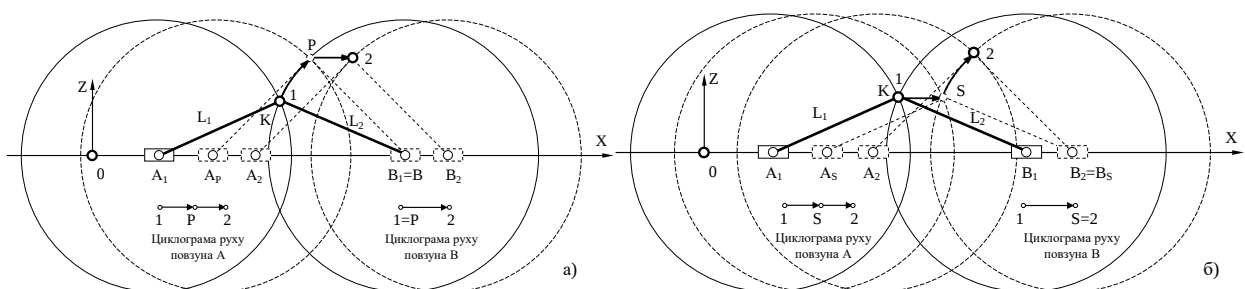


Рис.2. Варіанти керування ВО при переміщенні вихідної ланки за двома циклами

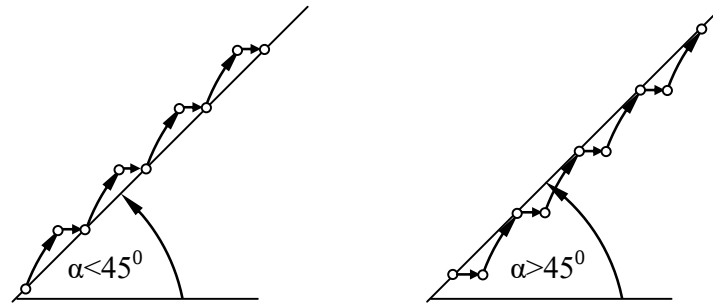


Рис.3. Варіанти лінійної інтерполяції при переміщенні ВО по двом координатам одночасно

Можливе одночасне переміщення кареток A і B з постійною швидкістю по напрямним верстату, яке в сукупності задає складний рух точки K .

$$\begin{aligned} x_K &= (x_A^2 - x_B^2 + L_2^2 - L_1^2) / 2 \cdot (x_B - x_A); \\ z_K &= 2 \cdot (x_A^2 \cdot (L_2^2 + L_1^2) + x_B^2 \cdot (L_2^2 + L_1^2) - \frac{L_1^4 - L_2^4}{2} + L_1^2 L_2^2 + \\ &+ 2(x_A^3 x_B - x_B^3 x_A) - 2x_A \cdot x_B \cdot (L_1^2 + L_2^2) - \frac{x_A^4 - x_B^4}{2} - 3x_A^2 x_B^2)^{0.5}. \end{aligned} \quad (1)$$

Якщо прийняти час відпрацювання переміщень приводів нижніх кінців штанг однаковий $t_A = t_B = t$, швидкості повзунів A і B не будуть дорівнювати одна одній $V_A \neq V_B$. Тобто при переміщенні повзунів із A_1 в A_2 , B_1 в B_2 за однаковий час t їх швидкості знаходяться у співвідношенні

$$t = \frac{A_1 A_2}{V_A} = \frac{B_1 B_2}{V_B}, \quad (2)$$

Звідки

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{A_1 A_2}{B_1 B_2} \text{ або } V_A = \left(\frac{A_1 A_2}{B_1 B_2} \right) \cdot V_B = t \cdot V_B. \quad (3)$$

Таким чином при підстановці в (1) замість x_A і x_B узагальненої координати t отримаємо траєкторію переміщень точки K при $V_A \neq V_B$ (рис.4). Дані отримано комп'ютерним моделюванням.

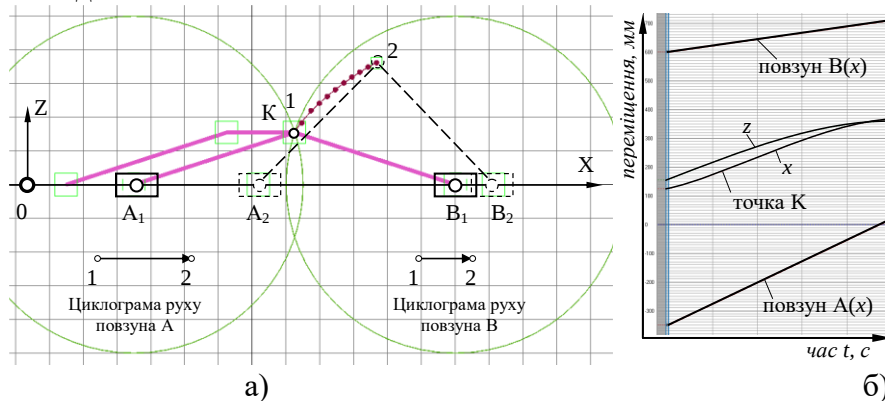


Рис.4. Відпрацюванні переміщень приводів з різними швидкостями повзунів: а – траєкторія вихідної ланки; б - графіки переміщень керованих ланок

Розглянуті випадки характеризують можливі варіанти потрапляння характерної точки ВО в точку мети за скороченою траєкторією, однак не обмежуються тільки цим. Рух ВО може бути реалізовано за багатоваріантною стратегією і виконуватись для обходження перепон (поверхонь деталі, елементів пристосувань, іншого МПС) в робочому просторі деталі. Наприклад, точка K може досягнути відповідної точки 2 по шляху лінійного переміщення повзуна A до перетину лінії кола C_{L1} з точкою 2, а потім при заблокованій каретці A виконати рух повзуна B у зворотному напрямку осі X , за рахунок чого точка K досягне цільової точки 2 по дузі кола C_{L1} (рис.5, а). В залежності від розташування в робочому просторі цільової точки суперпозиція ланок МПС може бути реалізована навпаки, суміщенням області, заданої колом C_{L2} з цільовою точкою і подальшим слідуванням точки K до потрібної координати (рис.5, б).

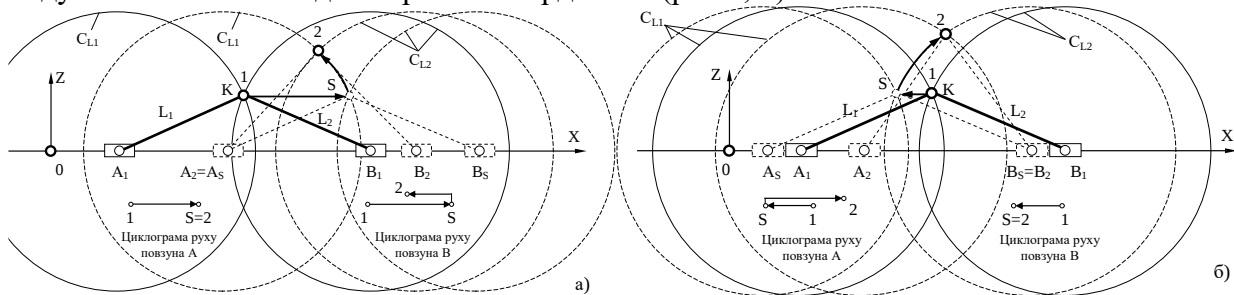


Рис.5. Суперпозиція ланок МПС для стратегій обходження перепон при потрапленні ВО в цільову точку

Трикутний контур біглайду яскраво демонструє здатність МПС виконувати кругову інтерполяцію завдяки власній природі штанг постійної довжини. Цю властивість можна ефективно використовувати для прийняття рішень щодо стратегії позиціонування ВО в робочому просторі (рис.6).

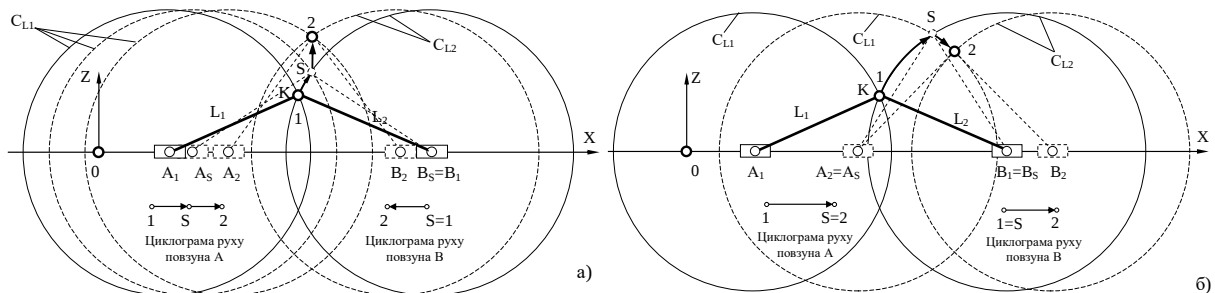


Рис.6. Суперпозиція ланок МПС для різних стратегій потрапляння ВО в цільову точку

Пропонується мінімізувати цикли відпрацювання приводів, до того ж прийняти їх одного напрямку. Для цього потрібно оцінити найкоротшу відстань від цільової точки до будь-якого кола C_{L1} або C_{L2} , що задають область визначення точки K і здійснити переміщення цієї області до цільової точки з подальшим переміщенням точки K уздовж дуги (рис.6). При цьому послідовність дій можна поміняти місцями.

Література

1. Кузнєцов Ю.М., Дмитрієв Д.О. Моделювання технологічних рухів в верстатах з паралельною кінематикою при обробці складно-профільних поверхонь // 36. наукових праць НТУ “ХП” “Современные технологии в машиностроении”, вып. 1, 2008. – С. 81-89.
2. Кузнєцов Ю.М., Дмитрієв Д.О. Візуалізація формоутворюючих рухів механізмами паралельної структури в верстатах нових компоновок // Вісник ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008, № 1, – с. 61-70.

3. Дмитрієв Д.О., Кузнецов Ю. М. Маневреність супорта в робочому просторі багатокоординатного верстату нової компоновки // Вестник Херсонського національного технічного університету. Вып. 3(32).-Херсон:ХНТУ, 2009 - С.15-21.

УДК 620.172.242

ПОРІВНЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЬОХ ВИДІВ PLA ПЛАСТИКУ ЩО ЗАСТОСОВУЄТЬСЯ ДЛЯ 3Д-ДРУКУ

Мусієнко О.С., Коломієць К.Л.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Аддитивні технології, як частина четвертої промислової революції, призвели до значних змін у підходах, як до проектування, так і до виробництва кінцевого продукту. На противагу до субтрактивних технологій, вони дозволяють швидко створювати прототипи та ітерувати їх для значного спрощення та здешевлення процесу виготовлення нових продуктів. Прикладом таких продуктів можуть бути ортези та куксоприймачі, виготовлені на 3Д-принтерах за індивідуальним 3Д-сканом пошкодженої кінцівки. Також можна навести приклад рішення від однієї з всесвітніх компаній, яка займається виготовленням офісних принтерів, вони вирішили проблему довгострокового зберігання запчастин для обслуговування їх продукції шляхом малосерійного виробництва необхідних запчастин після запиту на їх встановлення на 3Д-принтерах. Таким чином значно економлячи ресурси на довгостроковому зберіганні.

Серед основних технологій 3Д-друку можна виділити FDM – Fused Deposition Modeling, SLA – Stereolithography, SLS – Selective Laser Sintering, MJF – Multi Jet Fusion, як найбільш розповсюджені та застосовувані, зокрема, в Україні. Та все ж, найбільш доступною технологією залишається FDM. Вона полягає в пошаровому накладанні розігрітого філаменту й наступного швидкого його охолодження, за таким принципом з кожним шаром формується задуманий виріб.

Поліактид (PLA) – біорозкладний термопласт, який виготовляється на основі молочної кислоти, отриманої з відновлювальних ресурсів. На практиці застосовується як звичайний PLA пластик, так і його варіації, які забезпечують більший спектр можливого використання цього полімерного матеріалу. Завдання роботи – зрозуміти, який пластик, серед запропонованого одним з виробників, а саме – Bambu Lab (Китай, США), може краще задовольнити вимоги, що ставляться до виробу. Зокрема, в цій роботі було порівняно класичний PLA, PLA-Support та наповнений вуглецевими волокнами PLA-CF.

Для проведення експериментів були підготовані стандартні зразки, згідно стандарту ДСТУ EN ISO 527-2:2018 [1] на Рис. 1.. Надруковані на 3Д-принтері Bambu Lab X1-Carbon, при орієнтації шарів $+45^{\circ}/-45^{\circ}$; товщині шарів 50...300 мікрон; діаметру монофіламенту 1,75 мм; робочою температурою екструдера 220 С; швидкістю друку 30...60мм/с. Експериментальні випробування проводились на універсальній розривній машині TIRAtest-2151 при швидкості переміщення траверси 10 мм/хв.

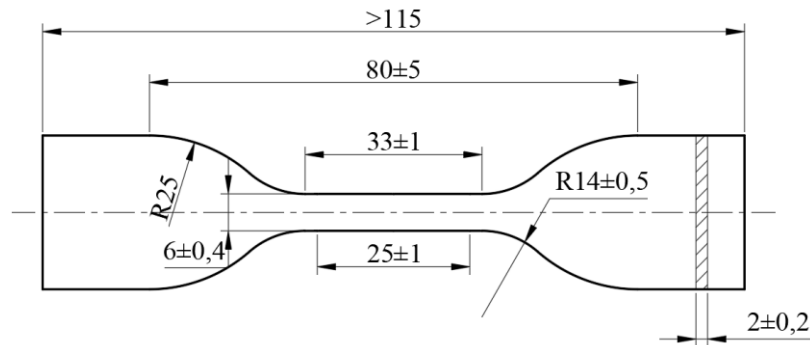


Рис. 1. Схема плоского зразка типу I відповідно до ДСТУ EN ISO 527-2:2018



Рис. 2. Зразок з PLA в затискачах установки

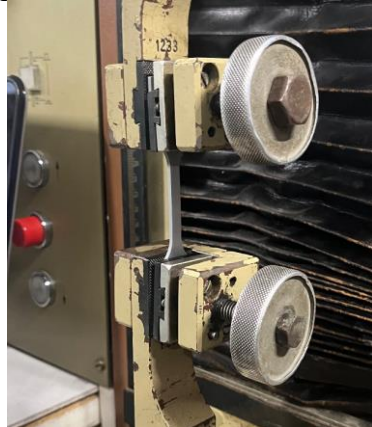


Рис. 3. Зразок з PLA-Support в затискачах установки



Рис. 4. Зразок з PLA-CF в затискачах установки

Для кожного матеріалу було випробувано по п'ять зразків. Після обробки результатів та їх усереднення, було отримано діаграми розтягу, зображені на Рис. 5.

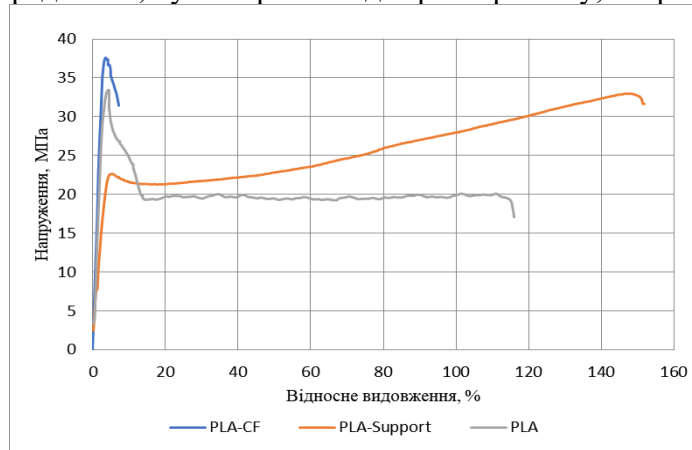


Рис. 5. Діаграма розтягу в координатах «Напруження – Відносне видовження» для зразків з PLA, PLA-Support та PLA-CF.

Висновки. Отже, було визначено, що для PLA-CF має найбільшу межу пропорційності в 32,7 МПа та межу міцності в 28,7 МПа та майже відсутню пластичну зону. Тобто, наповнений вуглецевими волокнами PLA найкраще підходить для виробів, для яких робота в пластичній зоні не передбачається та очікується вищі показники міцності в пружній зоні ніж у своїх аналогів. Для класичного PLA отримали межу міцності в 17,05 МПа, проте межу пропорційності в 30,7 МПа. Тобто, на відміну від PLA-CF, такий пластик має застосування і для виробів, які можуть навантажуватись поза границю

пропорційності. А ось PLA-Support продемонстрував найбільшу границю міцності в 32,14 МПа, проте нижчу границю пропорційності 26,65 МПа.

ЛІТЕРАТУРА

14. ДСТУ EN ISO 527-3:2017. Пластмаси. Визначення властивостей під час розтягування. Частина 3. Умови випробування для плівок і листів (EN ISO 527-3:1995; AC:2002, IDT; ISO 527-3:1995; Cor.1:2001, IDT).
15. Ребристый Д. І., Мусієнко О. С., Фам Дик Куан. Дослідження механічних характеристик пластиків для 3D друку при статичному розтягу. XIV Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні 2021»
16. Шидловський М. С., Бабенко А. Є., Боронко О. А., Заховайко О. П., Трубачев С. І. Нові матеріали: частина 2 – Експериментальні методи досліджень механічних властивостей конструкційних полімерів та пластмас. [Текст]: Навчальний посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» спеціалізації «Динаміка і міцність машин». – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 265 с.

УДК 621.9

АНАЛІЗ КІНЕМАТИЧНИХ КУТІВ ЧИСТОВОГО РІЗЦЯ ПРИ НАРІЗАННІ ПРЯМОКУТНИХ РІЗЕЙ ХОДОВИХ ГВИНТІВ

Крупа В.В., Коновалов Д.О.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Проведено аналіз методів нарізання прямокутної різі ходових гвинтів [1-2], зокрема нарізання різі різцями, фрезою, гребінками та вихровим методом. Встановлено, що найпродуктивнішими є вихровий метод, а також нарізання одонитковою або багатонитковою фрезою. Проте для різей ходових гвинтів підвищеної точності застосовують частіше метод нарізання різцями [1-2]. Різі з великим кроком, а також різі підвищеної точності нарізають декількома різцями: одним-трьома чорновими і одним двома чистовими.

Встановлено, що ходових гвинтах є значний перепад між внутрішнім та зовнішнім діаметрами різі, а відповідно і швидкостей різання. Наприклад, різ із зовнішнім діаметром 50 мм та кроком 12 мм має внутрішній діаметр 37 мм діаметром 30 мм та кроком 10 мм має внутрішній діаметр 19 мм. Такі перепади, звичайно створюють різні швидкості різання у різних точках головної різальної кромки (на вершинах різця і на периферії).

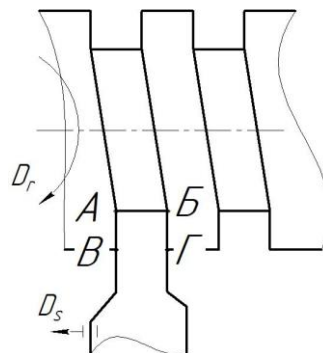


Рис.1 Схема нарізання прямокутної різі

Відповідно кінематичні кути задній α_k та передній γ_k т. А і В (рис.1) визначаються із залежностей [3]

$$\begin{aligned}\alpha_k &= \alpha - \eta \\ \gamma_k &= \gamma + \eta\end{aligned}$$

А в т. Б і Г (рис.1):

$$\begin{aligned}\alpha_k &= \alpha + \eta \\ \gamma_k &= \gamma - \eta\end{aligned}$$

Де α, γ – відповідно статичний задній та передній кут різця.

Кут підйому гвинтової лінії η визначиться за формулою [3]:

$$\eta = \arctan\left(\frac{s}{\pi D}\right)$$

де s - подача на оберт, яка рівна кроку різі;

D - діаметр гвинта в певній точці.

Визначивши значення кута підйому гвинтової лінії встановимо різницю кінематичних кутів на лівій та правій різальних кромках різця.

Результати розрахунків зведемо в таблицю.

Таблиця.1 Розрахунки елементів режиму різання та зміни кінематичних параметрів при нарізанні прямокутної різі різних діаметрів з максимальними кроками [4]

Діаметр зовнішній D , мм х P (крок)	Діаметр внутрішній, d , мм	$\eta_{A,B}, ^\circ$	$\eta_{B,\Gamma}, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$	$\alpha, ^\circ$
10x2	7,5	3,6	4,8	7,2	9,6
30x10	19	6,1	9,5	12,2	19
50x12	37	4,4	5,9	8,8	10,8
100x20	78	3,6	4,7	7,2	14,4

Як бачимо із таблиці наприклад кінематичний задній кут на стороні різальні кромці АВ (рис.) на різі з параметрами $D \times P$ 30x10 зменшується на $6,1^\circ$ градуси при вершині та на $9,5^\circ$ у точці В. При цьому різниця кінематичних кутів у точках В і Г на різі з параметрами $D \times P$ 30x10 становить 19° , а на різі 50x12 – $10,8^\circ$. Це суттєва різниця, яка спричиняє різні умови різання на різальних кромках, різні сили різання, що спричиняє додаткові навантаження на різець та його прогини.

З отриманих результатів розрахунків можна зробити наступні висновки:

1. При нарізанні прямокутної різі має місце значна зміна кінематичних задніх і передніх кутів як на головній так і на допоміжній різальних кромках
2. На головній різальній кромі відбувається значне зменшення кінематичного заднього кута різця (для діаметра $D=30 \times 10$ – на $9,5$ градуси, для $D=50 \times 12$ – на $5,9$ градуси), яке необхідно враховувати при проектуванні різця для забезпечення головної умови різання ($\alpha_k > 0$)
3. На головній допоміжній різальних кромках встановлена значна різниця (для діаметра $D=30$ – на 19 градусів) кінематичних передній кутів, що значно впливає на процес сходження стружки, зокрема на кут зсуву.
4. Зміна як переднього так і заднього кутів вздовж різальних кромок може значно впливати на якісні показники різі, яка нарізається.
5. Доцільно детальніше зупинитись на дослідженнях гвинтів діаметрами 20-50 мм, у яких ймовірно найбільші перепади кінематичних задніх кутів на різальних кромках.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування: підручник. Житомир, ЖДТУ, 2005. 876 с.
2. Теорія різання та інструмент: Навчальний посібник/ Веселовська Н.Р., Іскович-Лотоцький Р.Д., Ковальова І.М. – Вінниця: 2018. – 297 с.
3. Мазур, М. П. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур [та ін.]. — Львів : Новий світ-2000, 2010. — 422 с.
4. Ковбашин В. І., Пік А. І. Інженерна графіка / Уклад. : В. І. Ковбашин, А. І. Пік. — Тернопіль : Підручники і посібники, 2023. — 240 с.

УДК 621.95

ПЛАНУВАННЯ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ЩОДО ВЕЛИЧИНИ ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНОЇ ЗОНИ ПРИ СВЕДЛІННІ НАСКРІЗНИХ ОТВОРІВ

¹Кобельник В.Р., ¹Лещук Р.Я., ²Кобельник О.С., ¹Крупа В.В., ¹Сеник А.А.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
ВСП «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя»

Запропонована методика, сконструйований і виготовлений пристрій (рис. 1) та дослідна установка на базі ВСВ моделі 2Н118 (рис. 3) для здійснення експериментальних досліджень величини пружно-пластичної зони при виході інструмента в процесі наскрізного свердління.

Величина пружно-пластичної зони визначається віддалю від нижнього торця заготовки до дна отвору, утвореною перемичкою свердла, при якій матеріал заготовки починає «випучуватись», тобто в момент появи пружної деформації нижнього торця заготовки.

Суть запропонованої методики полягає в наступному. Заготовку (дослідний зразок рис. 2) у вигляді циліндра встановлюють у пристрій, який споряджений рівноплечим важелем, один кінець якого контактує з нижнім торцем заготовки, а інший – із, наприклад, штоком індикатора годинникового типу. Здійснюють процес свердління. При досягненні перемичкою свердла певного положення завдяки дії осьової сили, пружно-пластична зона заготовки, яка розміщена під вершиною свердла починає пружно деформуватись, що фіксується переміщенням стрілки індикатора, і подачу різко зупиняють. Віддаль, виміряна, наприклад, мікрометром, в якого одна із губок має конічний щуп, від нижнього торця заготовки до дна отвору і буде визначати величину пружно-пластичної зони.



Рисунок 1 – Пристрій для дослідження величини пружно-пластичної зони



Рисунок 2 – Зразки для дослідження величини пружно-пластичної зони

З метою одержання математичної моделі (рівняння регресії) величини пружно-пластичної зони використали методику повного факторного експерименту другого порядку (дворівневий) для двох факторів. Щоб підвищити точність опису, необхідно використовувати моделі вищого порядку. При цьому було складено ортогональний композиційний план, що дозволило використати результати повного факторного експерименту та провести дослід в додаткових точках, які відповідають ортогональному плану.



Рисунок 3– Експериментальна установка для дослідження величини пружно-пластичної зони

Використавши ВСВ мод. 2Н118 в лабораторії «Теорії різання металів» ТНТУ були проведені експериментальні дослідження. Матеріал заготовки – Сталь 45 в умовах поставки. Матеріал інструменту Р6М5. Діаметри свердл: $D_1=9$ мм; $D_2=13,5$ мм; $D_3=18$ мм. Значення подач: $S_1=0,1$ мм/об; $S_2=0,14$ мм/об; $S_3=0,2$ мм/об. Діаметри свердл підібрані так, щоб при існуючих частотах обертання шпинделя забезпечити практично постійну швидкість різання (похибка менше 10%).

Коефіцієнти розраховуються по запропонованій програмі.

Використавши критерії Стюдента та Фішера, встановили значущість коефіцієнтів та адекватність отриманої регресії.

В кінцевому результаті отримали математичну модель величини пружно-

пластичної зони у вигляді полінома другого порядку, яка подана функцією виду, поверхня відгуку якої подана на рис. 4:

$$\Delta_{n.n.}(D,S)=0,479-0,0368\cdot D-4,187\cdot S+0,0028\cdot D^2+22,8\cdot S^2+0,479\cdot D\cdot S$$

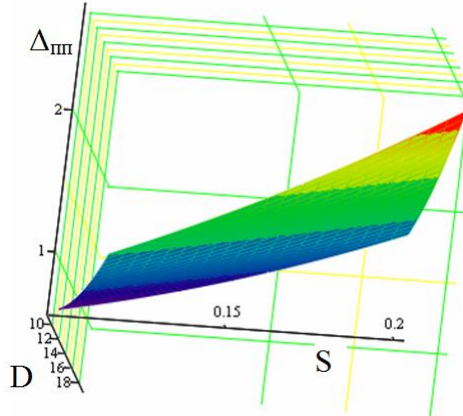


Рисунок 4 – Поверхня відгуку залежності $\Delta_{n.n.}$ від подачі та діаметра свердла

Отримані результати мають практичне значення при налагодженні конструкторсько-технологічного оснащення для зменшення подачі при виході інструмента із тіла заготовки і запобіганню при цьому поломки свердл в процесі свердління наскрізних отворів.

УДК 621.822

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПОХИБОК В СИСТЕМАХ АКТИВНОГО КОНТРОЛЮ

Денисюк В.Ю.

Луцький національний технічний університет

Прилад автоматичного контролю розмірів деталей та інструменту на металорізальних верстатах є органічною та необхідною складовою системи верстат-прилад. Точність деталей забезпечується верстатом та технологією обробки, а роль приладу зводиться до автоматизації процесу обробки шляхом видачі в систему керування верстата інформації про величину безперервно змінного припуску деталі або заготовки, інформації про швидкість знімання припуску та інші параметри циклу. Ця інформація використовується для зміни режимів різання і видачі команди закінчення обробки, тобто забезпечує зворотний зв'язок за оброблюваним розміром. Основна вимога до приладів активного контролю полягає в тому, щоб дискретна або безперервна інформація про розмір оброблюваної деталі, що надходить від приладу до системи управління верстата, з мікронною точністю відповідала розміру деталі у контрольованому перерізі. Причому ця інформація не повинна відставати за часом від швидкості знімання припуску [1].

У більшості випадків вимірювання при активному контролі на шліфувальних верстатах проводяться відносним способом шляхом налаштування приладу за атестованим зразком [2].

Для діаметральних вимірювань у системах активного контролю розмірів деталей на операціях шліфування широко використовуються двохконтактні первинні вимірювальні перетворювачі. Безсумнівна перевага за рядом експлуатаційних характеристик над системами підналагодження та одноконтактними перетворювачами, а саме: безперервний контроль поточного розміру, прямі вимірювання діаметра, а не радіусу, ігнорування впливу ряду зовнішніх чинників, що спричиняють похибки вимірювання, значне зниження впливу вібрацій на точність вимірювання, надають значні переваги у їх використанні.

Такі прилади можна розділити на прилади з однією двохконтактною вимірювальною головкою, у якій немає необхідності у додаванні сигналів, оскільки давач розміру один, та на прилади з двома одноконтактними вимірювальними головками, кожна з яких має свій давач, сигнали яких додаються.

Прилади з двома вимірювальними головками отримали широке використання оскільки мають порівняно просту конструкцію самих головок, дозволяють контролювати деталі у великому діапазоні розмірів та легко переходити від контролю розмірів внутрішніх поверхонь до контролю зовнішніх. Але у цих приладів можуть виникнути похибки, які можна назвати динамічною похибкою додавання сигналів [3, 4].

Динамічні похибки приладу викликаються його інерційністю, змінною швидкістю зміни контрольованого розміру та неправильною формою контрольованої поверхні (наприклад, некруглістю циліндричної деталі). Динамічна похибка – це різниця між похибкою приладу в динамічному режимі та його статичною похибкою в даний момент часу.

При автоматичному контролі вимірюється розмір, що безперервно змінюється, і внаслідок інерційності приладу його вихідний сигнал відстає від вхідного (розміру), а моменти видачі керуючих команд відстають від моментів досягнення розміром деталі заданого значення. В результаті деталь трохи перешліфовується. За постійної швидкості зміни контрольованого розміру виникає систематична динамічна похибка:

$$\delta_o = Vt_0, \quad (1)$$

де V – середня швидкість зміни розміру (знімання припуску), мкм/с; t_0 – середнє значення постійної часу приладу, назване часом відставання (запізнювання); він показує, наскільки вихідний сигнал (у даному випадку команда приладу) відстає від вхідного сигналу (зміни розміру) при його безперервній зміні. Ця складова частково компенсується зміщенням рівня налаштування остаточної команди і не враховується при визначенні похибки приладу.

Значно більший вплив має випадкова складова динамічної похибки, що викликається в основному змінною швидкістю зміни розміру (знімання припуску) та непостійністю часу t_0 . Її величина залежить від коливань швидкості зміни контрольованого розміру в момент наближення до закінчення обробки та видачі остаточної команди та визначається виразом:

$$\delta_o = \pm 2\sigma = \pm \sqrt{(t_0\sigma_v)^2 + (V\sigma_t)^2}, \quad (2)$$

де σ_v – середня квадратична похибка, що характеризується непостійністю швидкості зміни розміру при припиненні обробки; σ_t – середня квадратична похибка, що характеризується змінністю часу t_0 .

Швидкість знімання припуску з контрольованої деталі наприкінці обробки (при виходженні) зменшується від 5 мкм/с до майже нульового значення. Час відставання t_e сучасних індуктивних мікропроцесорних приладів становить від 0,05 до 0,1 с. У приладів з часом відставання $t_e < 0,1$ з похибки δ_o невеликі і становлять менше 0,5 мкм. Значення часу відставання t_e збільшується у приладів, призначених для контролю переривчастої

поверхні, оскільки такі прилади забезпечені демпфуючими елементами та модулями пам'яті в електронному блоці.

Динамічна похибка може виникнути також при контролі деталей, що мають відхилення геометричної форми вимірюваної поверхні. Так, при контролі діаметра овальних циліндричних деталей на контактні наконечники скоби впливає вхідна величина приблизно синусоїдальної форми з амплітудою до декількох мікрметрів і частотою 2 – 20 Гц.

Форма аналогового вихідного сигналу (струм, напруга) приладу залежить від його інерційності. У разі використання інерційного приладу (наприклад, з $t_e = 0,3$ с) вихідний сигнал усереднюється і остаточна команда видається орієнтовно за середнім розміром (у перерізі) контрольованої деталі або за розміром, що перевищує його середнє значення. Вихідний сигнал швидкодіючого приладу (наприклад, індуктивного з $t_e < 0,1$ с) практично повторюватиме вхідний сигнал, і остаточна команда видаватиметься при досягненні мінімальним розміром у контрольованому перерізі рівня налаштування.

Таким чином, при автоматичному контролі інерційним приладом розміри оброблених деталей розташовуються симетрично відносно рівня налаштування, а при контролі швидкодіючим приладом розміри деталей будуть зміщені відносно цього рівня. Тому, контроль деталей з відхиленням геометричної форми може призвести до систематичної похибки, що викликає зміщення розмірів партії оброблюваних деталей відносно рівня налаштування та випадкової похибки, що призводить до деякого додаткового розсіювання розмірів деталей. Обидві ці складові невеликі, причому систематична похибка частково компенсується при корекції налаштування приладу.

Похибка δ_n виникає через нестабільність положення контактних наконечників на контрольованій поверхні. Ці похибки можуть мати систематичну та випадкову складові. Систематична складова пов'язана з початковим неправильним положенням вимірювального оснащення відносно деталі, а випадкова – з нестабільністю його підведення. Систематична складова компенсується при налаштуванні приладу.

При зміщенні одного сферичного контактного наконечника з контрольованого діаметра (рис. 1) з'являється похибка:

$$\delta_d = d(1 - \cos\varphi) = \frac{e^2}{2(R+r)}. \quad (3)$$

Аналогічна похибка виникає від непаралельності ножеподібних вимірювальних наконечників (рис. 2).

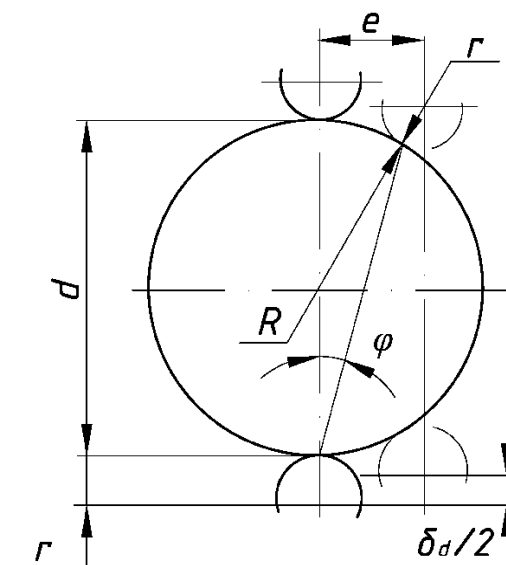


Рисунок 1 – Похибка, що виникає при

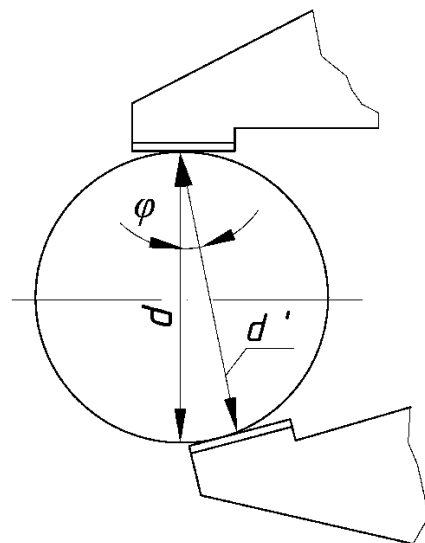


Рисунок 2 – Похибка, що виникає від

зміщенні сферичних контактних
наконечників при контролі валу

непаралельності ножеподібних контактних
наконечників

При зміщенні двох наконечників з лінії вимірювання (рис. 1) виникає похибка:

$$\delta_d = \frac{e^2}{R+r}. \quad (4)$$

З формули (4) видно, що при нестабільності підведення вимірювального пристрою в робоче положення менше 10 мкм цієї похибкою можна знехтувати.

Зношування вимірювальних наконечників викликає систематичну похибка δ_z . Параметри зношування залежать від використовуваного матеріалу для наконечників, величини вимірювального зусилля, швидкості переміщення контрольованої поверхні та часу контакту наконечників з поверхнею. Наконечники приладів виготовляють із твердого сплаву, природних та синтетичних полікристалічних алмазів. При роботі приладів на круглошліфувальних верстатах наконечники з твердого сплаву зношуються після початкового припрацювання на 2 – 4 мкм протягом зміни, а з доведених алмазів – на 0,2 – 0,5 мкм протягом зміни. При частому налаштуванні приладу (3 – 4 рази на зміну) похибка від зношування практично компенсується і може не враховуватися. При роботі приладів на верстатах-автоматах без підналаштування протягом однієї-двох змін ця похибка повністю входить у похибку приладу.

Характер розподілу випадкових складових похибок приладу та розглянутих нижче складових похибок обробки, як правило, не відомий. Вважають, що у більшості випадків вони розподілені за нормальним законом, і тоді найбільш точною характеристикою розсіювання похибки є середнє квадратичне відхилення σ . Насправді випадкові похибки приладу через їх малі долемікронні значення частіше оцінюють граничним чи довірчим значенням, або розмахом. Для похибок приладів активного контролю достатня надійність оцінки забезпечується за довірчої ймовірності $P_d = 0,95$. Тоді похибка становить $\delta = \pm 2\sigma$.

Для визначення динамічної похибки в умовах, близьких до виробничих, як правило, використовують шліфувальний верстат, на якому встановлюють спеціальну оправку, що утримує зразкову овальну деталь або мірний конус, та шайбу, яку шліфують під час циклу контролю. На зразкову деталь встановлюють вимірювальні наконечники. Під час перевірки зразкова деталь імітує зміну розміру деталі під час шліфування. В момент рівності сигналу вимірювання та встановленої опорної напруги, що поступає на пороговий пристрій, прилад видає команду, який припиняє обертання зразкової деталі. Похибка видачі команди визначається за показами приладів, встановлених на зразковій деталі [5].

В основі методу визначення впливу окремих чинників, що супроводжують процес шліфування, на динамічну похибку систем активного контролю безпосередньо у цехових умовах, лежить імітація зміни сигналу розміру шляхом подачі у нуль-орган систему каліброваного лінійного сигналу. На другий вхід нуль-органу поступає сигнал з давача, і цей сигнал включає тільки інформацію про динамічну похибку. На рисунку 3 подано часову діаграму, що ілюструє принцип цього методу, а на рисунку 4 – структурна схема пристрою, який реалізує цей метод.

Вимірювальні наконечники 1 приладу 2, який перевіряється, встановлюються на раніше обробленій у реальних умовах поверхні 3 у близькості від поверхні оброблення 4 деталі 5. Під час оброблення на виході давача 6 появляється сигнал, створюваний тільки завадами (розмір не змінюється), викликаними дією збурюючих чинників у процесі шліфування. Після підсилення та перетворення у блоці 7 сигнал вимірювання U_x поступає на вхід нуль-органу 8. Під час включення у пристрої 9 схеми 10 генератор розгортуючого типу 11, що перетворює опорну напругу приладу у спадаючу лінійну напругу $U_p(t)$, яка поступає на другий вхід нуль-органу, де порівнюється з сигналом вимірювання U_x .

Одночасно з генератором розгортування запускається пристрій часових інтервалів – секундомір 12.

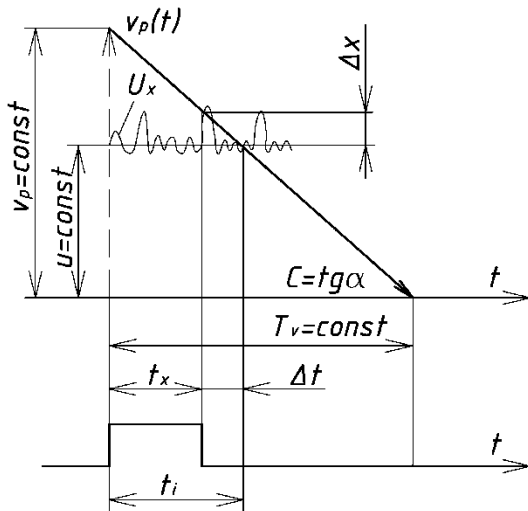


Рисунок 3 – Часова діаграма

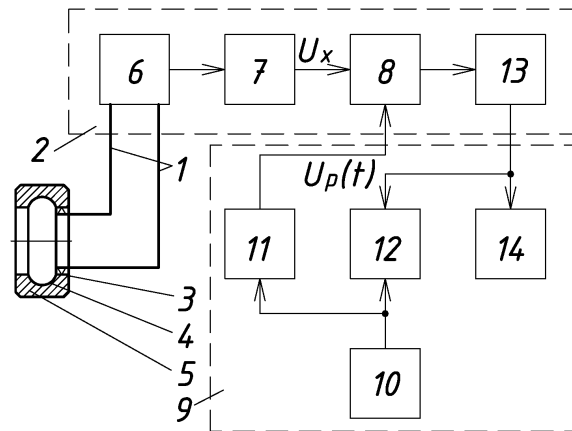


Рисунок 4 – Структурна схема пристрою для перевірки динамічної точності систем активного контролю

В момент рівності $U_p(t) = U_x$ нуль-орган видає сигнал, який через релейний елемент 13 виключає пристрій часових інтервалів 12 і включає пристрій часових інтервалів 14, яке виключається в момент відскоку шліфувального круга від поверхні оброблення. Покази пристрою 12, отримані у статичному стані вимірювання деталі, за відсутності збурюючих факторів відповідають часу t_i , а покази пристрою під час дії збурюючих факторів будуть рівні часу t_x . Оскільки сигнал $U_p(t)$ змінюється з постійною та визначеною швидкістю C мкм/с, то відрізки часу t_x і Δt будуть пропорційні значенням U_x : $t_x = U_x / C$ та $\Delta t = t_i - t_x$ якщо $U_p(t) = U_x$.

Відрізок часу Δt є динамічною похибкою в одиницях часу. Із часової діаграми випливає що $\Delta t = \Delta x / C$, відповідно, $\Delta x = C \Delta t$, де Δx – динамічна похибка, виражена в одиницях довжини. Покази пристрою часових інтервалів 14 характеризують запізнення верстату.

Порядок перевірки впливу інших факторів на динамічну похибку системи активного контролю і результати перевірки зведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вплив факторів на динамічну похибку системи активного контролю

Вид похибки	Формула	Значення похибки, мкм
Статична похибка приладу сумісно зі стендом	$6\sigma_1$	0,5
Похибка від обертання деталі	$6\sqrt{\sigma_2^2 - \sigma_1^2}$	0,66
Похибка від обертання шпинделя круга	$6\sqrt{\sigma_3^2 - \sigma_2^2}$	0,36
Похибка від осциляції шпинделя круга	$6\sqrt{\sigma_4^2 - \sigma_3^2}$	0,82
Сумарна похибка приладу (похибка видачі команд в процесі шліфування)	$6\sigma_6$	8,4
Похибка верстату	$6\sqrt{\sigma_7^2 - \sigma_1^2}$	12,42
Загальна похибка оброблення деталей	$6\sigma_7$	15,0

Окремі збурюючі чинники, що впливають на похибку приладу, визначалися з припущенням, що вплив цих чинників є некорельованим і підпорядковується нормальному закону розподілу. Середнє квадратичне значення статистичної похибки σ_1 визначалося за результатами оброблення значень t_i ; середнє квадратичне значення похибки від обертання деталі визначалося із виразу $\sqrt{\sigma_2^2 - \sigma_1^2}$, у якому σ_2 визначалося за результатами оброблення значень t_{x1} . Аналогічно визначалося середнє квадратичне значення похибок від дії інших збурюючих чинників. Значення σ_3 отримано за результатами оброблення значень t_{x2} , σ_4 – за результатами t_{x3} , σ_5 – за результатами t_{x4} , σ_6 – за результатами t_{x5} і σ_7 – за результатами t_{x6} .

Висновки. Встановлено, що розглянуті складові похибок не однаково впливають на загальну похибку приладу Δ_n . Результатом застосування управляючої програми порівняно з традиційним технологічним процесом та зменшення й стабілізації динамічної похибки вимірювання, стали наступні показники: розсіювання загальної похибки оброблення в експериментальній партії деталей (90 шт.) зменшився до 6 мкм (проти 8,5 мкм), що дає можливість повної гарантії уникнення браку з технологічним запасом у 2 мкм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Марчук В.І. Автоматизоване управління точністю оброблення деталей: монографія. / В.І. Марчук, В.Т. Михалевич – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2013. – 184 с.
2. Денисюк В.Ю. Метрологічне забезпечення точності приладів активного контролю в процесі обробки. / В.Ю.Денисюк, В.П.Симонюк, Ю.С. Лапченко, Б.І. Новосад // «Перспективні технології та прилади»: зб. статей. – 2020. – Вип. 16. – С. 38 – 47.
3. Денисюк В.Ю. Аналіз похибок обробки деталей при автоматичному розмірному контролі. / В.Ю. Денисюк, В.В. Пташенчук // «Перспективні технології та прилади»: зб. статей. – Луцьк, 2023. – Вип. 22. – С. 31 – 37.
4. Денисюк В.Ю. Аналіз особливостей конструювання та метрологічного забезпечення приладів активного контролю. / В.Ю. Денисюк // «Перспективні технології та прилади»: зб. статей. – Луцьк, 2024. – Вип. 24. – С. 32 – 37.
5. Денисюк В.Ю. Динамічні похибки в системах активного контролю та їх визначення в умовах експлуатації. / В.Ю. Денисюк // «Інформаційно-вимірювальні технології IBT-2022»: зб. тез доп. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Львів, 9–10 листопада 2022 р. – Львів, 2022. – С. 53 – 55.

УДК.621.3.078

МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ВИПРАВЛЕННЯ УТОКУ

Єдинович М.Б, Сологубов О.І.

Херсонський національний технічний університет

Перекіс утку, тобто поперечної нитки тканини, є одним з найпоширеніших дефектів у текстильному виробництві. Перекіс виникає під час обробки тканини на вибільних, фарбувальних та оздоблювальних лініях як наслідок перекосу та зношення валів обладнання, неоднакової швидкості руху тканини на технологічних переходах.

Для усунення перекосу утку найчастіше застосовують систему валів, через яку пропускають тканину шириною від 0,6 до 4,0 м, що прямує до сушильної камери зі швидкістю 20–100 м/хв [1,2]. При швидкості тканини 60 м/хв, довжина ділянки з перекосом сягає 30-40 метрів. Очевидно, що для забезпечення належної якості тканини, система виправлення перекосу повинна забезпечувати мінімальний час регулювання.

Модель взаємодії тканини з правильними валами розглянута в роботі [3] і описується наступним рівнянням:

$$\alpha(x, p) = u(p)(H_2(x, p) + H_3(x, p) - H_1(x, p)),$$

де: α - кут перекосу, x – координата установки датчика, u – вхідний вплив, передаточні функції $H_i(p), i=1,2,3$ мають значення:

$$H_1(x, p) = \frac{T_x p + 1}{\tau p^2 + T p + 1 - \theta \exp(-T p)}, \quad (1)$$

$$H_2(x, p) = \frac{K_0}{\tau p^2 + T p + 1 - \theta \exp(-T p)} \cdot \exp(-T_x p) \quad (2)$$

$$H_3(x, p) = \frac{\theta_x}{\tau p^2 + T p + 1 - \theta \exp(-T p)} \cdot \exp(-T_x p) \quad (3)$$

Параметр τ характеризує пружно-в'язкі властивості тканини, $T = L/v$ – транспортне запізнення, $T_x = x/v$, $\theta = \exp(-T/\tau)$, $\theta_x = \exp(-x/\tau v)$ – параметр релаксації, v – швидкість тканини, K_0 - коефіцієнт передачі системи вал тканина.

Перехідна характеристика системи вал–тканина, отримана унаслідок моделювання з використанням пакету Simulink відповідно до наведеної моделі показана на рис.1.

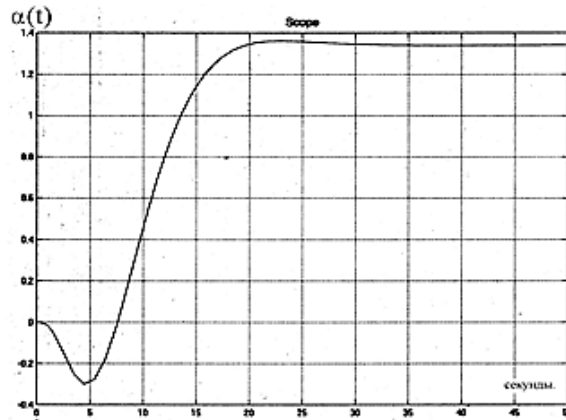


Рисунок 1 – перехідна характеристика системи вал – тканина для $\tau=1$ с.

З метою підвищення швидкодії систем з великим запізнюванням рекомендується компенсувати запізнення в оптимальних системах безпосередньо використовуючи принцип максимуму Понтрягіна [4].

Моменти перемикавання управління визначаються наступними виразами:

$$t_1 = \frac{2x_0}{k_u K} = \frac{2x_0}{k_u (K_0 + e^{(-T_x/\tau)} - 1)}$$

$$t_2 = \frac{x_0}{k_u K} = \frac{x_0}{k_u (K_0 + e^{(-T_x/\tau)} - 1)}$$

де x_0 – вхідний вплив. Таким чином, використання принципу максимуму Понтрягіна дозволяє побудувати закон оптимального управління, що легко реалізовується. Моделювання системи реалізовано у середовищі Simulink.

На рис. 2 приведено. графік перехідного процесу в системі правки утку при

використанні принципу максимуму Понтрягіна.

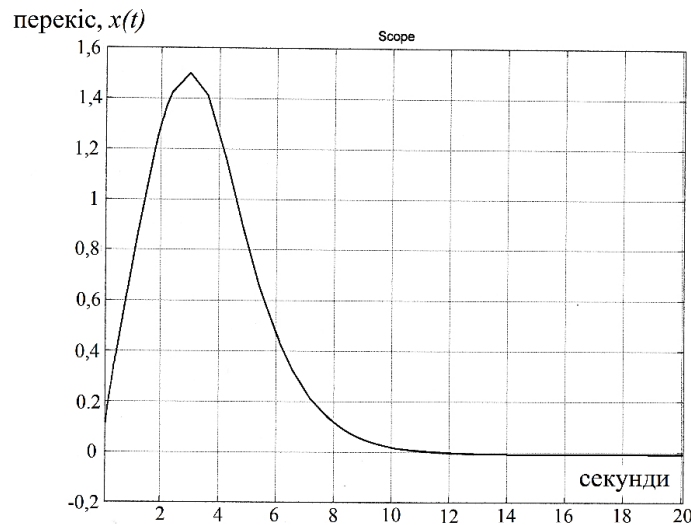


Рисунок 2 – Оптимальне управління в системі правки утку за Понтрягіним

Як видно, час регулювання складає приблизно 9 секунд, що більш ніж удвічі менше, аніж при використанні квадратичного критерію оптимальності.

Висновки і перспективи подальшого використання. Для ідентифікації моделі можна використовувати початкову ділянку розгінної характеристики системи валтканина. Використання у якості критерію оптимальності принципу максимуму Понтрягіна дозволяє більш аніж удвічі збільшити швидкодію системи. Запропонований спосіб оптимального керування правильними валами дозволяє провести модернізацію існуючих систем правки утку.

ЛІТЕРАТУРА

6. Рожков С.О. Методи і засоби оцінки якості тканин у системах керування текстильним виробництвом. Херсон: Олді-Плюс, 2011. 316 с..
7. Horrocks A.R. Handbook of Technical Textiles.:Amsterdam: Elsevier, 2000. 532 p.
8. Глазунов В.Ф, Бурков А.П. Динамическая модель процесса деформации вязкоупругого транспортируемого материала. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1985, № 6, с.66- 78.
9. Ключев А.С. Синтез быстродействующих регуляторов для объектов с запаздыванием. / А.С.Ключев, В.С.Карпов – М.: Энергоатомиздат, 1990.-176 с. ил.

УДК 621.9.06

ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ШТАМПУВАННЯ ВИГОТОВЛЕНИХ АДИТИВНИМИ МЕТОДАМИ

Нємчинов С.С., Сохан Д.В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Застосування адитивного виробництва в інструментальній промисловості має великий потенціал для зниження вартості виробництва і скорочення термінів виготовлення складного інструменту. Зокрема, можливість виготовлення інструментів для

штампування, таких як матриці та пуансони, значно розширює сферу застосування адитивних технологій.

Інструментам для штампування виготовленим адитивними методами нелегко задовольнити вимоги до терміну служби, механічних та термічних характеристик їх металевих аналогів. Це становить значну проблему для обробної промисловості. Інструменти виготовлені з металу легше відповідають вищезазначеним механічним характеристикам, а також геометричним властивостям, оскільки вони піддаються механічній обробці і, в більшості випадків, також шліфуються до потрібної точності.

В дослідженні використовувалися технології пошарового 3D друку для виготовлення штампувальних інструментів з PLA, що забезпечує достатню механічну міцність. Моделі інструментів були розроблені на основі наданих креслень деталі, після чого інструменти (рис. 1) були надруковані на 3D-принтері. Для забезпечення точності формоутворення було проведено симуляцію технологічного процесу витяжки та відбортки в програмі Deform 3D.



Рисунок 1. Надруковані інструменти для першого та другого переходу

За допомогою експерименту було підтверджено, що полімерні матеріали можуть витримувати значні навантаження при штампуванні, однак їхня довговічність є нижчою порівняно з традиційними сталевими інструментами. Аналіз результату експерименту показав, що точність штампування можна підвищити за рахунок розділення технологічних операцій витяжки та відборткування на окремі етапи. Це дозволило уникнути спотворень кінцевої форми деталі (рис. 2).



Рисунок 2. Зразок деталі після операцій формування

Висновки: В ході проведення дипломної роботи встановлено, що інструменти для листового штампування можливо виготовляти адитивними методами з використанням полімерних матеріалів. За кресленням деталі було побудовано моделі інструментів, що були виготовлені адитивними методами. На основі проведеного експерименту було виявлено, що окреме виконання технологічних операцій дозволяє покращити точність формоутворення. Після експерименту інструмент отримав незначну деформацію у місці контакту з пресом, через недостатнє заповнення матеріалом під час 3D друку і малу зону контакту. Для вирішення цієї проблеми пропонується використати повне заповнення моделей інструментів під час їх виготовлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. [High performance sheet metal forming tooling by additive. Stoll, Philipp; Spierings, Adriaan; Gebauer, Mathias; Müller, Bernhard; Polster, Stefan; Feld, Tobias; 2016](#)
2. [Sheet Metal Forming Using Additively Manufactured Polymer Tools. 2020](#)
3. [3D printing to facilitate flexible sheet metal forming production 2021](#)
4. [Extrusion-based additive manufacturing of forming and molding tools Matteo Strano 2021](#)

УДК 621.321:681.5

РОБОТОТЕХНІКА ТА АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ

Островський О.Т.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Робототехніка є галуззю, яка поєднує новітні досягнення та розробки багатьох наукових дисциплін: зокрема електроніки, радіотехніки, механіки та інформатики [1]. Нові технології в робототехніці забезпечили процвітання роботизованих механізмів у різних сферах життєдіяльності людини. Сьогодні без роботів неможливо уявити дуже багато процесів, особливо в промисловості. Верстати з числовим програмним керуванням, маніпулятори, автоматизовані виробничі лінії – не що інше як втілення технологій робототехніки [2].

Промислова робототехніка призначена для виконання основних і допоміжних операцій виробничого циклу без участі людини. Відповідно до цього роботи можуть спеціалізуватися на основних або допоміжних операціях, або бути універсальними.

Основні операції полягають в обробці, зварюванні, збірці та інших роботах, допоміжні – в переміщенні заготовок і транспортно-складських операціях. Експлуатація промислових роботів пов'язана з появою певних ризиків для людини та вимагає створення відповідних систем безпеки, хоча б у вигляді захисних огорожень [3].

Останніми роками активно розвиваються два технологічні напрями, пов'язані з промисловими роботами. Один з них – це системи, в яких роботами дистанційно керують люди або комп'ютери. Інший – механічні маніпуляційні системи, такі як «руки» або «ноги», які переміщують і маніпулюють об'єктами.

Загалом, завдання роботів, які вимагають візуального керування, можна поділити на три типи.

1. Візуальне керування об'єктом без контакту з ним. Наприклад, завдання телеуправління на основі зорового сприйняття. У таких завданнях давач сили може контролюватися в декількох підпросторах (охоронний рух), тоді як візуальний зворотний зв'язок відіграє основну роль в управлінні. Якщо виміряна сила перевищує порогове значення, рух негайно зупиняється.

2. Візуальний супровід під час контакту з об'єктом, наприклад, фрезерування, різання та свердління. У цих завданнях пропонується система виокремлює лише особливості об'єкта або місця розташування, а система автоматичного прийняття рішень визначає структуру керування відповідно до цих особливостей.

3. Візуальне керування об'єктом, що передбачає контакт і захоплення, зокрема системи сортування та палетування. У цих завданнях пропонується система виокремлює особливості цільового та навколишніх об'єктів, щоб визначити структуру керування та алгоритм захоплення.

У складних роботизованих застосунках одного типу зворотного зв'язку може бути недостатньо для досягнення бажаних цілей. Для отримання повної інформації про робоче середовище слід використовувати різні типи давачів, такі як візуальні, силові, прискорення і тактильні сенсори. З точки зору управління, більше давачів означає більше можливостей для структури системи керування.

У наукових роботах можна знайти численні алгоритми керування та різноманітні структури для керування роботами. Наприклад, в керуванні силою розрізняють явне та неявне керування силою, керування імпедансом, керування жорсткістю і допуском. Чим більше сенсорів використовується, тим більше підходів з'являється. Гібридне керування положенням/силою та гібридне керування імпедансом є прикладами підходів до керування положенням/силою. Крім того, використовуючи давачі сили і зору разом, можна знайти різні підходи, такі як спільне, обмінне та гібридне керування.

Способи калібрування роботів та автоматизованих систем відносяться до технічної, економічної, біологічної та екологічної сфер. Більшість технічних систем використовують пристрої автоматичного керування. У цьому контексті актуальним завданням для наукової спільноти є вдосконалення калібрування автоматизованих систем.

Сьогодні роботи широко використовуються в промисловості для автоматизації виробничих процесів з метою підвищення ефективності та продуктивності. Для процесів масового виробництва типовою стратегією програмування є переміщення робота в потрібну позицію, її запис і повторення. З іншого боку, таке програмування зазвичай займає багато часу і тому є економічно недоцільним в умовах дрібносерійного виробництва. У цьому контексті, стратегії автономного програмування можуть бути використані для заповнення цієї прогалини, але для виконання завдання на реальному роботі необхідна його абсолютна точність. У цьому випадку знання кінематики робота є дуже важливим.

Виробники роботів зазвичай надають номінальну кінематичну модель робота у вигляді параметрів Денавіта–Гартенберга (DH), яка різниться від реальної моделі через помилки при виготовленні та складанні робота. Часто номінальні параметри недоступні, оскільки використовуються всередині контролера робота. Все це обмежує практичне використання роботів у багатьох малооб'ємних підприємствах. Щоб зменшити

кінематичну похибку між роботами і, таким чином, забезпечити ширше практичне використання, в літературі було описано кілька онлайн- і офлайн-методів, які спрямовані на підвищення абсолютної точності робота [4].

Загалом, кінематичне калібрування можна розділити на дві групи залежно від методу вимірювання, що використовується. Метод розімкнутого контуру, який вимірює абсолютне положення робота, і метод замкнутого контуру, що вимірює положення робота відносно еталонної системи. В цілому, однак, обидва методи вимагають наявності еталонної системи вимірювання для визначення кінематичних параметрів. Також можна використовувати такі системи, як лазерні трекери, звичайні або оптичні координатно-вимірювальні машини та кульові стержні. Найдешевшою альтернативою є використання замкнутого контуру з точними вимірювальними приладами, але це вимагає ручного керування роботом. Цей метод важко автоматизувати і він впливає на загальну точність калібрування.

Дані таблиці 1 підтверджують таке: жоден з методів не вирішує завдання ідентифікації кінематичних параметрів для колаборативних роботів, які встановлені на мобільній основі, окрім системи машинного зору або системи захоплення руху Motion Capture (MoSAR). Це означає, що вказані системи можуть одночасно вимірювати початкове та кінцеве положення робота.

Нещодавні дослідження щодо кінематичного калібрування включають ітеративний процес оптимізації на основі теорії найменших квадратів для типового промислового робота з ушестеро вищою продуктивністю.

Таблиця 1

Порівняння різних вимірювальних систем для кінематичної ідентифікації [4]

Devices Features	Repeatability	MC	Port	EoU	Cost	MoB	GDP
Theodolite	5-10 mm	Static	High	Low	Medium	No	Static
Ultrasonic trilateration	1 mm	Dynamic	High	Medium	Low	No	Static
Machine vision	0.8-1 mm	Dynamic	High	Medium	Medium	Yes	Dynamic
Laser tracker	10 mm	Dynamic	High	Medium	High	No	Static
IR Motion Capture System	0.1 mm	Dynamic	Medium	Medium	Medium	Yes	Dynamic

Варто також відзначити труднощі у впровадженні технологій штучного інтелекту, які можуть вплинути на такі аспекти:

- стратегія розвитку – план досягнення однієї чи кількох довгострокових цілей відповідно до графіку, затвердженого та узгодженого з усіма зацікавленими сторонами;
- кваліфікація персоналу – необхідний рівень знань персоналу для розуміння технологічних процесів під час впровадження штучного інтелекту;
- інфраструктура – готовність апаратної та програмної бази, при цьому гостро постає питання сумісності та інтеграції різних систем [3].

Висновки. Кількість колаборативних роботів збільшується, їхня доступність покращується, вони впроваджуються в нові сфери – від виробничих ліній до нашого повсякденного оточення, тому підвищення абсолютної точності продовжує залишатися проблемою в робототехніці. У цьому контексті наше дослідження демонструє переваги та недоліки підходу до калібрування з використанням системи MoSar для налаштування параметрів роботів.

Отже, в порівнянні з іншими підходами до калібрування, такими як системи на основі лазерних трекерів або механічні вимірювальні системи, вимірювальна система MoSar може одночасно вимірювати як базове положення робота, так і кінцевий ефектор. Це дає змогу калібрувати робота в робочому середовищі без необхідності встановлювати його на спеціальний калібрувальний опорний цоколь, що здешевлює процес і робить його

гнучкішим. Водночас основним недоліком системи MoCap є те, що точність вимірювання відрізняється від точності звичайних лазерних систем відстеження. Тим не менш, це відкриває можливість використання загальнодоступного вимірювального пристрою, який можна використовувати онлайн для інших можливих застосувань в колаборативній робототехніці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Островська Г.Й., Островський О.Т. Застосування інтелектуальних інформаційних систем в контексті управління промисловими підприємствами. *Маркетинг і цифрові технології*. 2023. Том 7. № 1. С. 69–81. DOI: 10.15276/mdt.7.1.2023.5.
2. Островський О.Т. Роботизація як провідний напрям розвитку інформаційних технологій. Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Європейський досвід використання цифрових технологій в економіці в умовах пандемії COVID-19» (20 жовтня 2023 року). В межах реалізації проєкту Програми Європейського Союзу Еразмус+ напрям Жан Моне 101085727 – EU-DIGITIZATION – ERASMUS-JMO-2022-HEI-TCH-RSCH «Digitalization of the economy in the context of the Covid-19 pandemic as a strategic platform for economic development of the state». Запоріжжя, 2023. С. 357–361
3. Островська Г.Й., Островський О.Т. Штучний інтелект в умовах сучасних підприємств та маркетингових кампаній: ефективні інструменти та перспективи розвитку. *Маркетинг і цифрові технології*. 2023. Том 7, № 3. С. 66-82. DOI: 10.15276/mdt.7.3.2023.5
4. Xuan J.-Q., Xu S.-H. Review on kinematics calibration technology of serial robots. *Journal Precis. Eng. Manuf.* 2014. P. 1759-1774.
5. Hayat A.A., Boby R.A., Saha S.K. A geometric approach for kinematic identification of an industrial robot using a monocular camera. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2019. P. 329-346.

УДК 621.9:004.056

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ КРИПТОГРАФІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ БЕЗПЕКИ ВІБРАЦІЙНИХ ДАНИХ У ПРОЦЕСІ ПОСТОБРОБКИ 3D-ДРУКОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ

Розломій І.О.¹, Симонюк В.П.²

¹Черкаський державний технологічний університет

²Луцький національний технічний університет

Надзвичайно потужним напрямом у виробництві є впровадження технологій, пов'язаних із 3D-друком, який дає можливість створювати різної складності деталі з високою швидкістю та точністю [1]. Також, технологія 3D-друку часто вимагає ще одного етапу, що пов'язаний із виробництвом високоякісних друкованих деталей, це обробка виробів після 3D-друку [2].

Важливим аспектом процесу 3D-друку є постобробка, оскільки вона покращує якість, зовнішній вигляд і механічні властивості надрукованих деталей [3]. Різні технології 3D-друку, такі як стереолітографія (SLA), моделювання синтезу (FDM) і вибіркове лазерне спікання (SLS), вимагають спеціальних методів постобробки для розв'язання багатьох проблем, наприклад, лінії шару, контрольні позначки та шорсткі поверхні. Вирішивши такі проблеми, можна друкувати деталі, які відповідають галузевим вимогам і досягають бажаної функціональності та естетики.

Згідно з дослідженнями [4], ринок 3D-друку продовжує зростати в різних секторах. Наприклад, у медичній галузі 3D-друк активно використовується для створення протезів, імплантатів та хірургічних інструментів, що сприяє його швидкому зростанню. У аерокосмічній галузі 3D-друк використовується для виготовлення складних і легких компонентів, що забезпечує значне зростання цього сегменту. Автомобільна промисловість використовує 3D-друк для створення прототипів та невеликих серій деталей, що дозволяє значно скоротити час виробництва та зменшити витрати. Споживчі товари, такі як персоналізовані продукти та іграшки, також показують зростання завдяки можливостям 3D-друку.

3D-друк стає все більш популярним завдяки можливості створювати складні та індивідуальні деталі. Якість і зовнішній вигляд 3D-друкованого об'єкта часто залежить від технології та етапів постобробки [5]. Технологія постобробки не тільки покращує естетику друкованої частини виробу, але й може покращувати її механічні властивості згідно технічним вимогам.

Постобробка відіграє важливу роль у забезпеченні відповідності 3D-друкованих деталей необхідним стандартам якості та естетичного вигляду. Так, процес 3D-друку SLS може створити видимі лінії шару на поверхні деталі, що погіршує її загальну естетичну якість. Шорстка текстура поверхні теж є однією із поширених проблем деталей, надрукованих на 3D-принтері. Але такі методи обробки, як шліфування, полірування та фарбування, можуть ефективно усунути або мінімізувати ці недоліки.

У таких галузях, як аерокосмічна, автомобільна та медична, часто діють суворі правила та стандарти щодо якості, продуктивності та зовнішнього вигляду деталей. Наприклад, виробники зазвичай використовують ASME Y14.36 або ISO 21920-1 для визначення текстури поверхні. Технології постобробки, такі як шліфування, полірування, згладжування та покриття, допомагають забезпечити відповідність 3D-друкованих деталей цим стандартам, що робить їх придатними та привабливими для різноманітних застосувань.

Окрім покращення якості та зовнішнього вигляду деталей, важливим аспектом є захист інформації, яка генерується під час процесу постобробки. Параметри вібрації та інша інформація повинні шифруватися перед передачею на центральний сервер для аналізу та управління. Це дозволяє забезпечити безпеку даних і запобігти їх несанкціонованому доступу.

Це дослідження спрямоване на розробку криптографічних рішень з низькими витратами ресурсів для захисту вібраційних даних та інших операційних параметрів під час постобробки 3D-друкованих деталей.

Інтерес наукової спільноти до технологій 3D-друку та методів постобробки надрукованих деталей значно зріс за останні роки. Важливість криптографічного захисту даних у промислових застосуваннях також є предметом досліджень багатьох науковців. У роботі [6] розглядаються сучасні методи полегшеної криптографії, що можуть бути застосовані для захисту інформації в IoT пристроях. Автори пропонують використання ефективних криптографічних протоколів для захисту переданих даних у системах з обмеженими ресурсами. У [7] досліджується застосування криптографічних методів для захисту даних у промислових системах, включаючи вібраційні технології.

Проте, малодослідженими залишаються питання інтеграції криптографічних методів у процеси постобробки 3D-друкованих деталей, зокрема захист параметрів вібрації під час шліфування та полірування. Важливим аспектом є розробка ефективних методів шифрування даних, що генеруються вібраційними контейнерами, та їхня передача на центральні сервери для подальшого аналізу та управління. Це дозволить забезпечити високий рівень безпеки даних і підвищити загальну ефективність виробничих процесів.

Таким чином, існує потреба у проведенні додаткових досліджень, спрямованих на інтеграцію криптографічних протоколів у процеси постобробки 3D-друкованих деталей, зокрема розробку методів захисту параметрів вібрації та інших важливих даних.

Методологія дослідження базується на використанні різноманітних матеріалів та методів для постобробки 3D-друкованих деталей, а також на розробці методів захисту даних за допомогою полегшеної криптографії. Основні етапи дослідження включають підготовку зразків, проведення постобробки, збір та аналіз даних, а також забезпечення безпеки даних.

Для дослідження використовуються зразки, надруковані за допомогою технологій стереолітографії (SLA), моделювання синтезу (FDM) та вибіркового лазерного спікання (SLS). Кожен зразок піддається різним методам постобробки, таким як шліфування, полірування та фарбування, з метою визначення оптимальних параметрів обробки. Зразки виготовляються з різних матеріалів, включаючи фотополімери, термопласти та металеві порошки.

Методика дослідження включає наступні етапи:

1. **Підготовка зразків.** На першому етапі обираються зразки, надруковані за допомогою трьох різних технологій 3D-друку: SLA, FDM та SLS. Для кожного зразка визначаються початкові параметри поверхні, включаючи шорсткість, наявність видимих ліній шару та дефектів.
2. **Постобробка зразків.** На другому етапі зразки піддаються різним методам постобробки, включаючи механічне шліфування, полірування та фарбування. Для кожного методу використовуються різні абразивні матеріали та полірувальні пасти. Вибір режимів вібрації для контейнерів, у яких відбувається обробка, оптимізується для досягнення найкращих результатів.
3. **Збір та аналіз даних.** Після завершення постобробки проводиться аналіз якості поверхні зразків. Оцінюються параметри шорсткості, видимість ліній шару та загальний естетичний вигляд. Дані збираються за допомогою спеціалізованого обладнання, включаючи профілометри та оптичні мікроскопи.
4. **Захист даних.** Одним з важливих аспектів дослідження є забезпечення безпеки даних, що генеруються під час процесу постобробки. Для цього використовуються методи полегшеної криптографії, які дозволяють ефективно шифрувати дані з мінімальними витратами ресурсів. Дані шифруються перед передачею на центральні сервери для подальшого аналізу та управління.
5. **Інтеграція криптографічних протоколів.** На заключному етапі розробляються та впроваджуються криптографічні протоколи для захисту даних під час їх передачі від вібраційних контейнерів до центральних серверів. Вибір методів шифрування базується на їх ефективності та можливості інтеграції у системи моніторингу та контролю вібраційних процесів.

Для забезпечення високої якості 3D-друкованих деталей використовується кілька методів постобробки, включаючи шліфування, полірування, та фарбування. Шліфування та полірування допомагають усунути шорсткість поверхні та видимі лінії шару, що утворюються під час друку [8]. Використовуються різні абразивні матеріали та полірувальні пасти для досягнення бажаного рівня гладкості та естетичного вигляду.

Важливим аспектом постобробки є вибір правильних режимів вібрації для контейнерів, в яких відбувається обробка деталей. Оптимальні режими вібрації допомагають покращити якість шліфування та полірування, забезпечуючи рівномірну обробку поверхні деталей. Крім того, імпульсні методи, такі як ударний та згладжений, можуть використовуватися для підвищення ефективності постобробки.

Механічне шліфування та полірування варто застосовувати при обробці значної кількості деталей одночасно. Це вигідно з економічної точки зору. Хоча, враховуючи певні конструктивні особливості оброблюваних деталей, їх габарити, серійність

виробництва, оброблювану обмежену частку деталі при несучільній обробці та, враховуючи інші технічні, організаційні, економічні складові технологічного процесу, можна обробляти одну або більше деталей одночасно.

Обробка відбувається у спеціальному вібраційному бункері який наповнений оброблювальною сумішшю [9].

Форма і розміри вібраційного бункера можуть бути довільними. Найкраще, для одночасної обробки великої кількості виробів, застосовувати бункери кільцевої, параболічної, тороїдальної (рис. 1: a, b, c) та інших округлених форм.

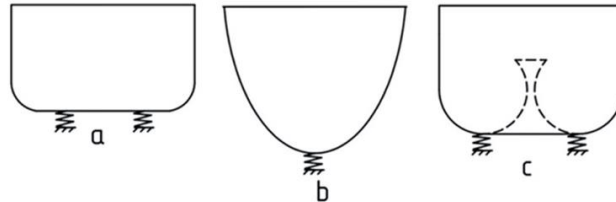


Рисунок 1 – Схеми найбільш поширених форм вібраційних бункерів

Для обробки частини поверхні деталей, необхідно захистити необроблювану частину певними засобами або спеціальним кріпленням (рис. 2).

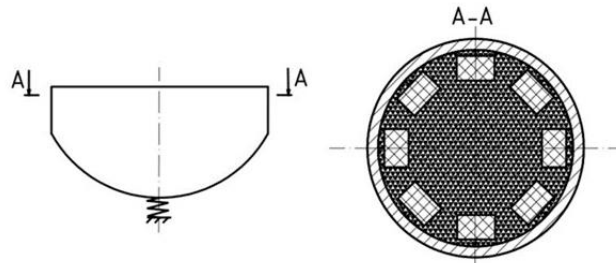


Рисунок 2 – Схема розміщення деталей із закріпленням у вібробункері із робочою сумішшю

Робочою сумішшю у вібробункері можуть бути різного роду абразивні матеріали або їх суміші в поєднанні із пом'якшуючими матеріалами та рідинними розчинами. Їх підбір та застосування залежать від багатьох технічних, економічних, наукових, дослідницьких та інших факторів.

Під час постобробки 3D-друкованих деталей виникає потреба у захисті даних, які генеруються вібраційними контейнерами та передаються на центральні сервери для подальшого аналізу та управління. Для цього використовуються методи полегшеної криптографії, що дозволяють ефективно шифрувати дані з мінімальними витратами ресурсів.

Параметри вібрації, та інша інформація необхідно шифрувати перед передачею на центральний сервер для аналізу та управління. Це забезпечує конфіденційність та цілісність даних, що передаються, і запобігає їхньому несанкціонованому доступу та модифікації.

Передача та обробка даних у системі постобробки 3D-друкованих деталей відбувається в кілька етапів, де кожен з них має важливе значення для забезпечення безпеки та якості готових виробів. Як показано на структурній схемі, дані, зібрані датчиками, проходять через локальний контролер для попередньої обробки, після чого вони шифруються та передаються через захищений канал зв'язку на центральний сервер. На сервері дані розшифровуються та аналізуються для виявлення можливих дефектів або відхилень, що дозволяє вчасно прийняти необхідні коригувальні дії. Цей процес забезпечує конфіденційність інформації та підвищує ефективність виробництва.

На рис. 3 представлена структурна схема системи постобробки 3D-друкованих деталей, яка включає інтегрований модуль шифрування для забезпечення безпеки передачі даних.

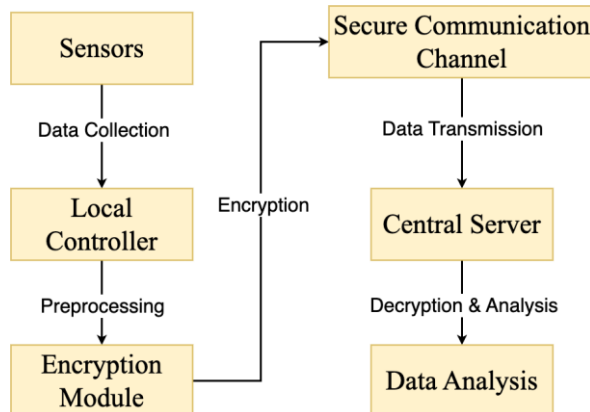


Рисунок 3 – Структурна схема системи постобробки захищених 3D-друкованих деталей
Постобробка 3D-друкованих деталей включає такі етапи:

1. Датчики збирають параметри вібрації та інші необхідні дані під час процесу постобробки.
2. Локальний контролер отримує дані від датчиків і здійснює попередню обробку, фільтрацію та агрегацію даних.
3. Після попередньої обробки дані передаються до модуля шифрування, де вони шифруються для забезпечення безпеки.
4. Шифровані дані передаються через захищений канал зв'язку на центральний сервер.
5. На центральному сервері дані розшифровуються і здійснюється їх подальший аналіз.
6. Процес аналізу даних дозволяє виявити можливі дефекти або відхилення, після чого можуть бути прийняті необхідні коригувальні дії.

Після завершення усіх етапів постобробки, система забезпечує не лише високу якість 3D-друкованих деталей, але й гарантує безпеку та конфіденційність технологічних даних. Завдяки інтеграції модуля шифрування, зібрані дані захищені від несанкціонованого доступу, що дозволяє зберегти цілісність інформації під час її передачі та подальшої обробки на центральному сервері. Це підвищує надійність всього процесу постобробки та мінімізує ризики, пов'язані з витоком інформації або впливом зовнішніх загроз.

Інтегрований модуль шифрування реалізований як окремий компонент на етапі попередньої обробки даних, що генеруються під час вібраційної обробки деталей. Основна функція модуля полягає в захисті конфіденційної технологічної інформації від несанкціонованого доступу під час її передачі на центральний сервер для подальшого аналізу. Інтеграцію модуля шифрування виконано на локальному контролері, який отримує дані від сенсорів вібраційних контейнерів.

Висновки. В результаті проведеного дослідження було розроблено структуру захищеної системи постобробки деталей, виготовлених методом 3D-друку, яка включає інтегрований модуль шифрування на основі полегшених криптографічних алгоритмів. Запропонована система дозволяє забезпечити високу якість обробки поверхні деталей шляхом оптимізації параметрів вібраційного процесу та ефективного шифрування даних, що генеруються під час постобробки. Використання шифру SPECK виявилось оптимальним рішенням для систем з обмеженими ресурсами, оскільки він забезпечує високу швидкість шифрування при низькому енергоспоживанні, що є критично важливим для мікроконтролерів та вбудованих систем, які використовуються в процесах постобробки. Це дослідження демонструє можливість інтеграції сучасних криптографічних методів у виробничі процеси, що дозволяє забезпечити надійний захист технологічних даних без зниження продуктивності системи.

Ці результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення технологій 3D-друку та розробки нових методів постобробки, що відповідають сучасним вимогам до якості та інформаційної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Karakurt, I., & Lin, L. (2020). 3D printing technologies: techniques, materials, and post-processing. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 28, 134-143.
2. Symonyuk, V. P., Ptashenchuk, V. V., & Tymoshchuk, A. A. (2022). To analysis of the technical state of the equipment for manufacturing parts using 3D printing. *Promising technologies and devices*, (21), 113-118.
3. Xu, X., Goyanes, A., Trenfield, S. J., Diaz-Gomez, L., Alvarez-Lorenzo, C., Gaisford, S., & Basit, A. W. (2021). Stereolithography (SLA) 3D printing of a bladder device for intravesical drug delivery. *Materials Science and Engineering: C*, 120, 111773.
4. Kafle, A., Luis, E., Silwal, R., Pan, H. M., Shrestha, P. L., & Bastola, A. K. (2021). 3D/4D printing of polymers: fused deposition modelling (FDM), selective laser sintering (SLS), and stereolithography (SLA). *Polymers*, 13(18), 3101.
5. Huang, J., Qin, Q., & Wang, J. (2020). A review of stereolithography: Processes and systems. *Processes*, 8(9), 1138.
6. Rozlomii, I., Yarmilko, A., Naumenko, S., & Mykhailovskyi, P. (2023). IoT Smart Implants: Information Security and the Implementation of Lightweight Cryptography. In *Proceedings of the 6th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM'2023)* (pp. 145-146). Bratislava.
7. Rozlomii, I., Yarmilko, A., & Naumenko, S. (2024, April). Data security of IoT devices with limited resources: challenges and potential solutions. In *doors* (pp. 85-96).
8. Kopar, M., & Yildiz, A. R. (2023). Experimental investigation of mechanical properties of PLA, ABS, and PETG 3-d printing materials using fused deposition modeling technique. *Materials Testing*, 65(12), 1795-1804.
9. Symoniuk, V., Denysiuk, V., Lapchenko, Y., Kaidyk, O., & Ptachenchuk, V. (2019, September). About Trimming Processes of Parts in the Shock-Impulse Load of Vibrobunker. In *Grabchenko's International Conference on Advanced Manufacturing Processes* (pp. 321-330). Cham: Springer International Publishing.

УДК 621.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ ҐРУНТУ ГІДРОСТРУМЕНЕМ

Веселовська Н.Р.¹, Іскович-Лотоцький Р.Д., Шевченко В.В.²

1 - Донецький національний університет імені Василя Стуса,

2 - Вінницький національний технічний університет

Необхідність вирішення проблеми зниження трудомісткості, зменшення об'єму земляних робіт, а також скорочення часу процесу по зануренню паль в садках та виноградниках. На теперішній час теоретичні питання динаміки паль при їх зануренні в ґрунт розроблені далеко не в тій мірі, в якій цього вимагає практика. Першочерговим завданням тут є дослідження процесу занурення палі в ґрунт з метою досягнення необхідної глибини занурення з мінімальним ушкодженням самої конструкції палі, та щоб вона виконувала роботу, яка перед нею поставлена.

Природно, в процесі занурення палі в ґрунт проявляються не лише пружні, але і в'язкі, пластичні властивості ґрунту і відбувається його руйнування. Теоретичні завдання

занурення палі в ґрунт з урахуванням в'язких, пластичних властивостей ґрунтового середовища і деформаційних характеристик матеріалу палі нині не досліджені.

В наш час, у зв'язку з обставинами, які зараз відбуваються в крані, у Вінницькій області значно зростає відсоток задіяності людей у сільськогосподарських справах, а саме: у засадженнях нових садових та виноградних плантацій та угідь. З'являється попит на палезанурююче обладнання, яке зможе швидко та якісно виконати поставлені завдання. Тому підвищення продуктивності процесу занурення паль в садках та виноградниках шляхом застосування гідроструменевої технології є надзвичайно актуальною тематикою [1-6].

Процес руйнування ґрунту для полегшення і спрощення фізичної моделі, для себе розділимо на дві основні стадії.

1) Перша стадія процесу моделювання руйнування ґрунту гідроструменем

Перша стадія характеризується деформацією і ущільненням ґрунту без втрати маси, друга відрізняється злиттям з водою та утворенням гомогенної маси, яка з максимальною швидкістю виноситься з лунки.

Вводимо наступні припущення при описі першої стадії:

- рідина струменю є ідеальною, тобто позбавлена в'язкості;
- ширина вимивання ґрунту дорівнює діаметру вихідного отвору сопла;
- струмінь створює на поверхні контакту рівномірний тиск, відповідний тиску гідравлічного удару;
- енергія струменя витрачається на роботу деформації ґрунту;
- величина вертикального переміщення площини руйнування під дією струменя дорівнює глибині проникнення в ґрунт плоского кругового штампа однакового з ним радіусу при тому ж тиску [1-6].

Розглядаючи початкову стадію взаємодії рідини з ґрунтом, можна отримати величину гідравлічного удару P_y :

$$P_y = \rho_p \cdot c_p \cdot v_c \cdot \left(1 + \frac{\rho_p \cdot c_p}{\rho_z \cdot c_z} \right), \quad (1)$$

де ρ_p , c_p — відповідно густина рідини і швидкість звуку в ній;

ρ_z , c_z — відповідно густина ґрунту і швидкість звуку в ньому;

v_c — швидкість струменя рідини безпосередньо перед шаром ґрунту.

З виразу (1) для сили нормальної дії струменя

$$F_c = \pi \cdot R_c^2 \cdot \rho_p \cdot c_p \cdot v_0 \cdot \left(1 + \frac{\rho_p \cdot c_p}{\rho_z \cdot c_z} \right), \quad (2)$$

де R_c — радіус вихідного отвору сопла.

Визначимо глибину проникнення струменя в ґрунту на першій стадії руйнування h_{np} . У першому наближенні рішення цієї задачі можна звести до визначення вертикального переміщення поверхні матеріалу для пружного напівпростору h_{np} . Отримаємо наступний вираз

$$h_{np} = \frac{1 - \nu^2}{2 \cdot R_c \cdot E} \cdot F_p, \quad (3)$$

де ν — коефіцієнт Пуассона; E — модуль пружності Юнга.

Якщо рахувати процеси впровадження жорсткого індентора і струменя рідини в напівпростір, що деформується, аналогічними, то для визначення часу деформації ґрунту на першій стадії руйнування t_1 можна скористатися формулою наступним виразом:

$$t_1 = 1,42 \cdot h_{np} / v_0 . \quad (4)$$

Прийнявши на цій стадії швидкість проникнення струменя v в ґрунт постійною, отримаємо:

$$v_1 = h_{np} / t_1 \approx 0,7 \cdot v_0 . \quad (5)$$

2) Друга стадія процесу моделювання руйнування ґрунту гідроструменем

Друга стадія відрізняється злиттям з водою та утворенням гомогенної маси, яка з максимальною швидкістю виноситься з лунки. При цьому ґрунт зазнає наступні зміни: пластичні деформації, деформації зрушення [1-6].

Для побудови математичної моделі руйнування ґрунту на другій стадії введемо наступні припущення:

- ріжучий струмінь рідини складається з початкової і основної областей;
- динамічний тиск струменя в межах початкової області рівний динамічному тиску струменя на виході з сопла;
- руйнування відбувається в тому випадку, якщо середній динамічний тиск поперечному перетині струменя перевищує твердість ґрунту;
- для величини динамічного тиску струменя p_c основної області справедливе рівняння:

$$p_c = (p_1 - \Delta p_1) \cdot \frac{L_n}{L_{осн}} , \quad (6)$$

де p_1 – динамічний тиск струменя на виході з сопла; Δp_1 – втрати тиску на першій стадії руйнування; L_n – довжина початкової ділянки струменя;

$L_{осн}$ – відстань від сопла до площі контакту струменю з ґрунтом.

Припустивши, що на першій стадії руйнування енергія струменя витрачається тільки на деформацію ґрунту, для умов ідеальної пружності запишемо:

$$\Delta p_1 = \frac{\rho v_0^2}{2} - \frac{\rho v_1^2}{2} = \frac{\rho v_0^2}{2} \cdot (1 - 0,7^2) \approx \frac{1}{2} \cdot p_1 . \quad (7)$$

Скориставшись рівняннями гідравліки для потоку рідини в циліндричній трубі, з урахуванням контакту за площею напівциліндра отримаємо:

$$\Delta p_f = \lambda_f \cdot \frac{h - h_{np}}{2 \cdot R_e} \cdot \frac{\rho v_1^2}{2} = \frac{\lambda_f}{4} \cdot p_1 \cdot \frac{h - h_{np}}{R_e} , \quad (8)$$

де λ_f – коефіцієнт гідравлічного опору;

h – товщина оброблюваного матеріалу.

Для уявлення процесу руйнування ґрунту під дією струменя рідини, приймемо умовно, що об'єм з області руйнування зменшується поступово по вертикальній рухомій контактній поверхні S . Тому що швидкість проникнення струменя в ґрунт значно більше швидкості подачі, то площу контакту взаємодії струменя з ґрунтом можна умовно вважати нерухомою в горизонтальній площині практично для всіх випадків гідроструменевого руйнування. Тоді горизонтальну швидкість подачі зразка можна апроксимувати послідовністю ступенів (розміри яких відповідають діаметру сопла) за період часу, що

необхідний для повного руйнування ґрунту

Висновки. Гідроструменева технологія приваблює своєю простотою реалізації, функціональністю, дешевизною та чудовими результатами роботи. У порівнянні з іншими методами вона є менш громіздкою, більш мобільною та продуктивнішою, що в свою чергу породжує попит та цікавість як покупця, так і інвестора. Виконано математичне моделювання руйнування ґрунту під дією гідроструменя під час процесу занурення паль. Показано силу нормальної дії струменя, визначено глибину проникнення струменя в ґрунт. Також було визначено втрати тиску струменя на тертя об бічні стінки лунки, визначено швидкість v_c , при якій припиняється процес руйнування ґрунту. Наостанок показано алгоритм знаходження повного часу проникнення струменя в ґрунт на другій стадії руйнування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Яремчук О.А. Розробка штабмового струшувача вібраційного типу. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2018. № 4 (91). С. 28–34.
2. Веселовська Н.Р., Склярчук О.В. Обґрунтування основних параметрів подрібнювача гілокущільненого саду. *Техніка, енергетика, транспорт в АПК*. 2019. № 2 (105). С. 4–10.
3. Я. Іванчук, Р. Іскович-Лотоцький, І. Севостьянов, Н. Веселовська та ін. Математичне моделювання робочих процесів в керуючій апаратурі гідроімпульсного привода. *Mechanics and Advanced Technologies*. 2021. Vol. 5. № 2. Р. 47-56.
4. Шевченко В. В. Гідроструменева технологія занурення паль в садках та виноградниках [Електронний ресурс]. В. В. Шевченко, Р. Д. Іскович-Лотоцький: Матеріали конференції Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023), Вінниця, 2022 р. Електрон. текст. дані. 2022.
5. Веселовська Н.Р., Іскович-Лотоцький Р.Д., Брацлавець Б.С., Шевченко В.В. Підвищення ефективності зондування ґрунтів на установках з гідроімпульсним приводом. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2022. № 2 (105). С. 52-64.
6. Веселовська Н.Р., Іскович-Лотоцький Р.Д., Залізняк Р.О., Шевченко В.В. Підвищення продуктивності процесу занурення паль в садках та виноградниках шляхом застосування гідроструменевої технології. *Техніка, енергетика, транспорт в АПК*. 2023. № 1 (120). С. 64-75.

UDC 661.1:615.4

OPTIMIZED COST-EFFECTIVE DRUG DEVELOPMENT AND MANUFACTURING ENGINEERING

Antypenko L.M.¹, Shabelnyk K.P.², Maletskyi M.M.², Lysians'ka H.P.²

¹Scientific freelance, Zaporizhzhia, Ukraine

²Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Zaporizhzhia, Ukraine

The pharmaceutical industry is undergoing a profound transformation as it increasingly adopts and leverages the cutting-edge technologies associated with the fourth industrial revolution [1]. It focuses on developing and optimizing processes for drug manufacturing, which key areas are [2-6]:

1. Continuous Manufacturing:

- Shift from batch processing to continuous production
- Real-time monitoring and control of product quality

- Reduced production time and costs
- Improved consistency and reduced variability
- Integration of continuous flow reactors and crystallizers

2. *Process Analytical Technology*:

- Implementation of real-time quality monitoring tools
- Spectroscopic (near-infrared spectroscopy, Raman, hyperspectral imaging), spectrometric (mass, acoustic resonance), focused beam reflectance measurement, X-ray fluorescence optical coherence tomography, and microwave resonance techniques, etc. for in-line analysis
- Multivariate data analysis for process understanding
- Feedback control systems for process optimization
- Predictive modeling for quality assurance

3. *Quality by Design*:

- Systematic approach to drug development and manufacturing
- Design of experiments for process optimization
- Identification and control of critical quality attributes
- Establishment of design space for robust processes
- Risk-based approach to pharmaceutical quality management

4. *Single-Use Technologies*:

- Disposable bioreactors and fermentation systems
- Single-use filtration and purification systems
- Flexible manufacturing facilities with reduced contamination risk
- Decreased cleaning and validation requirements
- Improved process efficiency and reduced water consumption

5. *Nanotechnology in Drug Delivery*:

- Development of nanocarriers for targeted drug delivery
- Enhanced bioavailability and controlled release of drugs
- Nanoformulations for improved solubility and stability
- Theranostic nanoparticles combining diagnosis and therapy
- Nano-based systems for crossing biological barriers (e.g., blood-brain barrier)

These innovations are transforming pharmaceutical engineering, leading to more efficient, flexible, and cost-effective drug development and manufacturing processes. They also contribute to improved product quality and patient safety.

Among the innovations mentioned, some are more *cost-effective*, while still providing significant benefits, namely:

1. *Process Analytical Technology (PAT)*. PAT is one of the most cost-effective innovations because [3]:

- It can be implemented gradually, allowing companies to spread costs over time.
- Many PAT tools, like spectroscopic techniques, can be applied across multiple processes.
- It reduces waste and improves product quality, leading to long-term cost savings.
- It can often be integrated into existing manufacturing lines without complete overhauls.

For instance, implementation of in-line Fourier-transformed infrared and Raman spectroscopy for real-time monitoring of 5-step continuous synthesis processes [7]; usage of near-infrared spectroscopy for active pharmaceutical ingredient (API) quantification during fluidized granulation [8].

2. *Quality by Design (QbD)*. QbD is also relatively inexpensive to implement while being highly effective [4]:

- It's primarily a methodological approach, requiring more intellectual investment than capital expenditure.
- It can significantly reduce costs associated with failed batches and product recalls.

- QbD principles can be applied across all stages of drug development and manufacturing.
- It often leads to more efficient processes, reducing overall production costs.

For instance, implementation of QbD principles in continuous manufacturing of oral solid dosage forms, leading to more robust processes and consistent product quality [9]; development of a QbD approach for defining design space in monoclonal antibody production [10]; application of QbD principles to analytical method development, resulting in more robust and transferable analytical methods for enantiomeric drugs quality control [11].

3. *Single-Use Technologies*. These technologies can be very cost-effective, especially for smaller-scale operations [5]:

- They reduce cleaning and sterilization costs.
- They minimize cross-contamination risks, potentially saving costs related to contamination incidents.
- They offer flexibility, allowing companies to quickly switch between products without major capital investments.

For instance, development of specialized single-use bioreactors for cell, gene or viral therapy manufacturing, as well as sensors for critical process parameters in bioprocessing, enabling better process control in disposable systems improving flexibility and reducing contamination risks [12]; creation of an integrated single-use platform for downstream processing of monoclonal antibodies, from harvesting to final filtration [13].

Conclusions: These innovations demonstrate the pharmaceutical industry's ongoing efforts to improve manufacturing efficiency, product quality, and process flexibility through a combination of technological advances and methodological improvements that are shaping the future of pharmaceutical manufacturing:

1.) *Improved drug quality and safety*: PAT and QbD innovations lead to more consistent, higher-quality medications, reduced risk of contamination and product defects, and increased patient safety and treatment efficacy.

2.) *Faster drug development and production*: Continuous manufacturing and PAT speed up production processes, quicker response to disease outbreaks or drug shortages, and faster delivery of new treatments to patients.

3.) *Cost reduction*: More efficient processes lower production costs, potential for more affordable medications, improve access to healthcare, and cost savings could be reinvested in research and development for new treatments.

4.) *Environmental benefits*: Single-use technologies and continuous manufacturing often reduce water usage and waste, and more energy-efficient processes contribute to sustainability goals.

5.) *Personalized medicine advancements*: Flexible manufacturing enables production of smaller, customized batches, supports development of targeted therapies and personalized treatments.

6.) *Global health implications*: Improved manufacturing in developed countries could lead to technology transfer to developing nations, so have potential for better access to essential medicines worldwide.

7.) *Regulatory advancements*: These innovations are driving updates in regulatory frameworks, and possible for more streamlined approval processes for new drugs and manufacturing methods.

Overall, these innovations are pushing the pharmaceutical industry towards more efficient, flexible, and patient-centric approaches. They have the potential to improve global health outcomes by making better quality drugs more accessible and affordable. However, it's important to note that realizing these benefits fully will require ongoing collaboration between industry, regulators, and healthcare systems.

REFERENCES

1. Robots, AI, and machine learning: how smart manufacturing is getting medicines and vaccines from factories to patients faster [Electronic resource] // Behind the Science of GSK. – Mode of access: <https://www.gsk.com/en-gb/behind-the-science-magazine/smart-manufacturing-factories-uppermerion-medicines/> (date of access: 14.09.2024).
2. Why We Need Continuous Pharmaceutical Manufacturing and How to Make It Happen [Electronic resource] / Clive Badman [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2019. – Vol. 108, no. 11. – P. 3521–3523.
3. Process Analytical Technology Tools for Monitoring Pharmaceutical Unit Operations: A Control Strategy for Continuous Process Verification [Electronic resource] / Eun Ji Kim [et al.] // Pharmaceutics. – 2021. – Vol. 13, no. 6. – P. 919.
4. Understanding Pharmaceutical Quality by Design [Electronic resource] / Lawrence X. Yu [et al.] // The AAPS Journal. – 2014. – Vol. 16, no. 4. – P. 771–783.
5. A Single-use Strategy to Enable Manufacturing of Affordable Biologics [Electronic resource] / Renaud Jacquemart [et al.] // Computational and Structural Biotechnology Journal. – 2016. – Vol. 14. – P. 309–318.
6. Hamimed S. Nanotechnology in drug and gene delivery [Electronic resource] / Selma Hamimed, Marwa Jabberi, Abdelwaheb Chatti // Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology. – 2022. – Vol. 395, no. 7. – P. 769–787.
7. PAT Implementation on a Mobile Continuous Pharmaceutical Manufacturing System: Real-Time Process Monitoring with In-Line FTIR and Raman Spectroscopy [Electronic resource] / Yuma Miyai [et al.] // Organic Process Research & Development. – 2021. – Vol. 25, no. 12. – P. 2707–2717.
8. Method development and validation of a near-infrared spectroscopic method for in-line API quantification during fluidized bed granulation [Electronic resource] / Liang Zhong [et al.] // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. – 2022. – Vol. 274. – P. 121078.
9. Simão J. Implementation of Quality by Design (QbD) for Development of Bilayer Tablets [Electronic resource] / J. Simão, S. A. Chaudhary, A. J. Ribeiro // European Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2023. – P. 106412.
10. Application of a Quality by Design Approach to the Cell Culture Process of Monoclonal Antibody Production, Resulting in the Establishment of a Design Space [Electronic resource] / Hiroaki Nagashima [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2013. – Vol. 102, no. 12. – P. 4274–4283.
11. New Trends in the Quality Control of Enantiomeric Drugs: Quality by Design-Compliant Development of Chiral Capillary Electrophoresis Methods [Electronic resource] / Serena Orlandini [et al.] // Molecules. – 2022. – Vol. 27, no. 20. – P. 7058.
12. Sensors for disposable bioreactors [Electronic resource] / Christoph Busse [et al.] // Engineering in Life Sciences. – 2017. – Vol. 17, no. 8. – P. 940–952.
13. Shiina S. A Fully Single-Use Downstream Process for Monoclonal Antibodies [Electronic resource] / Shunsuke Shiina, Neha Saxena, Rodrigo H. Gonzalez // BioProcess International. – Mode of access: <https://www.bioprocessintl.com/single-use/a-fully-single-use-downstream-process-for-monoclonal-antibodies> (date of access: 14.09.2024).

СЕКЦІЯ 3

«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТОВАРІВ ЛЕГКОЇ І ТЕКСТИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ»

УДК 685.31

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-ДРУКУ У ВИРОБНИЦТВІ ВИРОБІВ ІНДУСТРІЇ МОДИ

Хоролова М.Г.

Київський національний університет технологій та дизайну

3D-принтери з технологією 3D-друку вже достатньо давно почали освоювати сферу модної індустрії. Так у 2010 році на тижні моди в Амстердамі дизайнерка Іріс Ван Герпен представила першу колекцію одягу, створену за допомогою 3D-друку. У 2011 році компанія Continuum Fashion створила 3D-модель купальника бікіні за допомогою програмного забезпечення Rhino3D CAD, після чого на 3D-принтері були надруковані численні геометричні деталі, що утворили виріб. Використовуючи метод, відомий як технологія селективного лазерного спікання (SLS), тонка мотузка з'єднувала численні круглі частинки. Таким чином і був зітканий купальник. Після цього, технологія 3D-друку вийшла на ринок прет-а-порте одягу та поступово увійшла в світ моди [1, 2].

В цілому технологію 3D-друку можна порівняти з промисловою революцією, яка назавжди змінила майбутнє виробництва. 3D-друк - це одна з форм адитивного технологічного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу за допомогою спеціального принтера. 3D-принтери мають різні технічні задачі і великий спектр технічних можливостей залежно від призначення і виду матеріалу для друку.

На разі 3D-друк використовується на різних етапах розробки та виготовлення продукції чи окремих деталей у різних сферах модної індустрії, тому метою роботи є дослідження питань використання 3D технологій для виготовлення сучасних виробів індустрії моди.

В будь якій промисловості, в тому числі і в індустрії моди, дуже велика роль відводиться створенню прототипу нового виробу, макетуванню, для чого на початкових етапах розробки може бути використаний тривимірний друк. Наприклад, для взуттєвого виробництва, що створює моделі оригінального дизайну 3D-друк зразків допоможе з'ясувати в які деталі взуття потрібно внести зміни і чому. Також перспективним є друк прототипів фурнітури і аксесуарів для виготовлення одягу, взуття та аксесуарів з філоменту [2].

За допомогою 3D-друку можна створити унікальні дизайн та конструкцію одягу, взуття, аксесуарів. В процесі 3D-моделювання, точні комплексні лінії, згенеровані комп'ютером, створюють складні форми тривимірного моделювання, тим самим нівелюючи обмеження форми традиційних тканин. Це відкриває ширший простір для творчості та нові можливості для втілення інноваційних думок дизайнерів.

Одяг, надрукований на 3D-принтері, має повний спектр характеристик тіла носія, тому є ідеальним за посадкою, однак є не досить гнучким. Тому науковцям необхідно працювати над структурою плетіння філоментної тканини. Такі спроби вже існують і нагадують кольчугу- гнучка 3D тканина сплетена з певної кількості елементів з'єднаних між собою. Активно 3D технології використовують в галузі щодо друку окремих частин чи елементів виробу, як функціонального так і декоративного призначення.

3D-друк значно спрощує саме виробництво виробів, оскільки усуває з технологічного ланцюжка такі процеси як: розкрій, пошив, ВТО та інші характерні операції тощо. При використанні 3D-друку, принтер безпосередньо друкує деталі виробу базуючись на 3D-моделі, а потім з'єднує їх за допомогою технології селективного лазерного спікання (SLS). Окрім цього, технологія 3D-друку дозволяє використовувати для виготовлення виробів індустрії моди кілька різних матеріалів. Такий підхід дозволяє частково чи повністю вирішити проблеми, пов'язані з міцністю і еластичністю речей, що виготовляються.

Технологія 3D-друку значно полегшує створення виробів галузі за індивідуальними параметрами замовника. Саме за допомогою 3D-сканування, алгоритмічного моделювання і 3D-друку кожна людина зможе отримати річ, що ідеально підходить її анатомічним особливостям і структурі тіла та кінцівок. Дана адитивна технологія дасть можливість значно скоротити і автоматизувати сам виробничий цикл, а це в свою чергу сприяє економії часу та зменшенню кількості відходів. Така технологія може значно спростити ремонт виробів, забезпечивши швидке виготовлення полімерної деталі виробу, що потребує заміни чи втраченої фурнітури.

3D-друк, безумовно має широкий промисловий спектр застосування. На сьогоднішній день виробництво спортивного взуття за допомогою 3D-сканування, алгоритмічного моделювання і 3D-друку при виготовленні взуття за заданими характеристиками, наприклад, за необхідними характеристиками по амортизації і відкату, може вирішити проблему зменшення травматизму стоп та окремих частин ніг спортсменів. Надруковані за певними новітніми технологіями на 3D-принтері кросівки з інноваційного матеріалу мають кращі характеристики в порівнянні з заявленими параметрами виробів виготовлених з класичних матеріалів.

Одним з напрямків застосування тривимірного друку у промисловості є виготовлення монекенів, колодок, фурнітури і цільних аксесуарів(сумки, чохли тощо).

Вироби виготовлені за допомогою 3D-друку є більш екологічними через те, що при їх виготовленні використовується лише необхідна кількість матеріалу, що мінімізує виробничі відходи. Не менш важливим аспектом є те, що ці вироби можуть бути цілком придатні до переробки і повторного використання переробленого матеріалу.

Перспективним у даному напрямі є дослідження і подальша розробка 3D-принтерів, що використовуватимуть в якості витратних матеріалів полімерні відходи швейних та взуттєвих підприємств.

Повністю вирішити проблему забруднення навколишнього середовища виробами та відходами модної індустрії дозволить використання у виробках, виготовлених методом 3D-друку, біологічно-розкладних полімерів [3].

За допомогою тривимірного друку можна виготовляти розумний одяг із датчиками, медичний текстиль, пожежне спорядження та інший захисний одяг.

Висновки. 3D-друк – це одна з найбільш революційних технологій нашого часу. Він має безмежний потенціал для реалізації фантазії дизайнера, виготовлення продукції економічно та екологічно вигідної, з унікальними характеристиками, яких не можна отримати за допомогою традиційних технологій. Розвиток технологій 3D-друку та їх застосування у виготовленні виробів індустрії моди дасть змогу вивести промисловість на новий рівень, а в майбутньому дозволить кожному споживачу мати вдома 3D принтер і втілювати щоденно свої сміливі ідеї друкуючи ексклюзивні вироби.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зозуля П. Ф. Перспективи застосування технології 3D-друку в легкій промисловості. П. Ф. Зозуля, О. С. Поліщук, А. О. Поліщук. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2017. №4., С.102-104.
URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_tekh_2017_4_21.

2. Wang, B.Z., Chen, Y., 2014. The Effect of 3D Printing Technology on the Future Fashion Design and Manufacturing. AMM 496–500, 2687–2691.

URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.496-500.2687>

3. Rahman, Md. Mahbubur, Applications of the Digital Technologies in Textile and Fashion Manufacturing Industry (January 25, 2021). Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology, 3(1), 114-127.

URL: <https://ssrn.com/abstract=3777742>

УДК 687.3.004.94

3D ДРУК У РОЗВИТКУ ТРИКОТАЖНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Клімова О.І., Нікуліна А.В.

Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

У 21 сторіччі трикотажна промисловість зазнала численних проривів, інновацій та відкриттів, які докорінно змінили як технологічні процеси, так і кінцеві продукти. Впровадження нових матеріалів та волокон дозволяють створювати більш екологічні та функціональні вироби. Крім того, розвиток 3D-друку в текстильній індустрії та автоматизованого виробництва значно підвищив точність і ефективність виробничих процесів. Новітні досягнення в галузі нанотехнологій відкрили можливості для створення «розумного одягу» з інтегрованими сенсорами, здатними реагувати на зміни навколишнього середовища. Такі інновації, підкріплені науковими дослідженнями в галузі хімії матеріалів, інженерії та ІТ, зробили трикотажну промисловість одним із важливих рушіїв сучасного технологічного прогресу.

Однією з ключових інновацій у трикотажній промисловості став 3D-друк. Процес створення 3D-трикотажу значною мірою нагадує технологію виготовлення інших 3D-об'єктів, оскільки обидва починаються з комп'ютерного моделювання. Для розробки моделей та дизайнів використовуються програмні рішення систем автоматизованого проєктування (САПР), які генерують точні технічні креслення і, зрештою, транслюють їх у мову програмування. Цей цифровий код передається на спеціалізоване обладнання, яке ініціює виробничий процес. Проте, варто зазначити, що машини, які застосовуються для виготовлення 3D-трикотажу, суттєво відрізняються від традиційних 3D-принтерів. Вони інтегрують складні механізми трикотажного плетіння, які забезпечують специфічні текстильні структури, що не можуть бути досягнуті стандартними адитивними методами друку.

Адитивні технології, або 3D-друк, являють собою метод побудови фізичних об'єктів на основі їхньої цифрової 3D-моделі шляхом пошарового додавання матеріалу. У контексті модної індустрії цей підхід адаптовано до машин, що виконують в'язальну функцію. Такі машини здатні створювати тривимірний текстиль або готовий одяг за один виробничий цикл, поступово з'єднуючи нитки в єдине полотно. Важливо зазначити, що хоча обидва процеси — як адитивне виробництво, так і в'язальне — базуються на використанні комп'ютерного програмного забезпечення для управління процесом, ключова різниця між ними полягає в матеріалі та способі його обробки. В адитивних технологіях зазвичай використовуються полімери, метали або композити, які накладаються шарами, тоді як у трикотажних машинах нитка інтегрується в тканину через складні в'язальні структури, створюючи текстильні вироби з унікальними властивостями.

Зараз вже є компанії з виготовлення та продажу таких машин. Gerard Rubio та його компанія «Kniterate». Це свого роду комбінація настільного 3D принтера зі стандартними в'язальними машинками 1980-х років, яка автоматично перетворить ваші цифрові малюнки на трикотажні вироби. "Ми, нарешті, придумали бездоганну інтеграцію між настільними машинами та комп'ютером", - пояснює головний виконавчий директор компанії Gerard Rubio. Однак ці машини не обов'язково є 3D-в'язальними. Це пов'язано з тим, що плоскі одношарові вироби, такі як шарфи, також можуть бути надруковані на машинах Kniterate.

Відповідно до вище зазначеного, можемо проаналізувати, яким чином функціонує машина Kniterate. Машина Kniterate має шість механізмів різних кольорів і матеріалів, з'єднаних з інтелектуальним натягувачем пряжі з датчиками, що запобігають обриву нитки та утворенню вузлів. Тип пряжі не обмежений, голки контролюються комп'ютером, який завантажує програмне забезпечення з шаблонами та індивідуальними варіантами дизайну.

Також попри використання 3D-в'язальних машин, наші українські дизайнери, а саме: Іван Фролов, Ксенія Шнайдер, Ірина Джус, Жан Гріцфельдт роблять свій вклад у fashion індустрію створюючи 3D-принтинг одягу. Було проведено дослідження на скільки наразі сучасні речі збільшують забруднення планети та наскільки 3D-принтинг одягу може покращити цю ситуацію. Так українська дизайнерка Юлія Давій створила свою лабораторію 3D-принтингу і технологій для індустрії одягу в США і запустила власний бренд Julia Daviy, що випускає інноваційний одяг. Дизайнерка мала змогу довести, що саме цей спосіб виготовлення одягу є одним з найекологічніших. Вона експериментувала з різними матеріалами, серед них TPE – ним найчастіше покривають тканини для того, щоб надати їм додаткових властивостей. Наприклад ним покривають спортивний одяг або білизну, щоб вона було більш формостійкою. Це нетоксичний матеріал, який можна використовувати повторно майже нескінченну кількість разів. Тобто якщо людини в процесі експлуатації бачить, що одяг втрачає свій початковий вигляд, вона може здати її на переробку. З переробленого матеріалу можна надрукувати нову річ. Такий матеріал набагато кращий за шкіру, а це дуже важливий аспект в сучасному екологічному світі. Даний підхід до використання одягу відображає сучасні тенденції сталого розвитку та циркулярної економіки в індустрії моди.

Висновок: Встановлено, що впровадження нових матеріалів та волокон дозволяють створювати більш екологічні та функціональні вироби. 3D трикотаж не користується попитом тому виконується за запитом, а це в свою чергу знижує ризик надвиробництва та браку запасів. Звісно на першому етапі такий одяг буде належати до lux-сегмента, але покупці отримують якісну, екологічну та індивідуальну річ. Попри все, тільки час покаже наскільки ця технологія буде розвиватися та чи стане однією із важливих рушіїв сучасного технологічного прогресу. Інноваційні методи, які включають 3D друк та використання новітніх матеріалів, дозволяють значно знизити витрати на виробництво та мінімізувати відходи, що робить їх привабливими з точки зору сталого розвитку. Також, такі технології відкривають нові можливості для адаптивного дизайну, створення одягу з врахуванням індивідуальних потреб клієнтів, зокрема з урахуванням анатомічних особливостей тіла.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сізов В.Д. Основи 3D–друку : Електронний посібник. [Електронний ресурс] / В.Д. Сізов, С.В. Сорокашин. - Режим доступа: https://cpto.dp.ua/public_html/posibnyky/osnovy_3d.pdf
2. Harvard University: 3D Knitting for Pneumatic Soft Robotics. [Електронний ресурс]. - Режим доступа: <https://www.kniterate.com/author/gerard/>

3. Гардабхадзе І. А. Інноваційні методи візуалізації результатів художнього проектування одягу в індустрії моди / І. А. Гардабхадзе, М. О. Островецька // Наукові записки КНУКіМ. – 2012. – Вип. 13. – С. 33 – 41.

4. Інноваційні технології в індустрії моди – 3D-друк / І. В. Косяк, А. С. Міщішина // Наукові записки [Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]. Серія : Педагогічні науки. - 2018. - Вип. 168. - С. 117-120.

УДК 685.31

РОЗРОБКА КОМПЛЕКТУ ВИРОБІВ ЖІНОЧОГО АСОРТИМЕНТУ З МАТЕРІАЛУ PINOTEX

Бабич А.І., Матюшкіна Д.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

Сучасна мода та вимоги споживачів визначають не лише естетику, але й функціональність виробів. Щороку екологи та захисники тварин все активніше виступають за збереження екології Землі, за переробку відходів для повторного використання сировини, за глобальне зменшення кількості відходів, проти виробництва взуття та аксесуарів з натуральної шкіри. Розвиток конструкцій та технологій виробництва взуття є необхідним для забезпечення комфорту, естетики та якості виробу. Дана робота присвячена дослідженню та використанню екологічного матеріалу Pinatex, аналізу та розробці конструкцій жіночих черевиків з фокусом на настроєчних берцях, з метою покращення їх функціональних та естетичних характеристик [1].

В сучасних умовах розвитку індустрії моди особливої актуальності набуває використання новітніх матеріалів і технологій, які забезпечують зручність, функціональність та екологічність виробів. Взуття і аксесуари є невід'ємною частиною щоденного гардеробу людини, відповідно вимоги до його якості та довговічності постійно зростають. Пінотекс, як новітній матеріал, поєднує в собі легкість, гнучкість та підвищену зносостійкість, що робить його перспективним для виробництва взуття і аксесуарів. Розробка конструкції та удосконалення технологічних етапів виробництва виробів з цього матеріалу відповідає потребам ринку і сприяє підвищенню конкурентоспроможності продукції вітчизняних виробників.

Метою даної роботи є розробка конструкції комплексу виробів жіночого асортименту (взуття, аксесуари) з матеріалу пінотекс з подальшим виготовленням промислових зразків виробів. При цьому акцент робиться на дослідженні матеріалів, конструктивних рішень та технологічних етапів, спрямованих на покращення якості та властивостей виробу [2-4].

В роботі над створенням комплексу виробів застосовувалися комплексні методи дослідження, включаючи аналіз фізико-механічних властивостей пінотексу, комп'ютерне моделювання конструкцій взуття, експериментальні дослідження технологічних процесів виробництва. Проведення експериментальних досліджень на зразках матеріалу пінотекс щодо обробки та виконання операцій технологічного циклу дозволило оптимізувати технологічні етапи виробництва та підтвердити ефективність використання даного матеріалу у взуттєвій та галантерейній промисловості.

В процесі дослідження було вивчено і проаналізовано питання трендів моди і використання еко матеріалів для створення виробів модної індустрії. Виявлено, що у 2024 році екологічний підхід до моди не просто в тренді — він визначають нову еру в fashion-індустрії. Дизайнери активно експериментують з натуральними тканинами, стійкими барвниками та інноваційними методами виробництва, щоб мінімізувати вплив на

навколишнє середовище. В епоху, коли споживач все більш обізнаний і вимогливий до виробників, бренди роблять ставку на прозорість.

В результаті теоретико-практичного дослідження було створено ескізи комплекту виробів жіночого асортименту (взуття та сумочні вироби) різних конструкцій, створено муд-борд (рис.1) і виготовлено зразки виробів.



Рис.1. Муд-борд готового взуття з матеріалу Pinotex

Проектування конструкції виробів комплекту було виконано в програмі Delcam CRISPIN ShoeMaker, що є дуже простим у використанні рішенням для 3d проектування усіх видів взуття. ShoeMaker об'єднує 3d колодоки, дизайн верху і підошви в єдиному середовищі. У функції ShoeMaker входять 3d розгортка шаблонів, окреслення стильових ліній, створення елементів виробу, текстур і товщини матеріалу згідно бібліотеки ресурсу (рис.2). Ескізне зображення комплекту виробів представлено на рис.3.

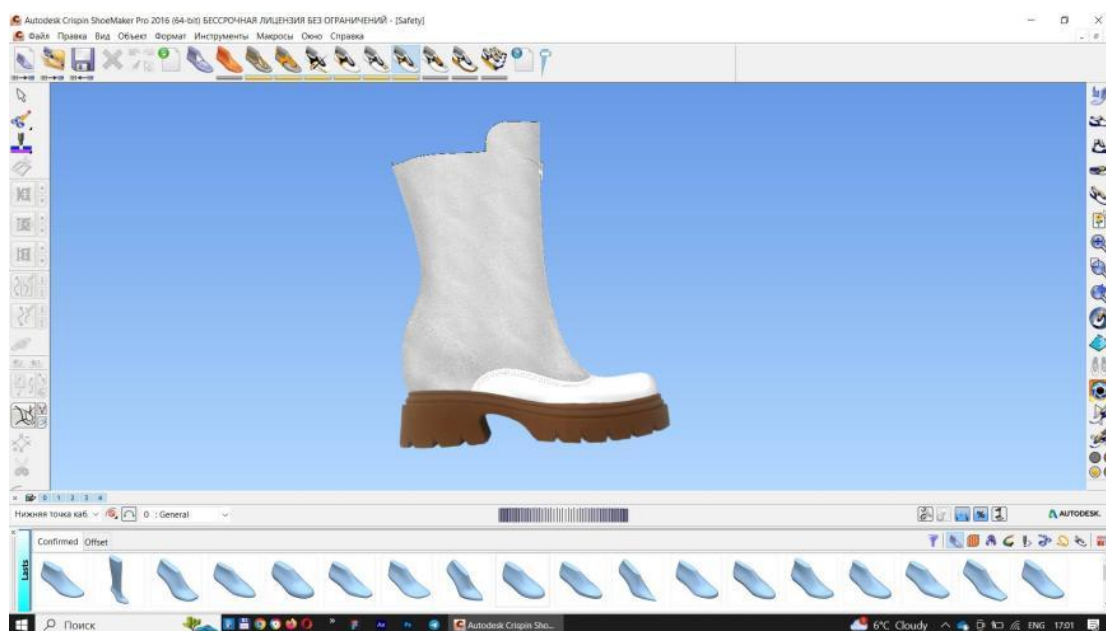


Рис. 2. Візуалізація розробленого взуття програмі Crispin Shoemaker



Рис.3. Ескізне зображення комплекту виробів
а-черевики жіночі; б- сумочний виріб

Висновки. Визначено, що за останні роки суттєво змінилися критерії, за якими український споживач вирішує купувати взуття та аксесуари. В пріоритеті залишаються індивідуальність і ручне виробництво одиничних виробів чи виробів малих серій, а також ціна і якість.

Перспективами подальших досліджень у цьому напрямі є визначення фізико-механічних властивостей матеріалів і зразків виробів, розширення асортименту й удосконалення якості виробів, згідно попиту і побажань споживачів.

Список літератури:

1. Бородиня О. Щодо взуттєвого ринку України // Легка промисловість. - 2012. - № 3. - С. 21-22.
2. Гаркавенко С.С. Маркетинг. Підручник. — Київ: Лібра, 2002. — 705 с.
3. Сайт державного комітету статистики України. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
4. Стопа і раціональне взуття[Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.medical-enc.ua/stopa/rol-kabluka-v-konstrukcii-obuvi.shtml>

УДК 685.31

ТЕХНОЛОГІЇ АПСАЙКЛІНГУ У ВИРОБАХ ІНДУСТРІЇ МОДИ

Бабич А.І., Білоус П.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

Питання сучасного сталого дизайну та впровадження у виробництво інноваційних ідей, апсайклінг технологій щодо вторинного використання матеріалів є на часі.

Сучасні дизайнери прагнуть створити нову індустрію моди з мінімальним відсотком шкоди планеті. Філософія сталої моди саме заснована на принципах екологічного

балансу, на рівності, соціальній справедливості, екологічній безпеці та цілісності тваринного і рослинного світу[1,2]. Сучасна мода прагне використати вторинно існуючий вживаний ресурс і зберегти для наступних поколінь резервний природний ресурс.

Одним з таких напрямів є використання вживаних матеріалів та речей без додаткової їх переробки, що має практичне застосування і величезне значення для збереження екологічного балансу планети. Тому в даній роботі для створення колекції жіночого одягу «Дерево життя» мають бути використані вживані бавовняні скатертини.

Метою роботи став пошук і впровадження сучасних інновацій в секторі науки щодо пошуку творчого джерела, використання елементів стародавнього українського традиційного розпису, технологій виготовлення та обробки виробів з вживаних текстильних матеріалів з метою виготовлення якісних, сучасних та ексклюзивних виробів, які мають екологічно направлену складову [3-6].

Розробка дизайну виробів індустрії моди, зокрема одягу жіночого асортименту, з вживаних матеріалів є особливим баченням дизайнера світу краси, моди та естетики.

Крім цього дизайнер працює над творчим джерелом, що є основним концептом проєкту. Дана колекція "Дерево життя" втілює в одязі символ сили та стійкості українського народу. Кожен виріб колекції оздоблений зображенням могутнього дерева, яке, попри всі перешкоди та труднощі залишається непохитним. Це імпровізоване дерево символізує Україну – країну з багатою історією, яка протистоїть бурям часу та зовнішнім викликам. На його гілках розташовані птахи – голуби миру, а також квіти та листя, які уособлюють народ України. Кожна деталь візерунку символізує продовження життя, непохитність духу, віру у перемогу та здатність відроджуватися навіть після найтяжчих випробувань.

Використання технологій апсайклінгу у виробництві одягу з вживаних текстильних матеріалів є сміливим кроком у напрямку збереження екології, зменшення відходів та вартості виробів.

Проаналізувавши питання сталої моди та технологій апсайклінгу як предмета наукових досліджень у вітчизняній науковій літературі стало зрозумілим, що ці питання потребують наукового обґрунтування їхнього зв'язку з виробництвом та експлуатацією одягу[2].

Результати наукового пошукового і практичного дослідження в рамках напряму роботи студентського наукового гуртка кафедри технології моди (КНУТД) щодо викликів і тенденцій світової моди можна зробити висновок про те, що науковці і практики на високому професійному рівні займаються даним питанням впроваджуючи у виробництво сміливі ідеї та філософію сталої моди[3-6].

Ідея авторів роботи щодо вторинного використання текстильних вживаних скатертин у розробці колекції оригінального одягу жіночого асортименту з використанням елементів традиційного українського розпису є актуальним і цікавим проєктом.

Текстильний бавовняний матеріал з сировини природного походження має м'яку і пластичну текстуру, володіє високими технологічними характеристиками, має високу межу зносостійкості, добре драпірується, піддається фарбуванню, має здатність до повного використання і повного біологічно розпаду при утилізації[6]. Крім цього, вживаний матеріал за рахунок багаторазового прання в процесі використання практично не має усадки по основі та утку.

Для втілення авторської ідеї на основі творчого джерела було розроблено ескізи і виготовлено зразки виробів колекції жіночого одягу з вживаного текстилю, які представлено в даній роботі (рис.1.). Колекція «Дерево життя» є призером міжнародного конкурсу «Печерські каштани-2024».



Рисунок 1. Візуалізація творчої колекції «Дерево життя» виробів індустрії моди (автор колекції П. Білоус)

Висновок. Для впровадження дизайнерських ідей практично немає меж. Тому яскраві кольори, вживані матеріали і український розпис, сучасні конструкції виробів, інноваційні підходи і технології є актуальними з точки зору розробки і втілення в життя науково і творчого проєкту.

В даній роботі досліджено і проаналізовано питання концепції сталої моди, актуальності і технологічної можливості вторинного використання текстильних матеріалів для розробки колекції жіночого одягу. Розроблено лінійку ескізів та виготовлено зразки виробів. Доведено теоретико-практичним шляхом доцільність даної розробки. Колекція «Дерево життя» пройшла апробацію і стала призером міжнародного конкурсу «Печерські каштани-2024». Перспективами подальших робіт у даному напрямі є практична реалізація ідей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Огляд ринку. Вітчизняна індустрія моди. / Мій бізнес [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://msb.aval.ua/ru/news/?id=24843>
2. Походенко К.Р. Стала мода як предмет наукових досліджень. Вісник КНУКІМ, Серія «Мистецтвознавство», 2021, 249-256. <https://doi.org/10.31866/2410-1176.45.2021.247403>
3. Leshchyshyn, M., Babych, A., Kernesh, V., Bilous, P. (2022), Use of creative methods and untypical materials in the design of fashion industry products/ ICAMS Proceedings of the International Conference on Advanced Materials and Systems, 2022, pp. 487–492. <https://doi.org/10.24264/icams-22.V.3>
4. Бабич А.І. Інновації в дизайні виробів індустрії моди, не типові матеріали та технології для їх виготовлення. / Бабич А.І., Кернеш В.П., Білоус П.В. // Вісник ХНУ, №6, 2021, 7с.
5. Бабич А.І. Розробка колекції сучасного взуття жіночого асортименту з використанням еко матеріалів. / Бабич А.І., Поповкін І.А. Вісник ХНУ, №6, 2021, 5с.
6. Бабич А.І. Розробка колекції жіночого взуття в еко-стилі з вживаних речей / Бабич А.І., Борщевська Н.М., Федоренко Л.О., Бабич А.О. // Вісник Хмельницького національного університету – 2020. – №3 (285) : Серія "Технічні науки". – 198-203с.

УДК 685.31

ВИКОРИСТАННЯ АПСАЙКЛІНГ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЦТВІ ВЗУТТЯ З ВЖИВАНОГО ХУТРА

Бабич А.І., Липський Т.М., Кравченко І.І.
Київський національний університет технологій та дизайну

З моменту трансформації суспільства все більше з'являється інноваційних дизайнерських рішень [1] щодо виготовлення виробів індустрії моди з вживаних типових та не типових матеріалів галузевого сегменту.

Використання не типових матеріалів та технологій [2-4] для створення і виготовлення виробів індустрії моди сприяє розвитку інноваційних технологій апсайклінгу, глобальному зменшенню відходів і збереженню планети[5,6].

Звичайно дизайнерські вироби виготовлені за принципом апсайклінгу - це ексклюзивні тусовочні і навіть подіумні екземпляри, оскільки не всі матеріали придатні для щоденного використання.

Не стандартне бачення дизайнера та авторські технології роботи з вживаним хутром дають змогу отримати функціональні вироби. [7-10].

Метою роботи є використання апсайклінг технологій та вживаних матеріалів для виготовлення сучасного дизайнерського взуття.

В процесі вивчення і дослідження питання виявлено, що практично увесь існуючий спектр промислових матеріалів можливо використати повторно без переробки. Всі ці матеріали дизайнери різних галузевих спрямувань активно використовують поєднуючи не поєднувані волокнисті структури і фактури створюючи шедеври свого покоління формуючи при цьому модні течії, напрями та стилі.

На етапі дизайнерського задуму творчого проєкту розробниками було вирішено, що колекцію взуття буде виготовлено з вживаного матеріалу, а саме натурального хутра норки, при цьому вироби будуть функціональними та носибельними.

Візуалізація дизайнерських ідей представлена у якості пробних зразків готових виробів виконаних в різних техніках, але з одного матеріалу, а саме з вторинної сировини – натурального хутра норки (рис. 1).



Рис.1. Візуалізація дизайн ідеї виготовлення взуття з вживаних хутряних матеріалів

Висновки. В результаті дослідження згідно тематики даної розробки автори дійшли висновку, що світ дизайну є різноманітним, унікальним та безупинно інноваційним. Не залежно від часу та епохи в моді завжди присутнє дизайнерське бачення світу моди та естетики, яке призводить до творчих експериментів, використання інноваційних матеріалів і технологій. Такі творчі експерименти необхідні щоб підкреслити особливість та індивідуальність дизайнера, а також відобразити його стиль.

Вважаємо даний науковий проєкт актуальним у наш час, оскільки за рахунок використання інноваційних підходів і втілення сміливих думок у подіумні колекції взуття сприяє розвитку дизайнерського мислення студента, молодого дизайнера-початківця, розробці дизайнерами нових конструктивних прийомів, створенню сучасних технологій в модній індустрії, дає можливість урізноманітнити конструктивно-технологічне рішення виробу. І головне у такий спосіб ми можемо спробувати зменшити кількість відходів на планеті Земля використавши вживані матеріали без переробки для створення сучасних дизайнерських виробів і втілити свої професійні мрії у життя.

ЛІТЕРАТУРА

1. Головні правила сучасного дизайну [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.remontbp.com/sovremennyy-interer-2020/>
2. Щербань, Л.О., Костогриз, Ю.О., Керсновська, В. В., Кривенька, Н. В. & Іваницька, В. О. (2018). Інноваційні технології дизайн-проектування сучасного одягу. Технології та дизайн. [Електронний ресурс]. (1), 1-12. Режим доступу: URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2018_1_2.
3. Angelova, Y., Lazov, L., & Mezinska, S. (2017). Innovative laser technology in textile industry: marking and engraving. Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference. (Vol. III), 15–21. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.17770/etr2017vol3.2610>
4. Україна в цифрах: статистичний збірник [Електронний ресурс]. – Київ, 2019. – Режим доступу: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2019/zb/07/Ukr_cifra_2018_u.pdf.
5. Сайт Ecofactor.Ua [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecofactor.ua/blog/knigi-iz-upakovokukraina>.
6. Amosova, E. Yu. (2020). Formirovanie modnyh tendencij pod vozdejstviem innovacionnyh tehnologij. Tekstilnaya promyshlennost. (2), 40–43. <http://dx.doi.org/10.17770/etr2010vol3.2610>
7. Бабич, А.І., Борщевська, Н.М., Федоренко, Л.О., & Бабич, А.О. (2020). Розробка колекції жіночого взуття в еко-стилі з вживаних речей. Вісник Хмельницького національного університету. Серія "Технічні науки", (3), 198-203. <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2021/01/33-5.pdf>
8. Українські еко-бренди [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://shotam.info/top-10-ukrains-ki-eko-brendy-i-aki-pikluiut-sia-pro-dovkillia/>
9. Сайт By-wire.net Innovative garment design. Retrieved from: <http://www.by-wire.net/pages/activities/innovative-garment-design/>
10. Липський, Т.М., Первая, Н.В., & Бабич, А.І.(2021). Розроблення взуття в стилі гранж. Вісник Хмельницького національного університету, Серія "Технічні науки", (1), 192-197. <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2021/08/30-1.pdf>

УДК 677.027

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ ФАРБУВАННЯ НА СПЕЦІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Варданян А.О.¹, Гараніна О.О.¹, Редько Я.В.¹, Романюк Є.О.¹, Абраменко М.М.²
Київський національний університет технологій та дизайну¹, Товариство з обмеженою
відповідальністю «Орган сертифікації персоналу Української асоціації якості»²

Вступ. Відомо, що для текстильних матеріалів спеціального призначення, які володіють антибактеріальними властивостями висувається ряд вимог. Задовільним результатом антибактеріальної обробки таких текстильних матеріалів є стійка дія до впливу патогенних мікроорганізмів; експлуатаційним характеристикам, таким як, стійкість до прання, хімічного чищення та гарячого пресування, не погіршуючи якість та зовнішній вигляд текстильного матеріалу (в залежності від призначення готового виробу) [1].

Для створення якісного продукту виробів легкої промисловості, а саме текстильних матеріалів, які б мали підтверджені антибактеріальні властивості, важливими факторами є вдалий підбір як технологічних параметрів, таких як, температурний режим, модуль ванни, концентрації текстильно-допоміжних речовин, барвників та, за необхідністю, інтенсифікатори [2]. Дослідженню підлягали зразки змішаного складу (поліестер/бавовна/еластан), які фарбували за однаковими кількісними показниками барвника, текстильно-допоміжних речовин та інтенсифікатора (галогенізований продукт фенольного ряду). Обраний в якості інтенсифікатора галогенізований продукт фенольного ряду забезпечує наявність антибактеріальних властивостей.

Галогеновані феноли - це група органічних реагентів, відомих своєю антимікробною активністю і тому широко використовуваних як антисептики та дезінфектанти, фунгіциди та пестициди. Існує кілька дуже відомих представників цього класу, таких як триклозан (5-хлор-2-(2,4-дихлорфеноксифеніл)фенол), диклозан (5-хлор-2-(4-хлорфеноксифеніл)фенол), хлороксиленол (4-хлор-3,5-диметилфенол, в даний час використовується у складі Dettol разом з іншими компонентами), трихлорфенілметилйодосаліцил, а також Tinosan®, до складу якого входять активні біоцидні агенти, такі як диклозан [3].

Ключові слова. Антибактеріальний текстиль, опоряджувальне виробництво, фарбування, температура фарбування, інтенсифікатор.

Мета роботи. Дослідити процес виготовлення антибактеріальних текстильних матеріалів у лабораторних та виробничих умовах; порівняти та проаналізувати одержані результати колористичних та антибактеріальних характеристик при зміні температурного режиму.

Матеріали та методи. Зразки забарвлених текстильних матеріалів змішаного складу із введенням інтенсифікатора у фарбувальну ванну: тканина - Сорочкова біла стрейч, артикул 170663. Склад, %: поліестер – 77; бавовна – 20; еластан – 3%. Методи визначення антимікробної активності на штами: ATCC 6538, ATCC 9027; ATCC 8739. Методи дослідження колірних характеристик колориметром NR 200.

Результати та обговорення. Відомо, що для отримання якісного рівномірного забарвлення поліефірних текстильних матеріалів необхідно проводити фарбування при температурах понад 130 °С. Це зумовлено морфологічною будовою волокноутворюючого полімеру. Використання інтенсифікаторів дозволяє знизити температуру та час фарбування. Для порівняння якісних характеристик (колірні та антибактеріальні) були виготовлені зразки текстильних матеріалів із збереженням технологічного режиму

фарбування. Відмінність полягала в зміні температурного режиму та часу фарбування. Зразки текстильних матеріалів № 1-4 виготовлені в лабораторних умовах Київського національного університету технологій та дизайну (КНУТД). Температура фарбування становила 95 °С, час – 60 хв. [4]. Зразки текстильних матеріалів № 5-8 виготовлені в умовах виробництва ТОВ «ФН«БАРВА». Температура фарбування становила 130 °С, час – 30 хв. Концентрація текстильно-допоміжних речовин, кількості барвника у фарбувальній ванні була незмінною. Для дослідження впливу інтенсифікатора на колірні характеристики було обрано варіювання його концентрацій від 1 до 4 г/л. (таблиця 1)

Таблиця 1 Колірні характеристики зразків текстильних матеріалів

№	К-сть інтенсиф. г/л	L*	a*	b*	C*	H*
фарбування в лабораторних умовах КНУТД						
1	1	48,52	2,62	-11,23	11,53	283,13
2	2	42,21	3,48	-13,58	14,01	284,36
3	3	41,49	2,69	-12,36	12,65	282,28
4	4	41,43	2,51	-9,4	9,73	284,95
фарбування в умовах виробництва ТОВ «ФН«БАРВА»						
5	1	29,71	0,67	-2,33	2,43	286,10
6	2	27,52	1,06	-2,21	2,46	295,7
7	3	27,50	1,56	-1,66	2,28	313,35
8	4	25,52	1,68	-2,45	2,97	304,34

Проаналізувавши результати досліджень, можна визначити, що введення інтенсифікатора впливає на зміну колірних характеристик забарвлених текстильних матеріалів, як в лабораторних умовах КНУТД, так і в умовах виробництва ТОВ «ФН«БАРВА». Зміна температурного режиму від 95 °С до 130 °С призводить до одержання кольору різної інтенсивності за рахунок введення інтенсифікатора у процес фарбування.

Одержані зразки текстильних матеріалів (зразок №4 та зразок №8) підлягали дослідженню на антибактеріальні характеристики. Дослідження проводили в ДУ „Інститут громадського здоров'я Національної Академії медичних наук України” Лабораторії санітарної мікробіології та дезінфектології. За результатами випробувань підтверджено антибактеріальні характеристики забарвлених текстильних матеріалів шляхом випробувань зразків з тест-мікроорганізми *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Escherichia coli* ATCC 8739 та *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 методом визначення зони затримки росту > 4 мм. Таким чином, можна зробити висновки, що антибактеріальна дія характерна для всіх зразків, забарвлених з галогенізованим інтенсифікатором феніл-фенольного ряду. Зміна температурного режиму впливає на колірні характеристики. Збільшення температури призводить до отримання більш насиченого та глибокого кольору.

Висновки. Досліджено вплив температурного режиму на зміну колірних характеристик забарвлених текстильних матеріалів під час введення галогенізованого інтенсифікатора феніл-фенольного ряду в процес фарбування. Варіювання температур та концентрації інтенсифікатора в процесі фарбування може слугувати розширенню колірного асортименту текстильних матеріалів спеціального призначення. Підтверджено, що зміна температурного режиму під час фарбування в лабораторних та виробничих умовах від 95 °С до 130 °С не погіршує антибактеріальні характеристики забарвлених текстильних матеріалів змішаного складу.

ЛІТЕРАТУРА

10. Morais D. Antimicrobial Approaches for Textiles: From Research to Market [Electronic resource] / Diana Morais, Rui Guedes, Maria Lopes // Materials. – 2016. – Vol. 9, no. 6. – P. 498. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/ma9060498>
11. Gutarowska B. Antimicrobial activity of textiles with selected dyes and finishing agents used in the textile industry [Electronic resource] / Beata Gutarowska, Waldemar Machnowski, Łukasz Kowzowicz // Fibers and Polymers. – 2013. – Vol. 14, no. 3. – P. 415–422. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/s12221-013-0415-x>
12. Zanoaga M. Antimicrobial reagents as functional finishing for textiles intended for biomedical applications. I. synthetic organic compounds [Electronic resource] / Madalina Zanoaga, Fulga Tanasa // Chemistry Journal of Moldova. – 2014. – Vol. 9, no. 1. – P. 14–32. – Mode of access: [https://doi.org/10.19261/cjm.2014.09\(1\).02](https://doi.org/10.19261/cjm.2014.09(1).02)
13. Варданыч А. О. Дослідження комплексних показників якості антибактеріальних текстильних матеріалів [Електронний ресурс] / А. О. Варданыч, О. О. Гараніна, Я. В. Редько // Fashion industry. – 2024. – № 1. – С. 61–70. – Режим доступу: <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2024.1.3>

УДК 687.16

ПРОЄКТУВАННЯ СУЧАСНОГО ОДЯГУ З ВИШИТИМИ ОРНАМЕНТАМИ ГУЦУЛЬЩИНИ

Дзикович Т.А., Полуляк Ю.І.

Київський національний університет технологій та дизайну

Метою роботи є розробка та виготовлення творчої колекції з використанням етнічних орнаментів Гуцульщини. Сучасна мода та дизайнери пропонують брати натхнення з різних етнічних джерел та адаптувати композиційні та конструкторські рішення до нових матеріалів та технік. Модельєри представляють поєднання традиційних елементів з новими орнаментальними мотивами та фасонами одягу. Українські бренди вшановують етнічну спадщину та популяризують збереження народних традицій.

В ході роботи здійснено дизайн-проектування колекції жакетів з вишитими орнаментами Гуцульщини. Традиційний декоративний стиль з використанням геометричних фігур, рослинних мотивів і зооморфних елементів, які знайшли своє застосування у різноманітних формах народного мистецтва.

Для виконання поставленого завдання досліджено глибину витоків гуцульського орнаменту, яка сягає дохристиянського періоду, коли розвитку його мотивів сприяли впливи різноманітних культур, включаючи трипільську, скіфську та слов'янську.

Етнічний феномен гуцульського орнаменту 19 – 20 століть став не лише ключовим елементом національної ідентичності, а й оточуючого середовища, знаходячи своє використання в сучасному дизайні, моді та архітектурі. Сучасні споживачі обирають одяг з вишитими елементами, як спосіб прикрашання речей, проте для інших такий одяг, це справжнє мистецтво, яке дозволяє виразити унікальне бачення світу.

Представлена творча колекція жакетів поєднує у собі елементи та мотиви, які поєднуються в єдине ціле, з акцентом на гармонійне композиційне узгодження. Основною ідеєю колекції є представлення різноманітності орнаментів Гуцульщини, як одного з найвиразніших проявів українського мистецтва.

На рисунку представлено технічні рисунки майбутньої колекції жакетів з використанням гуцульської вишивки.



Рисунок – Технічні рисунки жакетів з використанням гуцульської вишивки

Споживачами колекції обрано жінок різних вікових категорій, які цінують красу, жіночність, естетику, живуть у швидкому ритмі та головне обирають такий одяг, як витвір сучасного мистецтва завдяки унікальності орнаментальних композицій вишивки.

В результаті дизайн-проектування розроблено сучасна колекція жакетів з використанням гуцульських орнаментів. Підкреслено збереження культурних традицій та розкрито важливість використання етнічних елементів завдяки сучасній моді.

Література

1. Художня культура і мистецька освіта: традиції та сучасність: Зб. матеріалів Міжн. наук.-творч. конф., Київ, 20-21 листопада 2018 р. Київ: НАКККіМ, 2018. 516 с.
2. Збірник наукових досліджень та тез робіт переможців II етапу Всеукраїнського конкурсу-захисту. Чернівці: КОПНЗ «Буковинська Мала академія наук учнівської молоді», 2022. 278 с.
3. Енциклопедичний словник символів культури України / ред. О. І. Потапенко. Корсунь-Шевченківський : Всесвіт, 2015. 912 с.

УДК 677.017.8

ІННОВАЦІЇ У ФОРМУВАННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ ОДЯГУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Ніколайчук Л. Г.

Національна академія сухопутних військ імені гетьманам П. Сагайдачного, м. Львів

Важливість даної теми обумовлена, відсутністю наукових розробок, присвячених розкриттю аспектів екологічної безпечності текстильних матеріалів та одягу військового призначення. Також відсутність критеріїв оцінки екологічної безпечності текстильних матеріалів для військової форми викликає необхідність розроблення нових та вдосконалення існуючих методів оцінки екологічної безпеки текстильних матеріалів та виробів спеціального призначення. Так в даній роботі розглянуто деякі товарознавчі особливості формування екологічної безпечності текстильних матеріалів та виробів спеціального призначення.

Теперішнє світове виробництво пропонує велику кількість текстильних матеріалів для одягу спеціального призначення – тканин, трикотажних полотен, нетканих матеріалів та інших виробів. Ці матеріали повинні володіти комплексом необхідних споживних властивостей, в тому числі бути безпечними для людини та екологічно безпечними для оточуючого середовища. Використання екологічно чистої сировини та екологічно безпечних технологій для виробництва одягу сприяє отриманню високоякісного екологічно чистого одягу. Процес створення екологічної безпечності текстильних матеріалів для військового одягу залежить від багатьох чинників. А саме, це екологічно чиста сировина, дотримання екологічних вимог до окремих етапів текстильного виробництва та дотримання екологічних правил зберігання, транспортування, експлуатації текстилю та виробів з нього. Від обґрунтованого вибору текстильної сировини, особливостей рецептурно-технологічних режимів, видів обробки залежить рівень екологічної безпеки текстильних матеріалів та виробів з них.

Найбільш відповідальними складовими комплексу одягу є текстильні матеріали, що використовуються для верху та білизни військової форми, тому що вони безпосередньо контактують зі шкідливими чинниками навколишнього середовища та забезпечують захист тіла. Саме тому важливої уваги потребує розгляд розробок стосовно визначення норм гранично допустимих концентрацій найбільш шкідливих для організму людини та навколишнього середовища речовин у текстильних матеріалах для одягу військового призначення, а саме: токсичних й канцерогенних марок синтетичних барвників, залишковій концентрації формальдегіду, важких металів, а також летких речовин, які містяться в поверхнево активних речовинах, обробних препаратах, допоміжних текстильних речовинах та інших. Все це визначає жорсткі вимоги до готової форми одягу та до вибору текстильних матеріалів.

Висновок. В цілому, екологічна та інші види безпечності військового одягу представляють складну проблему, складовими якої є низка різнорівневих елементів з багаточисленими зв'язками, яка повинна вирішуватися в рамках державного регулювання з врахуванням всіх складових екологічної безпеки і розглядатися як невідємна частина національної безпеки держави. Екологічна безпека текстильних матеріалів та готової військової форми визначається здатністю держави на національному рівні створити такі умови, включаючи нормативно-правову базу, які б забезпечували необхідний рівень безпеки продукції. Це в повній мірі стосується і одягових виробів військового призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дурач В.М., Ткачук П.В., Ніколайчук Л.Г., Гушак О.М. Особливості дослідження безпечності текстильних виробів військового призначення. *iScience. Actual scientific research in the modern world. Journal*. Pereiaslav, 2023. Issue 9(101). 157 p. Р. 100-105.
2. Ніколайчук Л. Г. Важливість формування безпечності текстильних матеріалів і одягу військового призначення. *Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості*: Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції молодих вчених та студентів, 22 листопада 2023 року. Хмельницький: ХНУ, 2023. С. 66-67. 355 с.
3. Ніколайчук Л.Г. Актуальність досліджень безпечності обробок текстильних матеріалів військового призначення. *Інновації в управлінні асортиментом, якістю та безпекою товарів і послуг*: матеріали XI-ї Міжнародної науково-практичної конференції (Львів 7 грудня 2023 р.): тези доповідей / Відп. Ред. П.О. Куцик. Львів : Видавництво «Растр-7», 2023. С. 47–49. 202 с.
4. Сукач Г.І., Ніколайчук Л.Г. Проблема дослідження якості та безпечності текстильних товарів. *Вісник Львівської комерційної академії. Серія товаровознавча*, випуск 14. Львів: Видавництво Львівської комерційної академії, 2014. 178 с. С. 97-101.

УДК 685.3

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПО ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ НИЗУ ВЗУТТЯ

Пундик С.І., Кармаліта А.К.
Хмельницький національний університет

Напрямок вдосконалення техніки у взуттєвому виробництві за рахунок підвищення швидкісних режимів машин уже не дає значного ефекту, оскільки частка робочого часу універсальних та автоматизованих взуттєвих машин не перевищує 40% від циклових витрат, а решта часу припадає на допоміжні операції, пов'язані з подачею деталей у зону обробки, їхнім суміщенням, зніманням оброблених деталей тощо. Тому резерв подальшого підвищення продуктивності взуттєвих машин полягає у автоматизації таких операцій за рахунок оснащення машин засобами робототехніки.

Програмні роботи працюють за жорсткою програмою та їх впровадження неможливе без вирішення проблем упорядкування середовища. Впровадження адаптивних роботів вимагає створення чутливих захватів, сенсорних систем. Отже, контроль положення об'єктів роботизації в цьому випадку, як складова частина процесу впорядкування середовища, є одним із вирішальних факторів для роботизації.

Встановлено, що більшість плоских деталей взуття мають асиметрію фрикційних властивостей та величини нерівностей поверхонь, що забезпечує можливість створення механічних способів контролю положення за властивостями поверхонь. Тому нами розроблено модуль орієнтації плоских деталей взуття за властивостями поверхонь, оснащений пристроєм для контролю їх положення та встановлений в автоматичну лінію для обробки таких деталей (рис. 1).

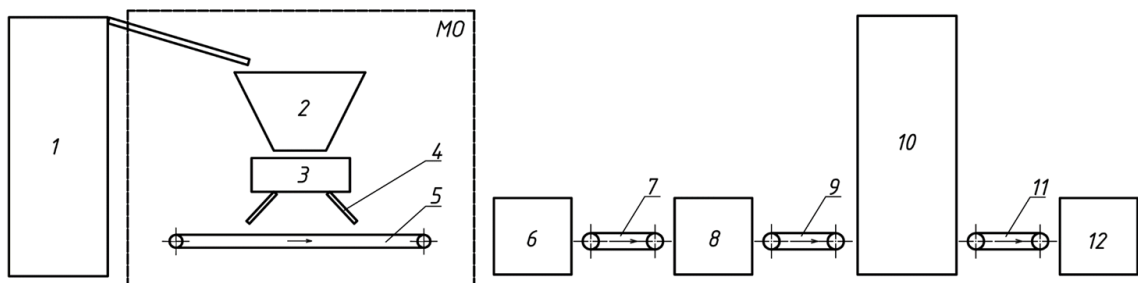


Рисунок 1 – Блок-схема автоматизованої лінії по обробці деталей низу взуття

Застосування модуля орієнтації пропонується в автоматичній лінії по обробці мікропористих підошов з матеріалу EVA.

Технологічний процес обробки мікропористих підошов з матеріалу EVA складається з наступних технологічних операцій: розкрій матеріалів на пресах або автоматичний, шліфування неходової сторони підошви, нанесення клею на шліфовану поверхню, сушка клейової плівки. Саме після операції розкрою необхідно правильно зорієнтувати деталь перед завантаженням її в обладнання для шліфування.

Блок-схема (рис. 1) складається з: 1 – гідравлічного пресу або лазерної розкрійної машини; модуля орієнтації (МО), який в свою чергу складається з: 2 – вібробункера, 3 – пристрою для контролю положення плоских деталей взуття за властивостями поверхонь, 4 – лотків, 5 – стрічкового транспортера; 6 – напівавтомату для шліфування плоских деталей взуття; 7, 9, 11 – стрічкового транспортера; 8 – машини для нанесення клею на плоскі деталі; 10 – тунелю для швидкої сушки; 12 – столу для комплектації деталей.

На блок-схемі (рис. 1) деталі після розкрою 1 потрапляють у модуль орієнтації, який складається з вібробункера 2, з якого вони поштучно подаються до пристрою для контролю положення за властивостями поверхонь 3. Після контролю положення деталі по орієнтуючим лоткам 4 падають на стрічковий транспортер 5 в орієнтованому положенні (неходовою стороною вгору). Далі деталі потрапляють на шліфувальний напівавтомат 6, потім по стрічковому транспортеру 7 на машину для нанесення клею 8.

Після нанесення клею на неходові поверхні, деталі по транспортеру 9 потрапляють в тунель для швидкої сушки та активації клею 10, пройшовши в якому процес сушіння, вивантажуються за допомогою транспортера 11 на комплектацію деталей 12.

Таким чином, після відповідного компонування обладнання один робочий обслуговує вузол розкрою, а інший займається комплектуванням деталей на позиції 12. В результаті цього звільняється один робітник, який раніше працював на ділянці орієнтування плоских деталей та завантаження в шліфувальний напівавтомат.

УДК [687.02:687.03]:7.012(043.2)

РОЗРОБКА КОЛЕКЦІЇ ЖІНОЧОГО ОДЯГУ НА ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОЇ МОДИ ТА ІННОВАЦІЙ

Барсукова С.С., Рубанка А.І., Луцкер Т.В.
Київський національний університет технологій та дизайну

Створення творчої колекції жіночого одягу з урахуванням сучасних тенденцій моди, вимог споживачів та удосконалення методів проектування жіночого одягу, підкреслюючи при цьому важливість сталої моди є досить складною задачею. Сучасна колекція виготовляється з урахуванням екологічності матеріалів і етичності виробництва. Завданням є створення оригінального дизайну, який задовольнить естетичні уподобання цільової аудиторії та спонукає до відповідального споживання в сучасному світі моди.

Об'єктом дослідження є проектування колекції жіночого одягу. Предметом є розробка творчої колекції моделей суконь і блузок жіночих на основі концепції сталої моди із використанням інноваційних технологій і матеріалів.

Останніми роками світ моди зазнав значних змін. Сучасні бренди все більше зосереджуються не лише на естетиці, а й на досягненні сталості та екологічної відповідальності, приділяючи увагу етичному виробництву та використанню відновлюваних ресурсів [1]. Технології також відіграють важливу роль, особливо у виробництві та просуванні нових колекцій. Штучний інтелект застосовується для персоналізації модних рішень, а віртуальна та доповнена реальність забезпечують глибший «занурювальний» досвід для споживачів. Українська мода не лише відображає сучасні світові тренди, а й активно їх формує, поєднуючи культурну унікальність з інноваціями [2].

Враховуючи ці загальносвітові та загальноукраїнські тенденції розроблена авторська колекція, розрахована на цілеспрямованих і незалежних жінок віком 30-45 років, що проживають в мегаполісі, ведуть активний спосіб життя, мають середній рівень доходу, надають перевагу одягу з цікавими конструктивними і декоративними елементами, слідкують за модою і приділяють увагу інноваціям та екології. Основу колекції склали моделі суконь і блузок жіночих.

Цей тип одягу розроблений з урахуванням його впровадження у повсякденний гардероб жінок, тому було важливо забезпечити зручність носіння в різних життєвих ситуаціях. Враховуючи це, розроблені моделі мають напівприлеглий силует, зручний крій

що повторює абрис жіночої фігури. Це було досягнуто за рахунок використання рельєфних швів і підрізів, що дало можливість гармоніювати силует і зовнішній вигляд виробів. Творчі ескізи колекції представлені на рисунку 1.

Також враховуючи потреби споживачів, сучасні соціальні та суспільні виклики була приділена увага екологічному аспекту виробництва, зокрема використано інноваційний екологічний матеріал для виготовлення виробів. Останнім часом у модній індустрії стають все більш застосовуваними матеріали з біорозкладних і перероблених компонентів [3].

Для моделей колекції було обрано високотехнологічний та екологічний матеріал на основі натуральної сировини – ліоцелл, який завдяки своїм унікальним властивостям, є зручним у виготовленні, носінні одягу та догляді за ним. Ліоцелл виготовляється зі штучних волокон на основі деревної целюлози. Матеріал має покращені гігієнічні властивості, що є особливо важливим для одягу, який безпосередньо контактує з тілом людини. Ліоцелл також має високу здатність поглинати вологу, що забезпечує високу повітропроникність та відчуття свіжості навіть у спекотну погоду. Його міцність, стійкість до деформацій та зносостійкість забезпечують ліоцеллу можливість використання у якості основи для створення елегантних силуетів. Тканина вирізняється здатністю зберігати свою первісну форму навіть після багаторазового згинання. Волокна ліоцеллу надають виробам високу міцність і стабільність, що дозволяє їм тримати форму [4,5]. Саме ці переваги даного матеріалу дали можливість задовольнити всі вимоги для зазначеного габітусу споживачів.



Рис. 1. Творчі ескізи авторської колекції

Таким чином, в результаті проведеного дослідження створено колекцію жіночого одягу на основі принципів сталої моди та екологічної відповідальності. Використання інноваційного матеріалу ліоцелл забезпечило не лише естетичну привабливість моделей, а й їх зручність та довговічність. Колекція задовольняє потреби цільової аудиторії, враховуючи їх інтерес до екології та інновацій, що відповідає викликам сучасного світу моди.

ЛІТЕРАТУРА

1. Походенко К. Р. Стала мода як предмет наукових досліджень. Вісник КНУКіМ. Серія «Мистецтвознавство». 2021. № 45. С. 249–256. URL: <https://doi.org/10.31866/2410-1176.45.2021.247403> (дата звернення: 04.03.2024).
2. Технології та мода: креативний симбіоз. Inspired. URL: <https://inspired.com.ua/practice/business/hi-tech-and-fashion/> (дата звернення: 04.03.2024).
3. Пилипюк С. Майбутнє моди: як технології змінюють фешн-індустрію. The Village Україна. URL: <https://www.village.com.ua/village/service-shopping/asking-question-style/275847-fashion-technology> (дата звернення: 04.03.2024).
4. Атлас. Твіл – опис матеріалу, склад і сфера використання - стаття на блозі інтернет-магазину тканин Атлас. Атлас. URL: <https://tkani-atlas.com.ua/ua/tvil-opisanie-materiala-sostav-i-oblast-ispolzovaniya/> (дата звернення: 04.03.2024).
5. JIANG, Xiaoya, et al. A review on raw materials, commercial production and properties of lyocell fiber. Journal of Bioresources and Bioproducts, 2020, 5.1: 16-25.

УДК 687.016.5

ЕРГОНОМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ СПІДНЬОЇ БІЛИЗНИ ДЛЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВИЦЬ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Смикало К. О.

Волинський національний університет імені Лесі Українки

Екіпірування військовослужбовців складається з багатьох речей, однак незмінним у всі часи залишається натільна білизна. Будучи самим першим шаром з усього пакету одягу, на цей вид швейного виробу покладається ряд функцій, серед яких основною є забезпечення гігієни тіла. Відносно інших особливих функцій, то спідня білизна для військовослужбовців не відрізняється від звичайної: вона повинна відводити надлишки поту, тепла, не створювати тертя шкіри, не накопичувати заряди статичної електрики, які у свою чергу притягують пил, легко пратися, бути стійкою до тривалої експлуатації, і, звісно, бути зручною.

Відповідно до [1] комплект білизни складається з наступних предметів: сорочка, кальсони (демісезонні, для холодної погоди), фуфайка з коротким рукавом, майка, труси, шкарпетки (літні, зимові), колготи (літні, зимові). Як видно, у даному переліку відсутні предмети жіночої натільної білизни: бюстгальтери, браlette, топи тощо. Внаслідок цього жінки, які проходять службу у Збройних силах України стикаються з проблемою вибору предметів спідньої білизни для верхньої частини тулуба.

Натільна білизна для жінок складається з двох предметів: бюстгальтер і труси, у той час як для чоловіків білизна може бути вичерпана лише трусами. Наявність предмету білизни для верхньої частини тулубу у жінок є критично необхідною, так як у процесі життєдіяльності, виконання фізичних навантажень зафіксоване положення молочних залоз зменшує навантаження

на серце, хребет, врівноважує баланс тіла, зменшує кількість зон з підвищеною температурою та інше. У сучасному суспільстві існують соціальні течії, які відкидають потребу жінкам носити різного роду бюстгальтери, а також є дослідження в області мамології про шкоду бюстгальтерів [2] однак, як показує практика, в умовах активного фізичного навантаження відмова від даного предмету білизни є недоцільною.

Сучасний ринок спідньої білизни для жінок є дуже різноманітним і насиченим товарами на будь-який смак чи вимогу. Однак, як показує дослідження [3], більшість жінок не вміють правильно визначити свій розмір, у результаті чого вони використовують білизну, яка їм є незручною. Внаслідок цього виникає більшість відомих проблем, пов'язаних з експлуатацією бюстгальтерів: дискомфорт від перетискання молочних залоз, швидка втома м'язів спини, деформація підгрудних каркасів, вихід їх назовні і травмування тіла, витягування еластичних резинок, врізання бретелей у тіло тощо. Іншою проблемою, з якою стикається велика частина жінок, це не ергономічне проектування білизни, а саме: розробка моделей для розмірного ряду без урахування аспектів експлуатації (мала ширина бретельної стрічки для грудей великого розміру, недостатня ширина стану бюстгальтера); використання матеріалів, які не забезпечують виконання гігієнічних функцій; дизайн білизни, який не враховує динамічні навантаження.

Розглянемо більш детально, яким саме має бути ергономічний дизайн спідньої білизни для верхньої частини тулубу у військовослужбовець, і, так як складно визначити середні параметри жінок, які проходять військову службу в силу широкого різноманіття їх фізичних параметрів (вік та розміри), розпочнемо з аналізу аспектів експлуатації.

Покриваючи верхній шар шкіри спідньою білизною, наступним предметом одягу є футболка або майка (залежно від сезону), сорочка, костюм або кітель, штани або спідниця, куртка або тужурка, пальто. Якщо говорити про польову форму (умови полігону), то поверх неї може бути одягнуте захисна амуніція, розвантажувальний жилет, захисні елементи та інше. Служба у Збройних силах передбачає різні професії, тому розглянемо види активності.

Для професій, пов'язаних із логістикою, забезпеченням, діловодством характерний невисокий рівень фізичної активності та носіння повсякденної форми. За таких умов білизна навіть невідповідного розміру не створює дискомфорт більший, ніж у повсякденній експлуатації. В умовах виконання бойових завдань, пов'язаних із небезпекою, а також в умовах керування технікою, використання зброї, носіння амуніції дискомфорт білизни завдає відчутну шкоду.

Найбільший дискомфорт для жінок створює носіння саме захисних елементів екіпірування, тому розглянемо можливі рішення у дизайні білизни виходячи з даного аспекту. Так, тиск верхніх шарів одягу (куртка, жилет, підсумки, зброя), який розташований у зоні грудей, проходить і на зону

молочних залоз, тому для проєктування чашки бюстгальтера необхідно використовувати моделі із більш закритою чашкою та матеріали, які тримають форму (наприклад, більш щільний поролон або текстиль). Для стану бюстгальтера доцільно закласти в конструкцію більшу ширину, яка покращить розподілення ваги грудей по всьому обхвату тулубу, і, як наслідок, використання широкої станової гумки з комфортною поверхнею. Підтримка грудей також має забезпечуватися широкими бретелями або ж необхідно розподіляти вагу на дві бретелі (чашка з боковою підтримкою, додаткові бретелі тощо). Підгрудні каркаси доцільно не розділяти на два, а використовувати монокаркас: таким чином, у процесі експлуатації внутрішній край не буде виходити назовні через шари тунельної стрічки. Також монокаркас утворить поверхню, яка є більш рівномірною, і тиск верхнього пакету амуніції розподілиться на більшу площу, та, відповідно, зменшиться.

Висновки.

1. Спідня білизна для жінок має важливе значення незалежно від виду їхньої діяльності.
2. Служба у Збройних силах України включає забезпечення одностроєм військовослужбовців, однак для жінок залишається невизначним вид білизни для верхньої частини тулубу.
3. Дизайн бюстгальтерів для жінок, які обіймають посади у Збройних силах з різним ступенем фізичної активності повинен бути ергономічним.
4. Проєктування моделей бюстгальтерів з врахуванням ергономічних показників найбільш пов'язаний із особливостями конструювання та вибору матеріалів. При використанні конструкцій із більш закритою чашкою та еластичних резинок більшої ширини можливо отримати моделі, які будуть комфортними для військовослужбовців незалежно від їх фізичних параметрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Зразків військової форми одягу та загальних вимог до знаків розрізнення військовослужбовців та ліцеїстів військових ліцеїв : наказ Міністерства оборони України від 18.07.2017 № 370.
2. Бюстгальтер – хибна необхідність. URL: <https://med-atlant.if.ua/statti-mamologiya/stattya-pro-byusthalter-khybna-neobkhidnis>. (дата звернення: 15.09. 2024).
3. 70% жінок носять не свій розмір бюстгальтера. URL: <https://www.natamoda.com.ua/uk/raznoe/70-procentov-zhenshhin-nosjat-ne-svoj-razmer-bjustgaltera> (дата звернення: 15.09. 2024).

СЕКЦІЯ 4
**«ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН,
МЕХАНІЗМІВ, ВУЗЛІВ, ОСНАЩЕННЯ ВЕРСТАТІВ»**

УДК 631.3.033

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИВОДУ ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ
ДЛЯ МИЙКИ І ОЧИСТКИ ЗАНУРЕНИМ ПУЛЬСУЮЧИМ
СТРУМЕНЕМ РІДИНИ З ТВЕРДИМИ ЧАСТИНКАМИ**

Старий А.Р.

Львівський фаховий коледж індустрії моди Київського національного університету
технологій та дизайну.

Гордєєв А.І.

Хмельницький національний університет

Костюк Н.О.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

На поверхні деталей і складальних вузлів в процесі їх виготовлення, експлуатації машин і устаткування утворюються технологічні та виробничі забруднення. При технічному обслуговуванні та ремонті виникає необхідність очищення та мийки деталей при їх збиранні у вузли. Якісне очищення об'єктів від забруднень досягається комплексним фізико-хімічним і механічним впливом на нього, перше – забезпечується використанням хімічних речовин, що впливають на забруднення, друге – використанням механічної енергії впливу на забруднення (скребки, щітки, струмені рідини, струмені абразиву). та недорогих машин для миття та очищення деталей.

Питаннями теорії та практики очистки і мийки деталей при виготовленні та ремонті займалися багато дослідників, а саме: Ю.С. Козлов, А.А. Куликов, А.П. Садовський, М.Ф. Тельнов, Р. І. Сілін та ін.[1-4] але поява нових технологічних процесів виготовлення деталей, нових вимог до якості ремонту різноманітних об'єктів техніки призводить до пошуку нових технологій і методів та створення нових конструкцій установок для очистки та мийки деталей об'єктів, особливо у дрібносерійному та одиничному типах виробництва при виготовленні деталей і ремонту обладнання. З метою очистки та мийки конкретного забруднення необхідно розробляти технології, які здійснюють зрив забруднюючого матеріалу під дією додаткових напружень, створених на поверхні, що очищається, потоком миючої рідини за допомогою частинок поліестіролової крихти (ПС) або металевих кульок. Для мийки та очистки забруднень перспективним є застосування вібраційних приводів в машинах та явище кавітації, яке має значну руйнівну енергією, а газові пухирці, які не сплеснулись, збільшують силу тертя газорідного потоку на поверхні забруднення [3].

Потреба у створенні недорогих машин для очищення та миття деталей машин при ремонті у дрібносерійному та одиничному виробництві є актуальним науково-технічним завданням. Метою роботи є дослідження впливу конструктивних параметрів вібраційної машини для очищення і мийки на продуктивність процесу та визначення раціональних режимів роботи вібраційного приводу із застосуванням занурених пульсуючих струменів рідини з кавітаційними пухирцями або твердими частинками.

Режими очистки та мийки поверхні деталі потоком миючої рідини (оптимальну технологію) визначають, виходячи з аналізу гідродинамічної взаємодії миючої рідини з частинками з існуючим забрудненням на деталях, а також на підставі аналізу результатів експериментальних досліджень. Не применшуючи при цьому значення фізико-хімічних факторів, обумовлених активністю миючого середовища, вважається, що процес механічного впливу рідини на забруднення є однією з основних умов, що визначає ефективність очистки та мийки. Як відомо [2,9,10,12] найбільша продуктивність процесу мийки характеризується максимальним значенням тиску пульсуючого струменя (або швидкості), на поверхні яка промивається, ступенем його турбулізації, а продуктивність процесу очистки залежить, як від максимального тиску пульсуючого струменя, так і від кількості та масових характеристик твердих частинок, що ежектуються соплом.

Запропонована конструкція вібраційної машини [8,11] містить ванну для очищення забруднень зануреним пульсуючим потоком твердих частинок та ванну для мийки пульсуючим струменем кавітаційних пухирців. Створення пульсуючого струменя в обох ваннах отримується за допомогою камери пульсації з насадком при роботі вібраційного приводу машини. Основними завданнями експериментальних досліджень було: визначення залежності максимального тиску пульсуючого струменя рідини з насадка від режимів роботи приводу, а саме частоти та амплітуди коливань, взаємозв'язку конструктивних параметрів вібраційної машини та співвідношенню діаметра насадка до діаметра камери пульсації. На рис.1 показано фотографію експериментального стенду вібраційної машини для мийки та очистки забруднень потоком твердих часток з встановленим мембранним датчиком тиску над отвором насадка.

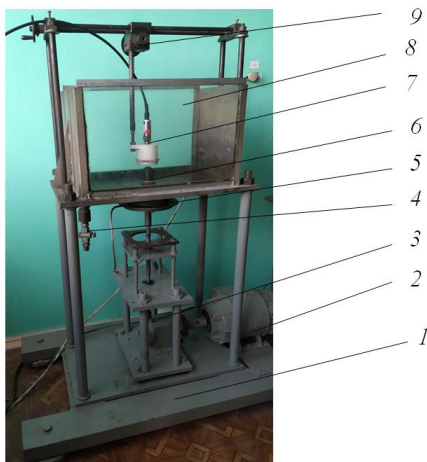


Рисунок 1 – Експериментальний стенд вібраційної машини: 1 – основа; 2 – електродвигун постійного струму; 3 – вібропривід; 4 – зливний кран; 5 – камера пульсації; 6 – насадок; 7 – датчик тиску; 8 – ємність; 9 – механізм переміщення датчика

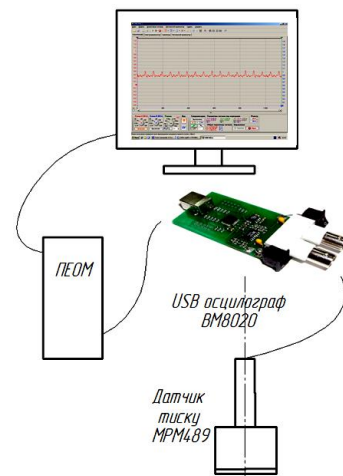


Рисунок 2 – Схема підключення датчика тиску до персонального комп'ютера для вимірювання миттєвого тиску зануреного пульсуючого струменя рідини

Для вимірювання миттєвого значення гідродинамічного тиску зануреного пульсуючого струменя рідини з отвору насадка застосовано тензOMETричний датчик тиску МРМ489 і USB осцилограф ВМ8020, який з'єднаний з персональним комп'ютером через порт USB і обслуговується програмним продуктом «DiSco».

Схема підключення датчика приведена на рис. 2. У камері пульсації 2, при втягуванні рідини, виникає падіння тиску нижче атмосферного і на вході насадка виникає

кавітаційна каверна, з якої кавітаційні пухирці попадають у камеру пульсації 2. Після фази стиснення рідини у камері пульсації 2 пухирці сплескуються, а деякі зменшуються у розмірах та викидаються у струмені рідини і взаємодіють із забрудненою поверхнею, працюючи, як тверді частинки, що зривають шар забруднення. Але поява газової фази 3 у камері пульсації 2 зменшує об'єм рідини, який потім виштовхується з насадка та зменшує величину максимального тиску пульсуючого струменя.

Результати експериментальних досліджень залежності максимального тиску зануреного пульсуючого струменя, який утворюється за допомогою камери пульсації та вібраційного приводу, від частоти коливань та конструктивних параметрів приводу приведені на рис. 3 та рис. 4.

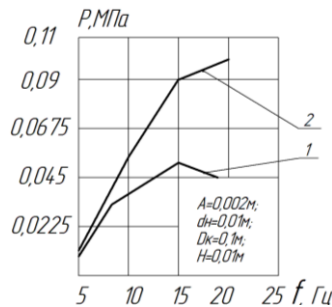


Рисунок 3 – Графіки експериментальних досліджень зміни тиску пульсуючого струменя від частоти:

1 – без зворотного клапана; 2 – із застосуванням у камері пульсації зворотного клапана

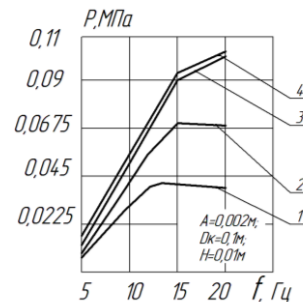


Рисунок 4 – Графіки експериментальних досліджень зміни тиску пульсуючого струменя від частоти із застосуванням зворотного клапана:

1 – діаметр насадка 6 мм; 2 – діаметр насадка 8 мм; 3 – діаметр насадка 10 мм; 4 – діаметр насадка 12 мм

У результаті проведених досліджень (рис. 3) встановлено, що застосування зворотного клапана мембранного типу дозволяє збільшити величину максимального тиску зануреного пульсуючого струменя на частотах від 10 до 18 Гц та уникнути значного росту газової фази при втягуванні рідини у камеру пульсації, що призводить до збільшення продуктивності вібраційної машини на операції очистки. Встановлено (рис. 4), що при збільшенні діаметра насадка при незмінному розмірі камери пульсації тиск пульсуючого струменя зростає але збільшення діаметру насадка до 12 мм не дає значного росту значень миттєвого тиску пульсуючого струменя. Тому для камери пульсації діаметром 100 мм найбільш ефективним по створенню максимального тиску зануреного пульсуючого струменя є насадок діаметром 10 мм. Раціональним діапазоном частот коливання вібраційного приводу машини з досліджень (рис. 4) встановлено, що він знаходиться від 14 до 18 Гц.

Для проведення досліджень процесу очистки забруднень було розроблено експериментальний стенд вібраційної машини для очистки забруднень потоком твердих частинок (рис. 5), який містить основу 1, на якій встановлено вібропривід 2 та електродвигун постійного струму 3. На стійках розміщено ванну 7. На дні ванни 7 через різьбовий отвір закріплено корпус камери пульсації та нагвинчено насадок 4, а між корпусом камери пульсації і диском встановлено пружну мембрану з дисками, яка закріплена до штока віброприводу 2.

Порожнина камери пульсації і ванна може з'єднуватись зворотним мембранним клапаном, який встановлюється у ванну 7. У порожнину ванни 7 встановлено контейнер 6 з боковими сітками та сіткою, яка розташована над насадком 4, у коробі розміщено сопло 2 (рис.6). У контейнер 6 є можливість засипати тверді частки полістиролової крихти (ПС) або металеві кульки. У ванну 7 заливається рідина, яку після спрацювання можна злити

крізь кран. На стійках встановлено гвинтовий механізм руху 8, який дозволяє переміщення у горизонтальному або вертикальному напрямках датчика або зразка, який оброблюється.

Проведено експериментальні дослідження процесу очистки модельних забруднень на стенді (рис. 5) пульсуючим струменем з твердими частинками. У якості твердих частинок застосовувались: крихта полістиролу (ПС) та металеві кульки діаметром 0,8 мм. У якості модельного забруднення використано в'язку суміш пилу на основі пластиліну, яку наносили на поверхню сталевого зразка розміром 40x40 мм. Вигляд зразка із модельним забрудненням до очищення показано на рис.7. На рис.8 показано фотографію зразка з модельним забрудненням після оброблення зануреним пульсуючим струменем рідини з твердими частинками (ПС). Поверхня має шаржований вигляд та спостерігаються результати врізання та зрушення частки забруднення. Процес очищення за часом можна прискорити збільшенням маси твердої частинки застосувавши металеві кульки.

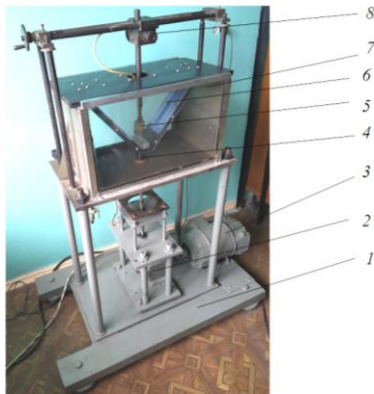


Рисунок 5 – Фотографія стенду вібраційної машини для очистки забруднень потоком твердих частинок деталей: 1 – основа; 2 – вібропривід; 3 – електродвигун постійного струму; 4 – насадок; 5 – пристрій для утримання зразків; 6 – контейнер; 7 – ванна; 8 – механізм переміщення зразка із забрудненням

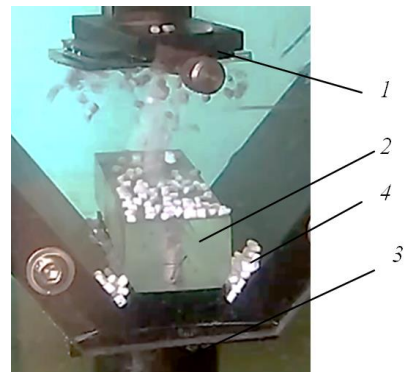


Рисунок 6 – Фотографія тримача зразків та фрагменту сопла з насадком вібраційної машини для очистки забруднень потоком твердих частинок ПС: 1 – тримач зразків; 2 – сопло; 3 – насадок; 4 – тверда крихта ПС

Проведено експериментальні дослідження процесу очистки модельних забруднень на стенді (рис. 5) пульсуючим струменем з твердими частинками. У якості твердих частинок застосовувались: крихта ПС та металеві кульки діаметром 0,8 мм. У якості модельного забруднення використано в'язку суміш пилу на основі пластиліну, яку наносили на поверхню сталевого зразка розміром 40x40 мм. (рис. 7).

На рис. 9,10 показано фотографії зразків з модельним забрудненням після оброблення пульсуючим зануреним струменем рідини з металевими кульками 0,8 мм. На поверхні зразка спостерігаються результати процесу вдавлювання кульки у в'язке забруднення та наступне зрушення частки забруднення при дотичному руху кульки у потоці рідини по поверхні забруднення.

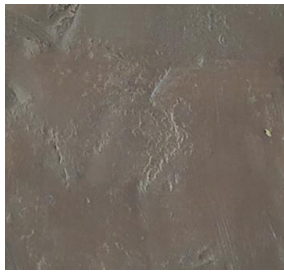


Рисунок 7 –
Фотографія поверхні
зразка з модельним
забрудненням
перед обробленням

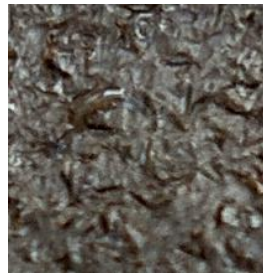


Рисунок 8 –
Фотографія поверхні
зразка з модельним
забрудненням після
оброблення
пульсуючим
струменем рідини з
твердими
частинками (ПС),
кут 90^0



Рисунок 9 –
Фотографія поверхні
зразка з модельним
забрудненням після
оброблення
пульсуючим
струменем рідини
металевими кульками,
кут 90^0



Рисунок 10 –
Фотографія поверхні
зразка з модельним
забрудненням після
оброблення
пульсуючим
струменем рідини
металевими
кульками, кут 125^0

Висновки. У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що застосування зворотного клапану мембранного типу в приводі вібраційної машини для очистки дозволяє збільшити величину максимального тиску зануреного пульсуючого струменя рідини на 0,045 МПа при частотах коливання привода від 14 до 18 Гц, що дає можливість збільшити продуктивності процесу очищення забруднень. Встановлено, що раціональний діапазон частот коливання вібраційного приводу машини для мийки та очистки лежить у межах від 14 до 18 Гц та рекомендована амплітуда коливання вібраційного приводу 2 мм при співвідношенні діаметра насадка до діаметра камери 1:10. У результаті проведених досліджень впливу кута атаки пульсуючого струменя встановлено, що при очищенні в'язких забруднень продуктивність процесу зростає при розташуванні забрудненої поверхні під певним кутом. Рекомендований діапазон кутів атаки зануреного пульсуючого струменя рідини з твердими частинками до поверхні знаходиться в межах 125^0 - 130^0 .

ЛІТЕРАТУРА

1. Козлов Ю. С., Кузнецов О. К., Тельнов Н. Ф. Очистка изделий в машиностроении. М.: Машиностроение, 1982. 261 с.
2. Тельнов Н. Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники. М.: Колос, 1983. 256 с.
3. Садовский В. И. Очистка деталей гидравлическими струями при ремонте тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин : дис. канд. техн. наук : 05.02.08 / В. И. Садовский. М., 1972. 146 с.
4. Сілін Р. І., Гордєєв А. І. Вібраційне обладнання на основі гідропульсатора: монографія. Хмельницький : ХНУ, 2007. 386 с.
5. А. с. 1130422 СССР, МКИ³ В 08 В 3/10. Устройство для мойки мелких изделий / А. И. Гордеев, Р. И. Силин, Н. А. Сивченко. № 3613130/28–12; заявл. 15.04.83; опубл. 23.12.84, Бюл. № 47.
6. А. с. 880519 СССР, МКИ³ В 08 В 3/10. Устройство для промывки изделий / Р. И. Силин, В. П. Кошель, А. И. Гордеев. № 2869224/28–12; заявл. 17.12.79; опубл. 15.11.81, Бюл. № 42.

7. Пат. на корисну модель 116030 України, МПК В03В 5/02. Вібраційна машина для мийки радіотехнічних виробів / А. І. Гордєєв, О. А. Гордєєв, В.Г. Мігаль (Україна); заявник і патентовласник Хмельницький нац. ун-т. у 2016 10059; Заяв. 03.10.2016; Опубл. 10.05.2017, Бюл. № 9.

8. Пат. на корисну модель № 132837, МПК В08В 3/10 Вібраційна машина для очистки забруднень потоком твердих часток та мийки деталей при ремонті обладнання / М. Є. Скиба, А. Р. Старий, А. І. Гордєєв, О. А. Гордєєв. U201810344; Заявл. 19.10 2018. Опубл. 11.03.2019. Бюл. №5.

9. Андилахай А. А. Абразивная обработка деталей затопленными струями. Мариуполь: ПГТУ, 2006. 190 с.

10. Андилахай А. А. Условия повышения производительности абразивной обработки. *Вісник НТУ "ХПІ"*, №53(959). 2012. С. 42-47.

11. Старий А. Р., Гордєєв А. І. Технологія очистки та мийки забруднень деталей машин при ремонті потоком рідини з твердими частками та вібраційна машина для її реалізації. *Вісник ХНУ. Технічні науки*. №4. 2019. С.7-14.

12. Гордєєв А. І., Старий А. Р. Аналіз процесу взаємодії газорідного середовища з поверхнею деталей при мийці перед нанесенням покриттів. Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій. *Тези доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції*. 13-15 верес. 2018 р. Вінниця : ВНТУ, 2018. С. 14-15.

УДК 667.64:678.026

ПОЛІМЕРНЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПОВЕРХОНЬ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Сапронов О.О., Даниленко Д.О., Шаранов В.Д., Сапронова Л.О., Банга М.М.,
Сметанкін С.О., Акбутаєв Т.Б., Романенко Р.М.
Херсонська державна морська академія, м. Херсон

Суттєвого підвищення адгезійних і механічних характеристик полімерних матеріалів досягають шляхом їх наповнення вуглецевими нанодобавками [1]. У ряді наукових праць [2-4] показано, що для забезпечення комплексу властивостей у полімерну матрицю вводять регульований вміст наночасток, що дозволяє впливати на перебіг фізико-хімічних процесів при полімеризації композицій, а отже і кінцеві властивості полімерів. Водночас, вченими [5-7] значної уваги приділено створенню полімерних матеріалів, що містять більш дешеві нанодобавки. Вибір таких наповнювачів обумовлений фізико-хімічними, механічними, морфологічними характеристиками (розмір і геометрія часток, стабільність фазового складу, наявність активних груп на поверхні часток, питома площа поверхні).

Головною задачею є розробити полімерне захисне покриття на основі епоксидного зв'язувача і нанонаповнювача із поліпшеними адгезійними властивостями.

Для формування полімерного покриття використовували епоксидний зв'язувач ЕД-20, який затверджували за допомогою поліетиленполіаміну (ПЕПА).

Як добавку для експериментальних досліджень використано нанодисперсну фулерено-сажову суміш (НФСС), розміром $d = 30-40$ нм і питомою площею поверхні $150-200$ м²/г. При виборі нанонаповнювача враховували не лише його морфологічні і механічні характеристики, але й собівартість. Так, наприклад собівартість нанодисперсної фулерено-сажової суміші на 40% нижча, ніж фулерену, що впливає на економічні

показники кінцевого продукту, а отже, і на масштаби виробництва полімерних покриттів. Вміст наповнювача у епоксидному зв'язувачі змінювали у межах $q = 0,010 \dots 0,100$ мас.ч.

Формування полімерних покриттів виконували у послідовності, описаній у праці [5].

Адгезійна міцність є важливим параметром при експлуатації полімерних покриттів, оскільки визначає їх поведінку при різних змінних факторах. Тому, проводили дослідження впливу НФСС на показники адгезійної міцності (рис. 1).

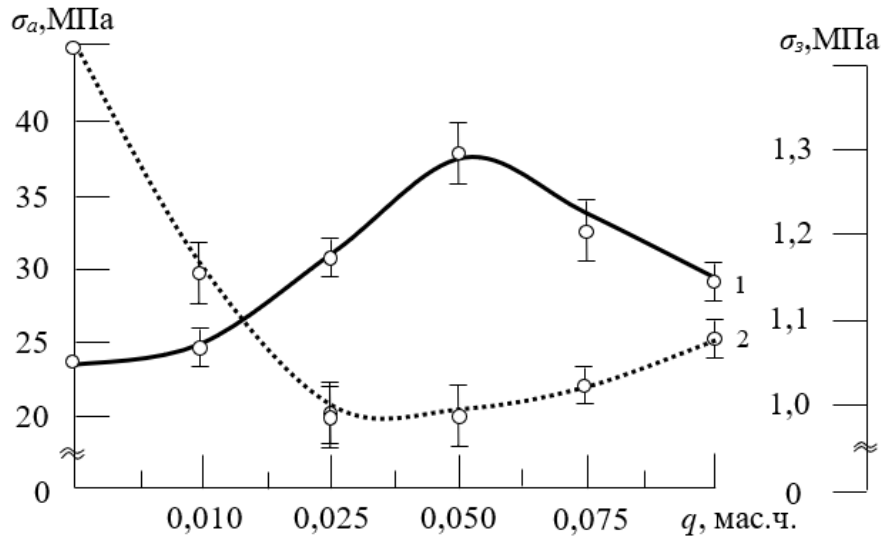


Рисунок 1 – Залежність адгезійних характеристик від вмісту нанодисперсної фулерено-сажової суміші: 1 – адгезійна міцність при відриві (σ_a); 2 – залишкові напруження (σ_z)

Експериментально встановлено, що введення НФСС у полімер за вмісту $q = 0,010$ мас.ч. суттєво не впливає на показники адгезійної міцності (рис.1). Відповідно, руйнування поверхні адгезійного з'єднання подібне до епоксидної матриці – адгезійне. При введенні НФСС за вмісту $q = 0,025 \dots 0,075$ мас.ч. спостерігали когезійний характер руйнування і відповідно максимальне підвищення показників адгезійної міцності ($\sigma_a = 32,0 \dots 36,0$ МПа).

Підвищення показників адгезійної міцності пов'язано із значною кількістю некомпенсованих зв'язків на поверхні наночастинок, а, отже, і високою поверхневою енергією, обумовленою питомою площею поверхні. Це у свою чергу забезпечує значну реакційну здатність до взаємодії системи «наночастка-полімер-основа». Введення НФСС понад $q = 0,075$ мас.ч. призводить до зменшення адгезійної міцності ($\sigma_a = 29,0$ МПа).

Висновки. Досліджено вплив нанодисперсного наповнювача на показники адгезійної міцності. Встановлено, що для формування полімерних покриттів із поліпшеними показниками адгезійної міцності доцільно використовувати нанодисперсну фулерено-сажову суміш за вмісту – $q = 0,050$ мас.ч. Такі полімерні покриття характеризуються максимальним значенням адгезійної міцності – $\sigma_a = 36,0$ МПа і мінімальним значенням залишкових напружень – $\sigma_z = 1,0$ МПа.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Букетов А.В., Сметанкін С.О., Чернявська Т.В., Браїло М.В., Сапронов О.О., Соценко В.В., Юренін К.Ю., Кулінич В.Г., Якущенко С.В., Яцюк В.М. Метод підвищення ресурсу роботи устаткування річкового та морського транспорту за рахунок використання модифікованих захисних антикорозійних покриттів: монографія. Херсон. 2021. 126 с.

2. Nurioglu A.G., Catarina A., Esteves C., de With G. Non-toxic, non-biocide-release antifouling coatings based on molecular structure design for marine applications. *J Mater Chem.* 2015. B 3:6547–6570.

3. Stukhlyak, P.D., Holotenko, O.S., Dobrotvor, I.H., Mytnyk, M.M., Investigation of the Adhesive Strength and Residual Stresses in Epoxy Composites Modified by Microwave Electromagnetic Treatment, *Mater. Sci.* 2015. vol. 51, no. 2, pp. 208–212.

4. Kashytskyi, V., Savchuk, P., Malets, V., Herasymiuk, Y., and Shchekhlov, S., Examining the Effect of Physical Fields on the Adhesive Strength of Protective Epoxy Composite Coatings, *East-Eur. J. Enterprise Technol.* 2017. vol. 3, no. 12 (87), pp. 16–22.

5. Sapronov O., Buketov A., Kim B., Vorobiov P., Sapronova L. Increasing the Service Life of Marine Transport Using Heat-Resistant Polymer Nanocomposites. *Materials.* 2023. Vol. 17. 1503.

6. Буря А.И., Кузнецова О.Ю. Исследование свойств нанокомпозитов на основе ароматического полиамида и фуллереновой черни. *Вестник ХНАДУ.* 2010. 51. С.96-99.

7. Sapronov O.O., Vorobiov P.O., Yakushchhenko S.V., Sapronova A.V., Sotsenko V.V., Yurenin K.Yu., Lytvynenko O.V. Multifunctional polymer composites for oil and gas production complex equipment. *Journal of Hydrocarbon Power Engineering.* 2022. 9(2). P. 45-52.

Публікація містить результати досліджень, проведених у рамках НДДКР молодих вчених «Підвищення надійності морського та військово-промислового транспортного комплексу шляхом використання новітніх корозійностійких і протиобростаючих полімерних нанокомпозитів» (№ д.р. 0124U001881).

УДК 667.64:678.026

ПОЛІМЕРНЕ ПОКРИТТЯ СТИЙКЕ ДО НАВАНТАЖЕНЬ УДАРНОГО ХАРАКТЕРУ

Соценко В.В., Сапронов О.О., Сапронова А.В., Воробйов П.О.,
Фостик П.П., Браїло М.В., Іванічев Б.В.

Одним із напрямків підвищення довговічності технологічного устаткування і металоконструкцій транспортних засобів є використання захисних покриттів [1-3]. Нові покриття повинні забезпечувати здатність чинити опір деформуванню, витримувати перемінні навантаження, агресивні середовища [4]. Тому, поєднання зазначеного комплексу властивостей полімерних покриттів, дозволить відмовитись від традиційних ґрунтівок і фарб, що використовують для захисту технологічного устаткування і металоконструкцій транспортних засобів.

Головною задачею є розробити полімерне захисне покриття на основі епоксидного зв'язувача і нанонаповнювача із поліпшеними показниками міцності.

Для формування полімерного покриття використовували епоксидний зв'язувач ЕД-20, який затверджували за допомогою поліетиленполіаміну (ПЕПА).

Як активну добавку для експериментальних досліджень використано нанодисперсну фулерено-сажову суміш (НФСС). НФСС є нановуглецевим матеріалом, який отримано при синтезі фулеренів за технологією лазерного випаровування графіту. Розмір НФСС складав 30-40 нм, питома площа поверхні 150-200 м²/г, вміст фулеренів – не більше 0,1%.

Ударну в'язкість (W) визначали за методом Шарпі відповідно до ASTM D6110–18 на маятниковому копрі МК-30 при температурі $T = 298 \pm 2$ К і відносній вологості

$d = 50 \pm 5 \%$. Використовували зразки з такими параметрами без надрізу: $(63,5 \times 12,7 \times 12,7) \pm 0,5$ мм. Відстань між опорами $40 \pm 0,5$ мм. При цьому дослідження структури епоксидних композитів проводили методом растрової електронної мікроскопії з використанням мікроскопу LEO EVO 50 (Zeiss, Germany). Попередньо встановлено, що ударна в'язкість епоксидної матриці становить – $W = 7,0$ кДж/м². При цьому поверхня руйнування зламу полімерної матриці здебільшого однорідного характеру. Однак при збільшенні електронного мікроскопа можна спостерігати присутність крихких ділянок полімеру, що узгоджується з працями [5-7]. Слід зазначити, що введення часток НФСС за вмісту наночасток $q = 0,010$ мас.ч. не впливає на рельєф поверхні зламу, однак спостерігали зменшення крихких ділянок. Це дозволяє підвищити ударну в'язкість полімеру до $W = 8,3$ кДж/м², відносно епоксидної матриці. Введення НФСС за вмісту $q = 0,025-0,075$ мас.ч. приводить до підвищення механічної характеристики з $W = 7,0$ кДж/м² до $W = 14,7-15,2$ кДж/м². Дослідження рельєфу зламу при збільшенні у $\times 1000$ дозволило виявити різнонаправленість ліній сколу. Тому, підвищення міцності полімеру пов'язано із значною енергією, яка затрачена на удар. Це у свою чергу дозволяє констатувати про високий ступінь зшивання наповненого полімеру. Ведення НФСС понад $q = 0,100$ мас.ч. призводить до зменшення значення ударної в'язкості до $W = 10,4$ кДж/м², що пов'язано із присутністю агломератів у структурі полімеру. Це забезпечує високі значення залишкових напружень, а, отже, і незначну ударну в'язкість матеріалів. Отже, зміна вмісту нанодисперсної фулерено-сажової суміші забезпечує зміну структури полімерних матеріалів. Тобто спостерігали перехід від крихкої полімерної структури до більш в'язкої, що суттєво впливає на фізико-механічні характеристики, а отже, і на термін експлуатації епоксидних композитних покриттів.

Висновки. Для формування матеріалів стійких до впливу навантажень ударного характеру, необхідно у епоксидний зв'язувач ЕД-20 вводити нанодисперсну фулерено-сажову суміш за вмісту $q = 0,050 \dots 0,075$ мас.ч. Значення ударної в'язкості таких матеріалів становить – $W = 15,0-15,2$ кДж/м². Методом електронної мікроскопії встановлено формування гомогенної поверхні руйнування композитів, що свідчить про рівномірний розподіл наночасток у об'ємі полімеру, а, отже, високі міцнісні характеристики розробленого нанокompозиту.

Список літератури:

1. Букетов А.В., Сапронов О.О., Браїло М.В., Букетова Н.М., Dulebová L., Алексенко В.Л., Яцюк В.М. Відновлення засобів транспорту фулереновмісними епоксикомпозитами. Херсон: ХДМА. 2018. 164 с.
2. Demchenko, V.L., Kobylynskyi, S.M., Riabov, S.V., Shtompel V.I., Iurzhenko, M.V., Rybalchenko, N.P. Novel approach to the formation of silver-containing nanocomposites by thermochemical reduction of Ag⁺ ions in interpolyelectrolyte-metal complexes. *Applied Nanoscience*. 2020. vol. 10, no. 12, pp. 5409–5419.
3. Stukhlyak, P.D., Holotenko, O.S., Dobrotvor, I.H., Mytnyk, M.M., Investigation of the Adhesive Strength and Residual Stresses in Epoxy Composites Modified by Microwave Electromagnetic Treatment, *Mater. Sci.* 2015. vol. 51, no. 2, pp. 208–212.
4. Buketov A., Sapronov O., Menou A., Syzonenko O., Sapronova A., Panin S. Resistance to impact of loads of shock nature of protective coatings intended for protection of boat devices of water transport. *TRANSBALTICA 2021*. LNITI. 2022. pp. 1–9,
5. Buketov A., Sapronov O., Klevtsov K., Kim B. Functional Polymer Nanocomposites with Increased Anticorrosion Properties and Wear Resistance for Water Transport. *Polymers*. 2023; 15: 3449.
6. Браїло М.В., Кобельник О.С., Якущенко С.В., Bencheikh L., Яцюк В.М.: Дослідження ударної в'язкості епоксикомпозитних матеріалів. Матеріали 7-ї Міжнародної

наук.-практ. конф. «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування». Херсон. 2016. pp. 161–162.

7. Ходаковський О.В., Амелін М.Ю., Гусев В.М., Якущенко С.В., Браїло М.В. Захисні покриття з двокомпонентною добавкою для транспортної техніки. *Науковий вісник ХДМА*. 2017. 2 (17), 218–229.

Публікація містить результати досліджень, проведених у рамках НДДКР молодих вчених «Підвищення надійності морського та військово-промислового транспортного комплексу шляхом використання новітніх корозійностійких і протиобростаючих полімерних наноконкомпозитів» (№ д.р. 0124U001881).

УДК 621.74.041; 621.745:669.13

АНАЛІЗ БРАКУ ВИЛИВКІВ ЦИЛІНДРОВОЇ ГРУПИ

Дейнега А.В., Мазорчук В.Ф.

Український державний університет науки і технологій

Залізничний транспорт України внаслідок розвиненості інфраструктури відіграє надважливу роль в дорожньо-транспортному комплексі країни. Об'єм тепловозних перевезень у загальній частці вантажних і пасажирських перевезень залишається високим, особливо в умовах дефіциту електроенергії.

На збереження довговічності роботи тепловоза впродовж усього періоду експлуатації найбільш значний вплив здійснює надійність дизельного двигуна. Втулка циліндра є однією з найбільш навантажених деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ), яка експлуатується в жорстких умовах впливу високих температур, механічних навантажень і тиску, що створюється поршнем.

Виливки втулка циліндрів судових і тепловозних двигунів виготовляють литтям у форми з піщано-глинистими і холоднотвердіючими сумішами, а також методом відцентрового лиття заготовок.

Готові вироби згідно з технічними вимогами перевіряють на відсутність дефектів на внутрішній поверхні (тріщини, рихлоти, раковини), контролюють механічні властивості, мікроструктуру, проводять гідровипробування.

На ПрАТ «ДТРЗ» виливки втулка циліндра тепловоза виготовляють із низьколегованого сірого чавуну марки АХНММ (таблиця 1), литтям у форми з холоднотвердіючими сумішами

Таблиця 1

Хімічний склад втулкового чавуну

	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cr	Cu
мін	2,95	1,5	0,8	0,08	-	0,4	0,4	0,2
макс	3,4	2,0	2,5	0,16	0,15	0,6	0,6	0,5

Комплексне легування такими елементами як хром, нікель, молібден, мідь призводить до отримання більш дисперсних перлітних включень та підвищення зносостійкості. [1,2]. За деякими даними вплив міді позначається на поліпшенні трибологічних характеристик чавуну [3].

Аналізом статистичних даних на підприємстві встановлено, що основними видами браку є дефекти у вигляді раковин і рихліт. Під час візуального огляду відбракованих

втулок після механічного оброблення, на внутрішній її поверхні в середній частині виливки в зоні протилежній до живильної ливникової системи, виявлено дефекти у вигляді рихлот площею від 50 x 50 до 100 x 200мм.

Під час вивчення шліфів із зон цих дефектів за допомогою оптичного мікроскопа Axiovert 200M MAT у 12,5 разів виявлено дендрити різної орієнтації, розташовані в несплошностях металу у вигляді рихлот, при цьому їх поверхня трохи окислена (рис. 1). Це свідчить про те, що метал у зоні цих дефектів кристалізувався сповільнено порівняно з тілом виливки, тому що тільки в цьому випадку можуть утворюватися дендрити.

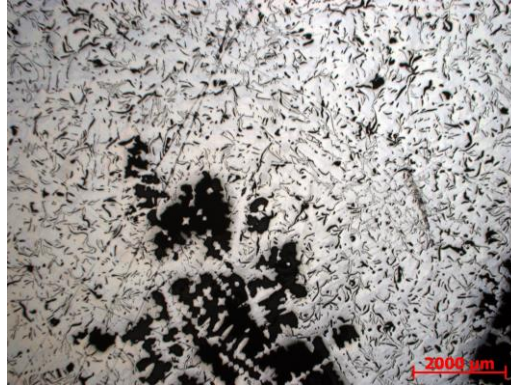
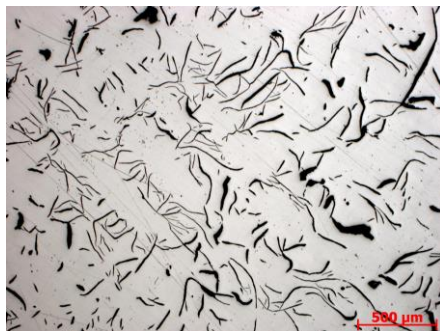


Рисунок 1 – Загальний вигляд та структурна неоднорідність досліджуваного зразка, $\times 12,5$:

Аналіз мікроструктури зразків, показав, що структура зразка відповідає структурі сірого чавуну з пластинчастим графітом на перлітній основі (рис. 2,3). Ферит майже відсутній, у окремих ділянках не перевищує бал П96 (Fe 4) за шкалою 6. Оскільки дисперсність пластинчастого перліту металевої основи змінюється в широкому діапазоні навіть усередині одного мікрополя, тому ділянки фериту спостерігалися в результаті сильного розрідження пластинок перліту. Крім таких аномальних структур фериту, ділянки структурно-вільного фериту зустрічаються дуже рідко.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2. – Графітові елементи у досліджуваному зразку: а – $\times 50$, б – $\times 100$, в – $\times 200$, г – $\times 500$

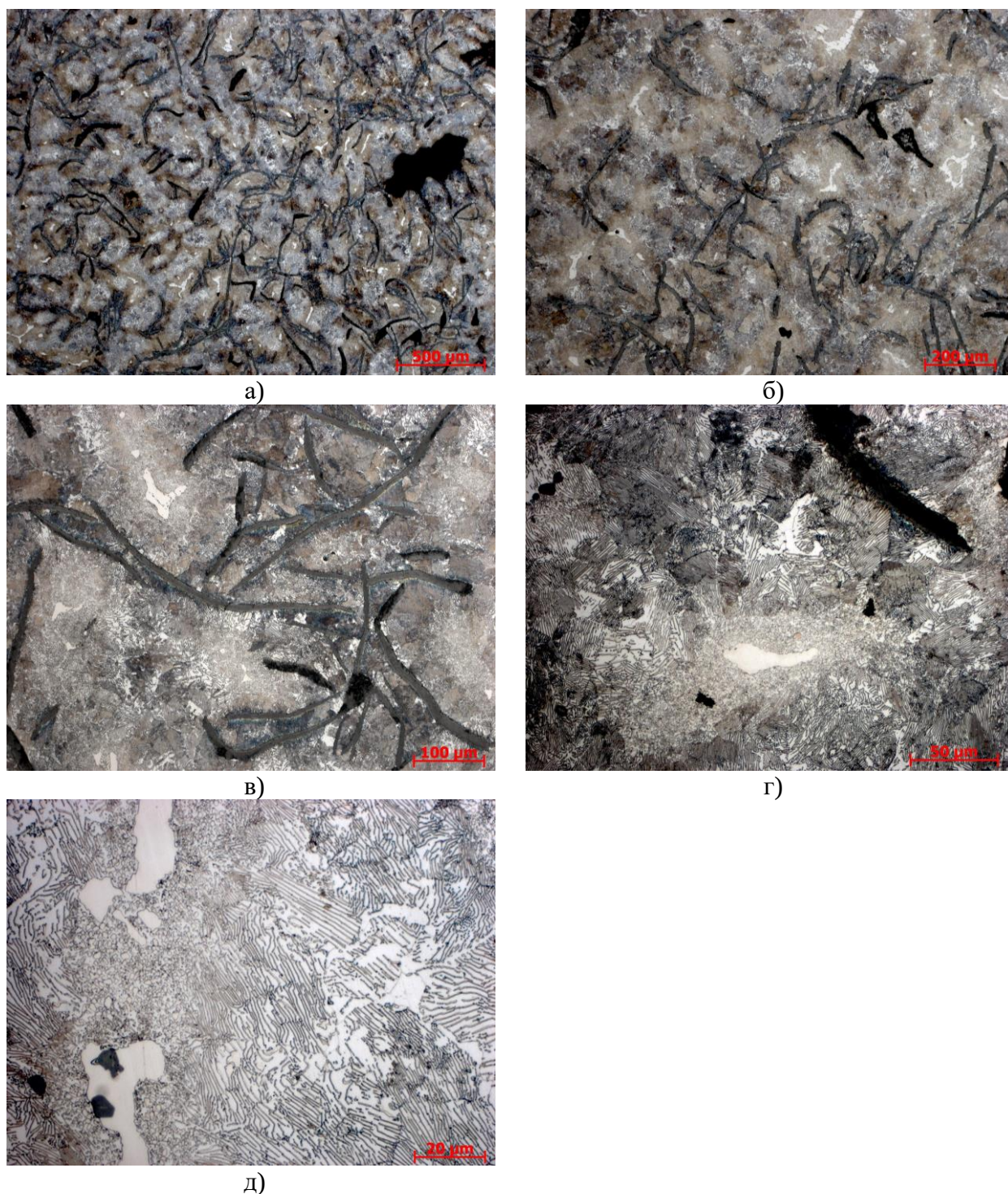


Рисунок 3. – Структура чавуну, травлення ніталем: а – $\times 50$, б – $\times 100$, в – $\times 200$, г – $\times 500$, д – $\times 1000$

Висновки

На основі аналізу браку, а також дослідженням відбракованих виробів встановлено, що основними видами браку виливки втулка циліндра тепловоза є раковини та рихлоти. Дослідженням структури встановлено, що рихлота у виливках втулок за своєю природою є усадочною.

Аналіз мікроструктури зразків, показав, що структура зразка відповідає структурі сірого чавуну з пластинчатим графітом на перлітній основі, дисперсність пластинчастого перліту металевої основи змінюється в широкому діапазоні.

ЛІТЕРАТУРА

- 1.Гіршович Н.Г. Кристалізація і властивості чавуну у виливках. - М.: Машиностроение, 1966. - 568 с.
- 2.Мельников В.П., Гамза А.П. Механічні властивості чавуну для великих виливків циліндрової групи // Ливарне виробництво 1990 - №3 - С.32.
3. Асташкевич Б.М., Булюк А.С. Зносостійкість і механічні властивості циліндрового чавуну, легованого міддю і бором. // Ливарне виробництво.- 1992.-№1.- С.14.

УДК 629.1

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДУ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Букетов А.В., Шульга Ю.М., Юренін К.Ю., Сметанкін С.О.
Херсонська державна морська академія

На попередньому етапі досліджено вплив кількості модифікатора і дисперсного наповнювача на адгезійні властивості епоксидних композитів. Встановлено критичний вміст у полімерній матриці модифікатора – 2,4-діаміноазобензол-4'-карбонової кислоти та дисперсного наповнювача – синтезованої порошкової титано-алюмінієвої шихти (дисперсність часток – $d = 8...12$ мкм). При цьому важливим є поєднання наведених вище інгредієнтів при формуванні композитів для адгезійного і поверхневого шарів з метою формування покриттів різного функціонального призначення для водного транспорту. У цьому контексті доцільним і необхідним є використання методу математичного планування експерименту, що дозволяє скоротити кількість проведених досліджень і оптимізувати вміст інгредієнтів для отримання матеріалів з максимальними показниками вибраних характеристик.

У результаті при аналізі адгезійної міцності отримали наступне рівняння регресії:

$$y = 44,46 + 0,52x_1 - 1,28x_2 - 3,68x_1^2 - 2,18x_2^2 - 0,02x_1x_2.$$

Для статистичної обробки отриманих результатів експерименту проведено перевірку відтворюваності дослідів за критерієм Кохрена для фіксованої ймовірності $\alpha = 0,05$, що підтвердило відтворюваність дослідів.

Значущість коефіцієнтів регресії визначали за критерієм Стюдента, а адекватність отриманої моделі перевіряли за критерієм Фішера.

Наведене рівняння дозволяє лише передбачити значення вихідної величини для будь-якої точки в середині області варіювання факторів. Однак, з його допомогою можна побудувати графіки залежності вихідної величини (адгезійної міцності композитів) від будь-якого фактору (чи двох факторів).

Висновки. На основі експериментальних досліджень встановлено, що обидва фактори є значущими. Слід зазначити, що більший вплив мають квадратні залежності основного та додаткового наповнювачів на показники адгезійної міцності (згідно з картою Парето). Аналізуючи розраховану поверхню відгуку визначено, що оптимальні показники адгезійної міцності при відриві (43,8...44,2 МПа) має розроблений епоксидний композит, що містить у епоксидному зв'язувачі модифікатор – 2,4-діаміноазобензол-4'-карбонової кислоти у кількості 0,5...1,0 мас.ч. та дисперсний наповнювач – синтезована порошкова титано-алюмінієва шихта за вмісту 0,05...0,10 мас.ч.

УДК 669.01

НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕРМІЧНОЇ ТА ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ

Ляшко О.В.

Херсонський національний технічний університет

Одними з найефективніших технологій впливу на метали та сплави з метою покращення характеристик виробів, які з них виготовляються, є термічна обробка та хіміко-термічна обробка. Термічна та хіміко-термічна обробки дозволяють значно змінювати структуру та властивості металів і сплавів, дозволяючи створювати матеріали з заданими показниками твердості, пластичності, міцності, в'язкості, зносостійкості або їх поєднанням, зняти внутрішні напруження та наклеп, тощо.

Попри значний розвиток технологій термічної та хіміко-термічної обробки сталі, їх дослідження не втратило актуальності, що обумовлено постійним підвищенням вимог до властивостей матеріалів та сплавів, а також постійним розширенням можливостей для удосконалення цих технологій, які надає сучасна наука.

А складність процесів, що відбуваються в металі під впливом температури, широкий спектр матеріалів, які можуть бути застосовані, а також складність самих технологічних процесів термічної, хіміко-термічної обробки та забезпечення заданих властивостей металів та сплавів в їх результаті, забезпечують безмежний потенціал для подальшого розвитку цих технологій.

Незважаючи на високий ступінь розвитку, сучасні технології термічної та хіміко-термічної обробки металів і сплавів не є досконалими.

Серед недоліків існуючих технологій можна виділити:

- Складність створення однорідної структури по всьому об'єму деталі після термообробки, особливо для великогабаритних виробів або деталей зі складною геометрією.
- Складність забезпечення рівномірного нагрівання та охолодження, що призводить до внутрішніх напружень.
- Виникнення деформацій внаслідок зміни розмірів деталі при нагріванні та охолодженні, а також при фазових перетвореннях.
- Виникнення поверхневих дефектів внаслідок окислення та декарбуризації.
- Висока енергоємність процесів термічної та хіміко-термічної обробки, обумовлена застосуванням високих температур та тривалого часу окремих процесів.
- Негативний вплив технологічних процесів на екологію внаслідок виділення при деяких видах термічної обробки шкідливих газів та частинок, що забруднюють навколишнє середовище.

Сучасний рівень розвитку науки і технологій надає широкі можливості для удосконалення технологій термічної та хіміко-термічної обробки металів і сплавів.

Серед перспективних шляхів удосконалення термічної та хіміко-термічної обробки можна виділити наступні.

- Застосування нових методів нагрівання та охолодження, таких як лазерне та електронно-променеве нагрівання, які дозволяють локально нагрівати невеликі ділянки деталі; застосування наднизьких температур для отримання надтонких мартенситних структур і підвищення міцності сталі;

- Застосування нових легуючих елементів та їх комбінацій, зокрема дослідження впливу рідкоземельних металів на структуру і властивості сталі, застосування нанотехнологій.
- Застосування методів комп'ютерного моделювання для точного прогнозування результатів термічної обробки.
- Застосування штучного інтелекту з метою виявлення складних залежностей між великою кількістю параметрів та прогнозування властивостей матеріалів з високою точністю.
- Впровадження індивідуалізованої термічної обробки з метою забезпечення однорідності властивостей по всьому об'єму деталей зі складною геометрією.
- Розробка нових технологій, які не використовують шкідливі для навколишнього середовища речовини.
- Пошук способів зниження енергоспоживання при проведенні термічної та термохімічної обробки.

Висновки. Технології термічної та хіміко-термічної обробки сталі мають значний потенціал розвитку, оскільки складність процесів, що відбуваються в металі під впливом температури, широкий спектр матеріалів, які можуть бути застосовані, а також складність самих технологічних процесів термічної, хіміко-термічної обробки та отримання в їх результаті заданих властивостей металів та сплавів надають широке поле для їх досліджень та удосконалення.

Проте сучасний рівень розвитку суміжних технологій, окрім традиційних, дозволяє визначити нові напрямки удосконалення технологій термічної та хіміко-термічної обробки сталі, спрямовані на підвищення ефективності досліджень завдяки застосуванню цифрових технологій, застосуванню нових матеріалів та методів нагрівання та охолодження, зниження енергоспоживання та підвищення екологічності цих технологій.

Дослідження нових напрямків удосконалення технологій термічної та хіміко-термічної обробки сталі є необхідним для забезпечення темпів розвитку цих технологій, які б відповідали темпам розвитку сучасних науки та технологій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. -3-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1990. —528 с: ил. ISBN 5-217-00858-X
2. Химико-термическая обработка металлов. Учебное пособие для вузов. / Лахтин Ю. М., Арзамасов Б. Н. — М.: Металлургия, 1985 . — 256 с.
3. Лахтин Ю. М. Металловедение и термическая обработка металлов: учебник. 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Альянс, 2015. 447 с.
4. Черненко В. Металознавство./ В.Черненко, О. Бялік, В. Писаренко, Ю. Москаленко.- Львів. : Політехніка, 2018. 384 с.
5. Вплив хімічного складу, температури нагріву та швидкості охолодження на формування структурних складових сталей. Металознавство та термічна обробка металів, № 1 (100), 2023 р., ISSN 2413-7405.
6. Бабаченко О. І., Тубольцев Л. Г., Меркулов О. Є., Левченко Г. В. Науково-технічне супроводження Концепції сталого розвитку чорної металургії України. Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. 2022. Вип. 36. С. 4-20. DOI: 10.52150/2522-9117-2022-36-4-20.

7. Дослідження структури та властивостей жароміцних нікелевих сплавів після формоутворення методом селективного лазерного плавлення. *Металознавство та термічна обробка металів*, № 2 (101), 2023, ISSN.
8. Моделювання методом кінцевих елементів зміни температури за перетином ободу в процесі термічної обробки залізничних коліс зі сталей різного хімічного складу. *Металознавство та термічна обробка металів*, № 3, 2018 р., ISSN 2413-7405.
9. Основні напрями розвитку технологій термічної обробки заготовок для стволів артилерійських систем / Л. М. Дейнеко, В. М. Надтока, П. І. Лобода, Д. В. Гарбуз // *Металознавство та термічна обробка металів*. – 2019. – № 2. – С. 36-45.

УДК 621.926

ДИНАМІЧНІ МОДЕЛІ БАРАБАННОГО МЛИНА ПРИ ЗУПИНЦІ

Проценко В.О.¹, Малащенко В.О.²,

¹Херсонський національний технічний університет, Україна,

²Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Приводи барабанних млинів є достатньо нетиповими в динамічному сенсі системами, оскільки містять барабан із пересувним заповненням, поведінка якого міняється залежно від заповнення, режиму роботи, зокрема частоти обертання та ін. Такі приводи дещо відрізняються за конструкцією залежно від призначення, наприклад, вуглерозмелювальні млини із кульовим заповненням барабана та рудорозмелювальні млини самоподрібнення чи інші [1-3], проте загальним превалюючим видом відмови для них є поломка вала підвінцевої шестерні.

Динаміка пуску приводів цих машин активно досліджувалася з урахуванням жорсткості відкритої передачі, зміни положення заповнення барабану, динаміки електромагнітних процесів привідного електродвигуна, жорсткості фундаменту і т.д. Щоправда, у роботі [4] зустрічаємо фразу про те, що дослідження динаміки процесу вільного вибігу млина не являє інтересу і тому не досліджується. Але поломка вала підвінцевої шестерні відбувається якраз під час вільного вибігу, що останню тезу дещо знецінює. Динамічна система, яку утворює барабан та ротор електродвигуна в такому випадку стає еквівалентною фізичному маятнику з періодичними зупинками барабану в крайніх положеннях із наступними розгонами за рахунок накопиченої потенційної енергії заповнення барабану. Тому під час вільного вибігу має місце знакозмінний цикл зміни напружень у валі підвінцевої шестерні, що і призводить до поломки. Іншим фактором, що потребує урахування накладають умови роботи відкритої зубчастої передачі барабана за наявності інтенсивного абразивного зношування робочих поверхонь зубців. В такому випадку необхідно враховувати наявність зазорів в зачепленні.

Авторами було розроблено динамічні моделі: двомасову та тримасову з урахуванням зазорів у зачепленні, для яких складено та розв'язано диференційні рівняння руху мас при зупинці млина за відключеного двигуна. Результати моделювання дають можливість стверджувати, що для описаних умов двомасова модель є недостатньо точною, оскільки дає заниження коефіцієнта динамічності на 17%. Але навіть використання двомасової моделі дає розуміння про необхідність розроблення заходів для зниження динамічного навантаження вала підвінцевої шестерні і підвищення його довговічності.

Такого результату можна досягти зокрема зниженням жорсткості приводу шляхом встановлення пружних муфт замість зубчастої та втулково-пальцевої муфт, або застосуванням керованої чи самокерованої роз'єднувальних муфт з метою розмикання зв'язку між масами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малащенко В.О. Навантажувальна здатність приводів великомасових систем. Монографія / В.О. Малащенко, Г.П. Куновський. – Львів: «Новий Світ – 2000», 2022. – 150 с.
2. Сокур М.І. Барабанні млини самоподрібнення. Монографія / М.І. Сокур, В.С. Білецький. – К.: ФОП Халіков Р.Х. – 2022. – 225 с.
3. Виноградов Б.В. Статика і динаміка барабаних млинів / Б.В. Виноградов. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2016. – 202 с.
4. Виноградов Б.В. Динаміка приводу барабанної мельниці при управленні процесом измельчения / Б.В. Виноградов // Вопросы химии и химической технологии. – 2010. – № 2. – С. 153 – 155.

УДК 621.865

ПРОЕКТУВАННЯ СТРИБАЮЧОГО РОБОТА

Зінько Р.В., Лобур М.В., Здобицький А.Я., Стефанович Т.О.
Національний університет «Львівська політехніка»

В наші дні мобільні роботи, що є складними мехатронними системами, отримали значний розвиток. Спочатку, в 40-і - 70-і рр. 20 століття, сферами їх застосування були військова і космічна сфери. З часом стали створюватися складніші об'єкти, які можуть здійснювати роботу в умовах, неприйнятних для життя і існування людини, наприклад, в зонах з радіацією, доза опромінення в яких у декілька разів перевищує допустиму.

Одним з перспективних напрямів розвитку мобільних роботів є стрибаючі роботи. Інтерес до роботів, що переміщуються з відривом від поверхні, пов'язаний з тим, що такі об'єкти мають підвищену прохідність при русі по нерівній або пересіченій місцевості, що істотно розширює можливості застосування мобільних пристроїв для нагляду за певною територією, моніторингу довкілля після землетрусів і в інших надзвичайних ситуаціях, коли переміщення роботів можливе лише з використанням стрибків.

Конструкції і механізми руху багатоланкових стрибаючих роботів побудовані по аналогії з будовою і способом переміщення біологічних організмів, що переміщуються за допомогою стрибків: коників, жаб, кенгуру. Також такий спосіб руху реалізується спортсменами при стрибках в довжину.

Серед способів позиціонування до польоту найбільш поширеними є поворот корпусу робота на колесах або ногах або ж зміна кута нахилу корпусу до поверхні за рахунок зміни положення його центру мас, а також поворот розгінного модуля відносно нерухомого корпусу. Після приземлення стрибаючі роботи можуть позиціонуватися для досягнення стійкого положення, з якого можлива реалізація наступного стрибка, шляхом зміни геометрії ланок пристрою або ж за рахунок зміни положення центру мас. Ще однією класифікаційною ознакою стрибаючих роботів є кількість ланок, що входять в них. Розрізняють роботів дво-, трьох- і чотириланкових. Для відриву роботів від поверхні можуть використовуватися різні приводи: пружинні або з додатковими кінематичними ланками, пневматичні, гідравлічні, такі, що працюють на паливно-повітряній суміші, а по

виду руху, що здійснюється ланками у момент розгону, розрізняють пари обертального і поступального руху.

Стрибаючі роботи відрізняються масою, габаритами, параметрами і технологіями стрибка, способами реалізації відриву від поверхні і приземлення на неї. Але і досі актуальним залишається завдання проектування робота, що здійснює керований стрибок з необхідними значеннями висоти і довжини, оскільки практично в усіх створених роботах ці параметри стрибка жорстко пов'язані з характеристиками приводів, за допомогою яких об'єкти відриваються від поверхні.

В значної частини робіт стрибок забезпечується пружинним приводом, що містить механізм стискання пружин [1,2,3]. Стрибок відбувається тоді, коли закумуляована в пружині потенційна енергія перетворюється в кінетичну енергію корпусу.

Була розроблена конструкція приводу стрибаючого робота, зображена на рисунку.

Стрибаючий робот має три опори-ноги. Механізм стрибання ноги містить привод повороту кулачка, який, обертаючи кулачок, зводить пружину стиску, що закріплена в циліндрі. В момент проклацування кулачка (скачкоподібний перехід на торці між двома поверхнями кулачка), енергія накопичена в пружині надає швидкість обертання куліси, яка сполучена пружиною з повзуном. Інший кінець куліси сполучений з ногою, яка сполучена з нею за допомогою повзуна і рухається по напрямних.

Після проклацування енергія від пружини через кулісу передається нозі, яка переміщаючись по напрямних, надає корпусу робота імпульс для стрибка. Після чого і відбувається сам стрибок.

Позиціонування ноги робота відбувається за допомогою двох приводів: приводу повороту ноги відносно ступні і привід повороту корпусу відносно ноги (на рисунку він не показаний).

Розрахунок енергосилових та конструктивних параметрів ударної системи проведено з врахуванням методики [4].

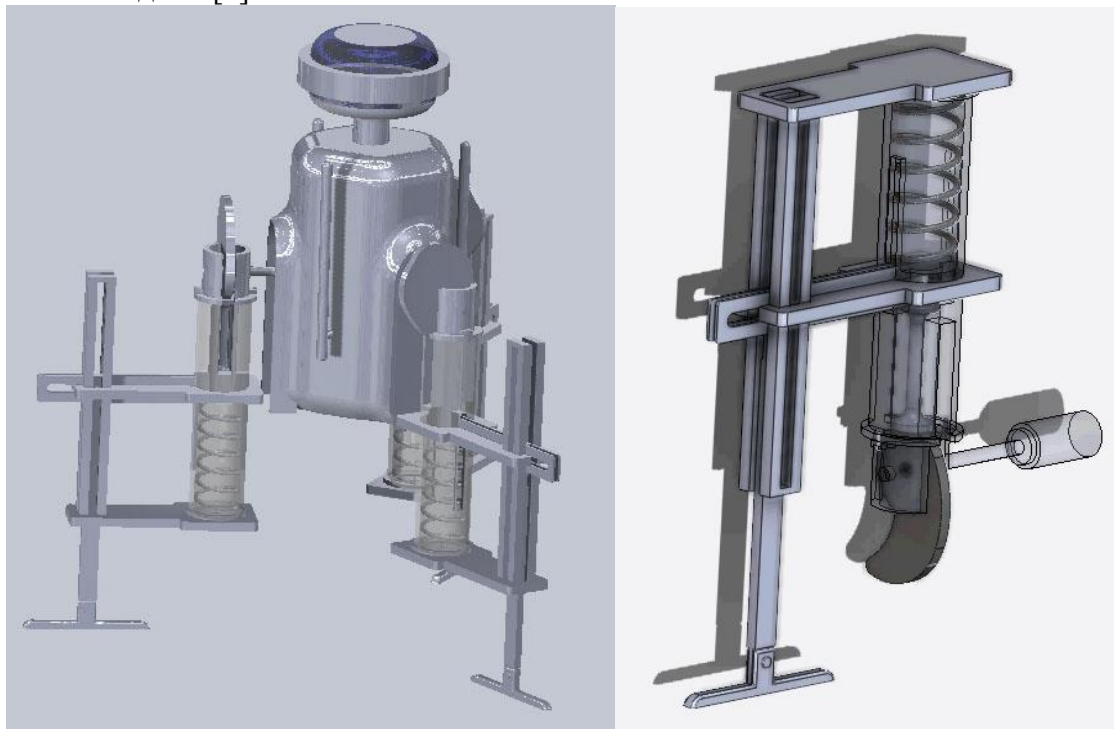


Рисунок – Стрибаючий робот і його механізм стрибання

Висновки. Одним з перспективних напрямів розвитку мобільних роботів є стрибачі роботи. Стрибок, як спосіб переміщення, має свої переваги, оскільки є проміжним між безпосередньо переміщенням по опорній поверхні і польотом.

Пристрій забезпечення стрибка з використанням кулачкового механізму об'єднує в одній деталі (кулачку) стискуючий і вивільняючий елементи.

З використанням програмного середовища Autodesk Inventor спроектовано кулачковий механізм, що суттєво підвищує ефективність процесу проектування та дослідження різних режимів роботи пристрою відповідно до встановлених вихідних вимог.

ЛІТЕРАТУРА

14. U. Scarfogliero, C. Stefanini and P. Dario, "A bioinspired concept for high efficiency locomotion in micro robots: The jumping robot grillo," in Robotics and Automation, 2006. ICRA 2006. Proceedings 2006 IEEE International Conference On, 2006, pp. 4037-4042.
15. M. Kovac, M. Fuchs, A. Guignard, J. Zufferey and D. Floreano, "miniature 7g jumping robot," in Robotics and Automation, 2008. ICRA 2008. IEEE International Conference On, 2008, pp. 373-378.
16. N. Muliak, A. Zdobytskyi, M. Lobur and R. Kaczynski, "Optimization of Electromechanical Systems by Intelligent Design Methods," 2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Polyana (Zakarpattia), Ukraine, 2022, pp. 65-69, doi: 10.1109/MEMSTECH55132.2022.10002914.
17. Костюк С.А. Підвищення ефективності використання енергії удару при статико-імпульсному зміцненні поверхневим пластичним деформуванням / С.А Костюк, М.М. Косіюк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2018. – № 4. – С. 48–56.

УДК 539.375.5:621.793.74

ВНУТРІШНЄ ТЕРТЯ МАТЕРІАЛІВ З ПЛАЗМОВИМИ ПОКРИТТЯМИ, ЩО МІСТЯТЬ НАНОСКЛАДОВІ

¹Копилов В.І., ¹Кузін О.А., ²Кузін М.О., ³Селіверстов І.А.

¹ІН ІМЗ ім. Є.О. Патона, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім Ігоря Сікорського, м. Київ

²Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

³Херсонський національний технічний університет, м. Херсон

У сучасній практиці інженерії поверхні все більш інтенсивно проводяться дослідження по створенню композиційних покриттів (КП) на основі суміші різних матеріалів. Перспективним є введення в такі суміші ультрадисперсних частинок, коли формуються структури і з'єднання із нанорозмірними складовими (≤ 100 нм) [1-3].

Функціональні властивості покриттів, що утворюються в процесі напилення і подальшої термообробки, залежатимуть не лише від структури, що сформувалася, фазового і хімічного складу даного покриття, але також і від стану контактної зони, її міжфазної міцності, тобто адгезійних властивостей системи матриця – покриття.

Нанесення покриттів супроводжується також зміною тонкої структури як поверхневих шарів, що прилягають до зони контакту, так і глибинних в об'ємі основного матеріалу, що показано дослідженнями внутрішнього тертя (ВТ) композиційних

матеріалів [4,5]. Дослідженнями ВТ встановлено, що плазмове напилення, фізико-хімічні процеси, що протікають при цьому, вносять істотні принципові відмінності в характер розсіювання енергії за наявності багатофазних плазмових покриттів, що містять, зокрема, ультрадисперсні складові. За результатами дослідження параметрів внутрішнього тертя можна на мікрорівні оцінити вплив покриттів на механічні або фізичні властивості конструкційних матеріалів під впливом зовнішніх факторів [5,6].

З фізико-механічними випробуваннями (на розтяг або вигин) зразків з покриттями пов'язані дослідження розсіювання енергії пружних коливань. Поведінка композиційних матеріалів, таким чином, визначається фізико-хімічними процесами, що безпосередньо протікають при формуванні контакту та покриття, тими змінами, які обумовлені такими процесами. У цьому випадку використовуються дані щодо внутрішнього тертя (Q^{-1}), або декременту коливань (δ) [1,4,6]. Результати вимірювань коефіцієнта згасання енергії на прикладі простих покриттів у вигляді амплітудної залежності внутрішнього тертя (АЗВТ) приведені на рис. 1

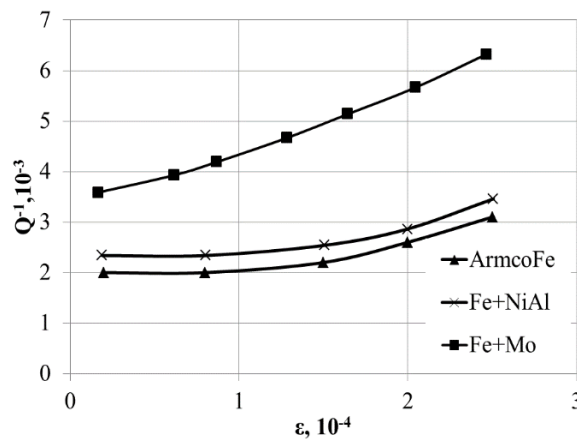


Рис. 1. Амплітудні залежності внутрішнього тертя простих плазмових покриттів.

Для аналізу АЗВТ використовують вирази:

$$Q^{-1} = \frac{c_1}{\gamma} e^{\frac{c_2}{\gamma}} = \delta/\pi, \quad (1)$$

де γ – поточна амплітуда деформації зрушення; c_1, c_2 – постійні матеріалу основи.

Формування покриттів супроводжуються протіканням мікропроцесів, які можна поставити у відповідність макровластивостям. Дослідження ВТ дозволяють оцінити рівень розсіювання енергії пружних коливань і тим самим визначити схильність основного матеріалу до пластифікації або крихкості, а також вплив різної технології нанесення покриттів на зміну динаміки дислокацій [1,6].

Аналіз дислокаційної структури проводиться шляхом перебудови залежності декременту коливань δ від відносної деформації кручення, згідно з моделлю Гранато-Люке в координати – $\ln(\delta\gamma) = f(1/\gamma)$, (рис. 2, 3) [4].

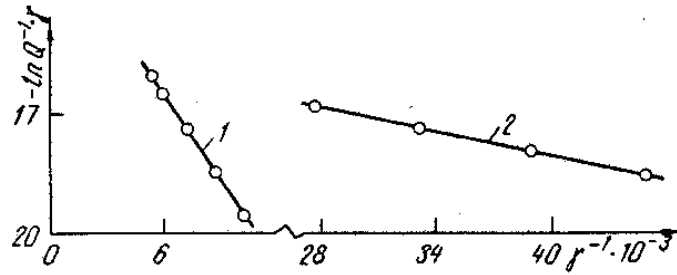


Рис. 2. АЗВТ зразків чистого заліза (1) та з плазмовим покриттям (AlNi+нанопорошки)

Кількісна оцінка впливу покриттів проводиться по значенням параметрів дислокаційної структури, підрахованих з кривих АЗВТ.

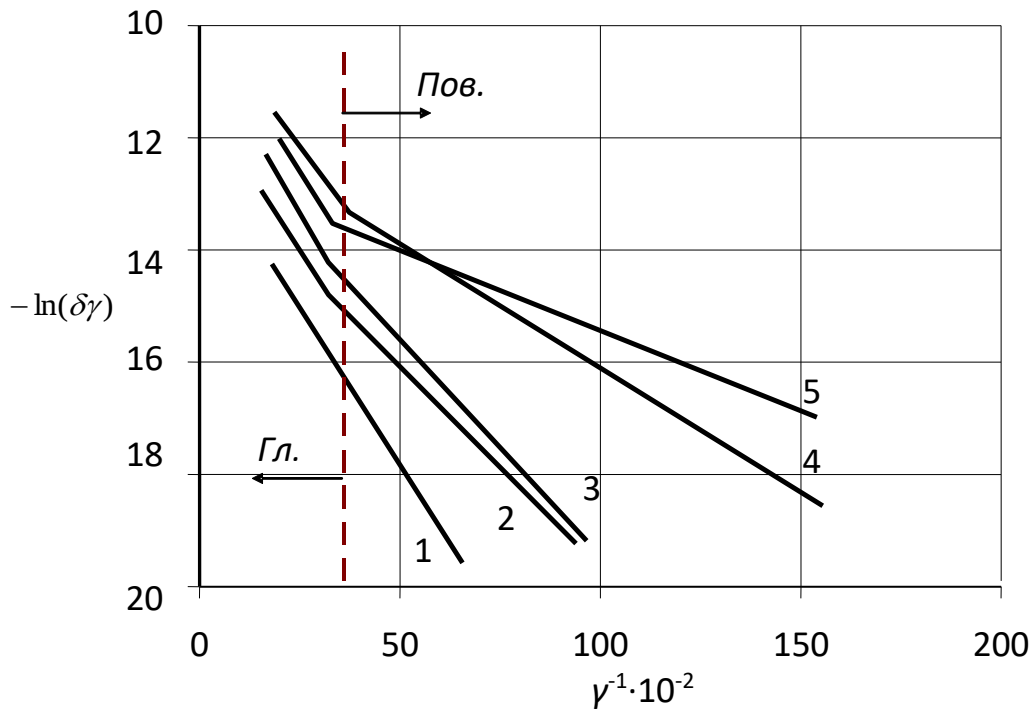


Рис. Залежність енергії затухання від амплітуди деформації заліза без покриттів відпаленого (1), поверхнево-деформованого (2), а також з покриттями: 3 – (Ni-Nb, наплення у динамічному вакуумі); 4 – AlNi+нанопокриття; 5 – Мо.

Залежність $\ln(\delta_n \gamma)$ як функція від $1/\gamma$ виражається прямою, нахил якої дорівнює c_2 , а відрізок, що відтинає на осі ординат, дорівнює c_1 . Величина c_1 пов'язана із щільністю дислокацій ρ :

$$c_1 = \frac{A_1 \delta L_N^3}{L_c^2} \quad (2)$$

Константа c_2 залежить від розмірів дислокаційного сегмента

$$c_2 = \frac{k \eta a}{L_N} \quad (3)$$

Критична деформація $\gamma_{кр}''$ відповідає напруженню, що викликає генерацію дислокацій:

$$\tau_{кр}'' = \gamma_{кр}'' E \quad (4)$$

Таке напруження відповідає величині напруження, необхідного для відриву дислокаційних відрізків від закріплень та їх незворотному переміщенню

$$\tau_{кр}'' = \frac{\gamma_{кр}'' E}{L_N} \quad \%)$$

Нахил c_2 прямої залежності $\ln(\delta\gamma) = f(1/\gamma)$ є мірою концентрації атомів, що закріплюють дислокації. Величина $\gamma_{кр}''$ визначає зміну початкового рівня напружень за рахунок дислокацій. Зменшення цієї амплітуди при напиленні покриття свідчить про більш ранню мікропластичну деформацію, і, навпаки.

Рис. 3 ілюструє вплив покриття на дислокаційну структуру системи. Дослідження змін приповерхневої дислокаційної структури матриці при нанесенні покриттів дозволяє також підійти диференційовано до ролі безпосередньо поверхневих і глибинних шарів, що проводилося на основі аналізу АЗВТ.

Для такого аналізу дислокаційної структури проводили перебудову залежності декремента коливань δ від відносної деформації кручення в координати $\ln(\delta\gamma) = f(\gamma^{-1})$, що і представлено на рис. 3. Дані залежності і для простих, і багатофазних покриттів характеризуються двома лінійними ділянками з різними кутами нахилу, крім відпаленого заліза без покриттів (1). Якщо цей зразок піддати поверхневій деформації, тим самим штучно змінюючи дислокаційну структуру приповерхневих шарів, то крива 2 внутрішнього тертя розбивається на дві ділянки. При цьому L_c , обумовлена нахилом кривої на першій ділянці, залишається незмінною і характеризує глибинні шари, а поява другої ділянки відповідає зміні довжини дислокаційних сегментів у приповерхневих шарах і збільшується в кілька разів. Кут нахилу кривих в області більших значень γ практично той самий для всіх досліджуваних матеріалів. Найбільше розходження при порівнянні впливу покриттів спостерігається в області малих значень деформацій.

Фізико-хімічні процеси при плазмовому напиленні сильно впливають на мікроструктуру і склад сформованої композиції «основа – покриття», яка включає комплексні ультрадисперсні оксиди та наноплівки, викликають зміну їх фізико-механічних властивостей, що також супроводжується зміною енергії затухання при вимірюванні внутрішнього тертя (ВТ) в композиційних матеріалах [1,6].

Висновки. Дослідження ВТ дозволяють оцінити рівень розсіювання енергії пружних коливань і тим самим визначити схильність основного матеріалу до пластифікації або крихкості, чому відповідає збільшення кута нахилу кривих $\lg Q^{-1} - 1/\gamma$ та зменшення критичної деформації $\gamma_{кр}''$. Змінюючи вид покриттів (напилені, дифузійні), можна очікувати змін і в характері ВТ, що аналогічно спостерігається, наприклад, при повзучості і руйнуванні композицій. Нанесення покриттів викликає пересування дислокацій, їх перезакріплення і в той же час спостерігається виникнення нових. У приповерхневих шарах довжина дислокаційних сегментів L_c збільшується, а кількість точок закречення зменшується, що впливає з експериментів. Коли покриття більш щільне (напилення, наприклад, в динамічному вакуумі, або оплавлення), з хорошою адгезією, то ефективність впливу покриттів змінюється - спостерігається зростання критичної деформації $\gamma_{кр}''$ і загальної щільності дислокацій ρ .

ЛІТЕРАТУРА

1. Копылов В.И., Смирнов И.В., Селиверстов И.А. Формирование и свойства плазменных многофазных покрытий с наноразмерными составляющими. Монография. В ред. Киев: «Наукова думка», 2019. – 480 с.
2. Kopylov, V. I. Effect of multiphase structure of plasma coatings on their elastic and strength properties [Text] / V. I. Kopylov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.– 2016.– 5/5 (83).– Р. 49–57.
3. Смирнов И.В. И.В.Влияние нанодисперсных инеградиентов на свойства плазменных покрытий / И.В.Смирнов, А.В.Черный, В.И.Копылов // МФиНТ.,т. 42, в.6, 2020, С. 797- 814.
4. Внутрішнє тертя і структура твердого тіла: Навчальний посібник/укл. Олійнич-Лисюк А.В. – Чернівці: Рута, 2006. – 117 с.
5. Копылов, В. И. Влияние плазменных покрытий из порошков с наноразмерными составляющими на внутреннее трение железа [Текст] / В. И. Копылов, С. Л. Рево, И. В. Смирнов, Е. А. Иваненко, Ф. В. Лозовый, Д. А. Антоненко // Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии. Сборник научных праць. – 2010. – том. 8.– Выпуск 1. – С. 209–215.
6. Копылов, В.И. Физико-механические характеристики и внутреннее трение материалов с многофазными плазменными покрытиями [Текст] / В.И. Копылов, Д.А. Антоненко // Проблемы техники.– 2014.– № 2.– С. 72–89.

УДК 621.09

АСИМЕТРИЧНІ ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ ДЛЯ РЕДУКТОРІВ У ВАЖКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Васильченко Я.В., Мироненко О.Є .

Донбаська державна машинобудівна академія,м. Краматорськ

У багатьох зубчастих передачах навантаження на один зуб значно вище і застосовується для більш тривалих періодів часу. З метою підвищення завантаженості зубів в приводах машин важкого машинобудування пропонується застосування зубчастих передач з асиметричною формою зубців

У разі асиметричних передач стандартну симетричну зубчасту рейку оснащення змінюють шляхом зміни кута тиску на одній із бічних поверхонь. Однак такий спрощений підхід до конструкції асиметричної передачі істотно обмежує можливість максимізувати продуктивність для широкого спектра можливих застосувань цих передач. Існує ряд застосувань де шестерна пара передає навантаження в обох напрямках , але зі значно різною величиною і тривалістю. Коефіцієнт асиметрії зубчастої передачі К може бути визначений вирівнюванням потенціалу накопичення поверхневого ушкодження зуба, що залежить від робочої контактної напруги та кількості циклів навантаження на бічні поверхні зубів (Рис. 1).

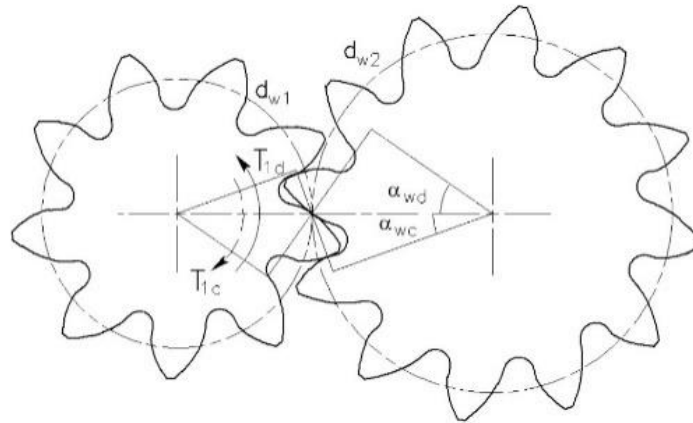


Рис. 1. Асиметрична зубчаста передача

У цьому випадку коефіцієнт асиметрії зубчастої передачі може бути визначений вирівнюванням потенціалу накопичення поверхневого ушкодження зуба, що залежить від робочої контактної напруги та кількості циклів навантаження на бічні поверхні зубів. Збільшення тиску в приводі може бути обмежено мінімальним обраним коефіцієнтом контакту і розділовим навантаженням. Застосування дуже високого кута тиску в приводі призводить до зменшення кута тиску в бічному напрямку і можливого підрізання його евольвентного профілю поблизу впадини зуба. Зазвичай для звичайних симетричних передач стискаюча згинальна напруга не є проблемою, тому що її допустима межа значно вища, ніж для розтягувальної згинальної напруги.

Висновки. Асиметричні шестерні призначені для передавання здебільшого односпрямованого навантаження з кутом нахилу 40° , за якого бокові поверхні зубів забезпечують 12% контактної напруги та 25% зменшення швидкості ковзання. Водночас контактна напруга і швидкість ковзання берегових флангів близькі до цих параметрів базових передач і повинні забезпечувати таку саму навантажувальну здатність поверхні зуба, як і базові зубчасті колеса. Цей тип передач може знайти застосування для редукторів важкого машинобудування з одним основним напрямком передавання навантаження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Капелевич А.Л. Прямий дизайн передач, CRC Press, 2013, 2, Капелевич А.Л., Толченев А.І., Ейдинов А.І. «Застосування мухорізів в експериментальному виробництві», Авіаційна промисловість, №3, 1985, стор. 39–40.

УДК 623.6

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОТРЕБ ВІДСІЧІ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

Абрамов С.О., Титаренко О.О.

Київський інститут Національної гвардії України

Пошук нових джерел енергії для забезпечення енергетичних потреб бойових підрозділів оперативного призначення Національної гвардії України в умовах забезпечення національної безпеки і оборони є надзвичайно важливими. Енергетичні проблеми України полягають як у технічному оснащенні, так і в джерелах забезпечення енергоносіями.

Проблеми з забезпеченням традиційних енергоресурсів спонукають до прискореного впровадження нових видів енергетичних установок, що використовують відновлювані джерела енергії. Використання вітру та вітроенергетичних установок як джерела енергії наразі розглядається одним з пріоритетних.

Використання вітроенергетики дозволяє забезпечити стабільне енергопостачання військових об'єктів і критичної інфраструктури навіть у разі кризових ситуацій або конфліктів. Вітроенергетика є одним із головних і найперспективніших напрямів використання постійно поновлюваних джерел енергії та скорочення споживання палива, особливо в умовах збереження потрібного рівня шуму при виконанні бойових завдань.

Метою роботи є аналіз використання вітроенергетичних установок (ВЕУ) для потреб електричною енергією у місцях виконання бойових завдань. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні завдання: проаналізувати характеристики вітроколіс для вітроустановки в вітрових умовах використання; визначити більш придатний для умов використання тип ВЕУ; в той же час, простоту виготовлення та міцності.

До основних конструктивних типів ВЕУ відносяться [1,2]: горизонтально-осьового та вертикально-осьового виготовлення.

Горизонтально-осьові вітроприводи мають наступні переваги:

- можливість самостійного пуску без допоміжного приводу за рахунок зміни кута установки лопатей;
- більшого значення коефіцієнта використання енергії вітру;
- більшого значення коефіцієнта швидкохідності і велику частоту обертання вітроприводу, що дозволяє зменшити масо габаритні показники електромеханічного обладнання;
- виключення необхідності в кутовій передачі обертального моменту.

Вертикально-осьові вітроприводи мають наступні переваги:

- незалежністю функціонування від напрямку вітрового потоку, що усуває необхідність орієнтування вітроприводу на цей напрямок;
- вертикальним валом, що дозволяє розміщувати електромеханічне обладнання біля основи ВЕУ, що знижує вимоги до міцності та жорсткості опори, не обмежує масо габаритні показники обладнання, спрощує технічне обслуговування та ремонт;
- можливістю кріплення лопатей до ротора в декількох місцях, що знижує вимоги по міцності і жорсткості лопаті;
- меншим значенням окружної швидкості лопаті за менших значень коефіцієнта швидкохідності;
- відносною простотою виготовлення лопатей.

До основних вимог використання ВЕУ у невеликих підрозділах при безпосередньому виконанні бойових дій потрібно віднести наступні:

1. Мобільність. Вітроенергетичні установки повинні мати можливість швидкого розгортання та демонтажу для переміщення на нові позиції.

2. Транспортабельність. Конструкція повинна дозволяти легке транспортування установок різними транспортними засобами.

3. Енергоефективність. Установки повинні мати високу ефективність при низьких швидкостях вітру, щоб забезпечити постійне електропостачання навіть в умовах низької вітрової активності.

4. Акумуляція енергії. Наявність акумуляторних систем для зберігання надлишкової енергії та забезпечення стабільного енергопостачання під час відсутності вітру.

5. Надійність та ремонтпридатність. Установки повинні бути стійкими до впливу екстремальних погодних умов та механічних пошкоджень, а також можливість швидкого та простого ремонту установок з використанням доступних матеріалів та інструментів.

6. Автоматизація та інтеграція з іншими системами. Використання автоматизованих систем контролю та управління для мінімізації участі людини та зниження ризиків. Установки повинні бути інтегровані з існуючими військовими електромережами для забезпечення безперебійного постачання енергії. Поєднання вітроустановок з іншими джерелами енергії, такими як сонячні панелі чи дизельні генератори, для забезпечення резервного постачання.

7. Економічність. Оптимальні витрати, а саме зниження вартості виробництва та обслуговування установок.

8. Тривалий термін служби. Вибір матеріалів та конструкцій, що забезпечують довговічність та надійність установок.

9. Мінімізація екологічного впливу. Використання технологій для дистанційного моніторингу та управління роботою вітроенергетичних установок, функції автоматичного відключення в разі виявлення пошкоджень або критичних умов експлуатації, мінімізація шуму від роботи установок, для уникнення додаткового психологічного стресу у військовослужбовців, що перебувають у зоні бойових дій.

Висновки. Вітрові агрегати які будуть відповідати вимогам для наступних потреб бойових підрозділів: організація цілодобового безшумного процесу забезпечення заряду батарей радіостанції, БПЛА, роботи апаратури, систем зв'язку та ін. Потрібно розробити конструкцію ВЕУ: з розташуванням безпосередньо на поверхні землі; з невеликими габаритними розмірами; легкою у використанні; з практично безшумною роботою; малої потужності яка буде достатня для виконання потреб.

Врахування цих умов дозволить максимально ефективно та безпечно використовувати вітроенергетичні установки в умовах бойових дій, забезпечуючи безперервне енергопостачання та сприяючи підвищенню загальної боєздатності та автономності військових підрозділів. Із розглянутих вище типів вітроагрегатів для виконання наших завдань більш підходять вітроустановки з застосуванням вертикально-осьових вітродвигунів.

ЛІТЕРАТУРА

5. Основи вітроенергетики: підручник / Г.Г. Півняк та ін. Дніпро: НГУ. URL: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/146557?show=full> (дата звернення: 20.06.2024).
6. Інститут відновлюваної енергетики НАН України. Історія становлення, сучасність та перспективи / за ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 108 с.

УДК 541.136:621.355.5

ПОРІВНЯННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПЛАВІВ PB–SN–CA ДЛЯ СТРУМОВІДВОДІВ СВИНЦЕВОКИСЛОТНИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Дзензерський В.О., Тарасов С.В., Сухова О.В., Редчиць Д.О., Іванов В.А.
Інститут транспортних систем і технологій НАН України

Вступ. Натепер однією з вимог ринку свинцево-кислотних акумуляторів є зниження витрат споживачів на їх обслуговування, пов'язаних з розкладанням води в ході експлуатації, що потребує періодичного поповнення електроліту і додаткової зарядки [1]. Цю проблему вирішують шляхом використання свинцево-кальцієвих сплавів для

виготовлення струмовідводів. Переваги цих сплавів, а саме висока корозійна стійкість та мінімальні витрати на обслуговування, забезпечили їх широке використання для виготовлення струмовідводів стаціонарних і резервних акумуляторів. Однак у разі застосування свинцево-кальцієвих сплавів в акумуляторах транспортних засобів, що працюють у циклічному режимі глибокого заряду, потужність акумуляторів різко знижується впродовж перших тридцяти циклів. Цей ефект, який отримав назву «передчасної втрати потужності» (ПВП-ефект), значно обмежує використання свинцево-кальцієвих сплавів у виробництві стартерних і тягових акумуляторів.

Негативну дію ПВП-ефекту можна знизити за рахунок легування сплавів Pb–Ca оловом [2]. Додавання цього елемента підвищує межу текучості і опір повзучості, покращує стійкість до знакозмінних навантажень. Позитивний ефект від легування оловом також полягає в компенсації негативного впливу збільшення вмісту кальцію на корозійну стійкість. Швидкість корозії зменшується зі збільшенням розміру зерна в структурі [3,4], а кальцій має подрібнюючий ефект. Крім того, у сплавів Pb–Sn–Ca є додатковий ресурс для поліпшення механічних властивостей завдяки природньому старінню [5]. Цей процес пов'язаний із виділенням фаз Pb_3Ca і Sn_3Ca з пересиченого оловом і кальцієм твердого розчину на основі свинцю. Старіння відбувається під час охолодження і зберігання сплавів, оскільки зі зниженням температури зменшується розчинність олова і кальцію в α -свинці.

В ході експлуатації струмовідводи свинцево-кислотних акумуляторів зазнають знакозмінних навантажень з боку активної маси, пов'язаних зі зміною її питомого об'єму в циклічному процесі зарядки/розрядки, а також динамічних навантажень під час руху транспортного засобу. Тому сплави для струмовідводів повинні відповідати вимогам до механічної міцності і стабільності розмірів. Перспективними до використання є сплави Pb–Sn–Ca, що містять до 1,1 ваг.% Sn і до 0,1 ваг.% Ca зі співвідношення вмісту олова і кальцію (%Sn/%Ca) в межах від 3 до 22 [2], однак механічні властивості цих сплавів досліджені недостатньо. Тому в даній роботі вивчали вплив температурних умов кристалізації та тривалості природнього старіння на міцність на розрив та відносне подовження сплавів вищевказаного концентраційного діапазону.

Методи досліджень. Випробовували промислові сплави Pb–Sn–Ca за вмісту 0,3–1,1 ваг.% Sn; 0,05–0,1 ваг.% Ca; Pb – залишок, які виплавляли у ливарних машинах автоматичної лінії збирання свинцево-кислотних акумуляторів фірми “BM” (Австрія). Температура розплаву в казані ливарної машини становила $450 \pm 5^\circ C$. Температуру підігріву ливарної форми, в якій охолоджували сплави після виливки, варіювали в інтервалі $40\text{--}170^\circ C$. Хімічний склад контролювали за допомогою оптичного емісійного спектрометра ARL 3460. Мікроструктуру сплавів у литому стані та після природнього старіння впродовж 35 діб досліджували методами металографічного аналізу (мікроскопи “Неофот”, “Епіквант”).

Випробування на розтяг виконували на машині TIRAtest 2300 за температури $20 \pm 5^\circ C$. Зразки виготовляли відповідно до вимог стандарту ДСТУ 11701-84. Середні значення тимчасової міцності на розрив (σ_U) та відносного подовження (δ) визначали за результатами випробувань 10 зразків. Похибка вимірювання не перевищувала 3–5%.

Результати та їх обговорення. Сплави Pb–Sn–Ca з відносно високим вмістом кальцію та низьким вмістом олова ($3 \leq \%Sn/\%Ca < 9$) мають дрібнозернисту структуру (рис. 1,а,б), яка відрізняється чутливістю до температурних умов кристалізації, а саме до температури підігріву ливарної форми, в якій вони охолоджуються після виливки. Наприклад, для сплаву Pb–0,3%Sn–0,1%Ca ($\%Sn/\%Ca=3$) з підвищенням температури ливарної форми від $70^\circ C$ до $170^\circ C$ розмір зерна збільшується в 2 рази (таблиця). В сплаві Pb–1,1%Sn–0,05%Ca ($\%Sn/\%Ca=22$) утворюється крупнозерниста структура (рис. 1,в), на розмір зерна якої температурні умови кристалізації мають значно менший вплив. Так, у

разі підвищення температури підігріву ливарної форми з 70°C до 170°C розмір зерна збільшується лише на 23% (таблиця).

Таблиця – Вплив температури ливарної форми на розмір зерна в сплавах Pb–Sn–Ca

Сплав	%Sn/%Ca	Температура підігріву ливарної форми		
		70°C	125°C	170°C
Pb–0,3%Sn–0,1%Ca	3	45±5 мкм	67±8 мкм	92±11 мкм
Pb–1,1%Sn–0,05%Ca	22	392±32 мкм	443±49 мкм	484±48 мкм

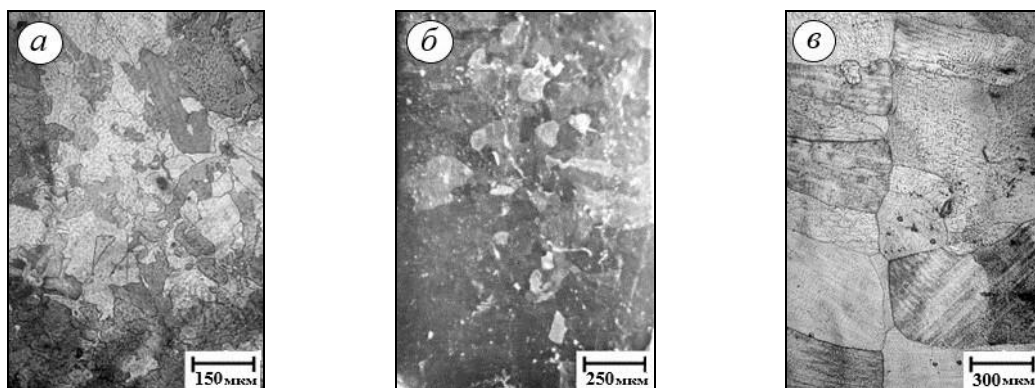


Рисунок 1 – Мікроструктури литих сплавів Pb–Sn–Ca: а – Pb–0,3%Sn–0,1%Ca; б – Pb–0,7%Sn–0,08%Ca; в – Pb–1,1%Sn–0,05%Ca

Різний вплив температурних умов кристалізації на зеренну структуру сплавів Pb–Sn–Ca обумовлює різний характер зміни їх механічних властивостей залежно від температури підігріву ливарної форми (рис. 2). Тимчасова міцність на розрив сплаву Pb–0,3%Sn–0,1%Ca знижується на 24%, а відносне подовження підвищується на 67% у разі збільшення температури підігріву форми в інтервалі 60°C–170°C. Аналогічним чином змінюються механічні властивості сплаву Pb–0,7%Sn–0,08%Ca. З підвищенням температури підігріву ливарної форми від 40°C до 170°C тимчасова міцність на розрив зменшується на 20%, а відносне подовження збільшується на 73%. Зниження міцності та підвищення пластичності сплавів зі співвідношенням %Sn/%Ca<9 у разі збільшення температури форми може бути пов'язане зі зменшенням густини дислокацій і рівня внутрішніх напружень під час повільнішого охолодження [6,7].

На відміну від сплавів Pb–Sn–Ca зі співвідношенням вмісту олова і кальцію $3 \leq \%Sn/\%Ca < 9$, зі збільшенням температури підігріву ливарної форми тимчасова міцність на розрив сплаву Pb–1,1%Sn–0,05%Ca (%Sn/%Ca=22) знижується лише на 4,4%, а відносне подовження підвищується тільки на 3,6% (рис. 2). Цей результат добре узгоджується з порівняно незначним збільшенням розміру зерна в його структурі зі зміною температури підігріву форми (таблиця). Крім того, спостерігається суттєве зменшення міцності на розрив і збільшення подовження, що може бути пов'язане з більшим розміром зерна в цьому сплаві та меншою довжиною межзеренних границь.

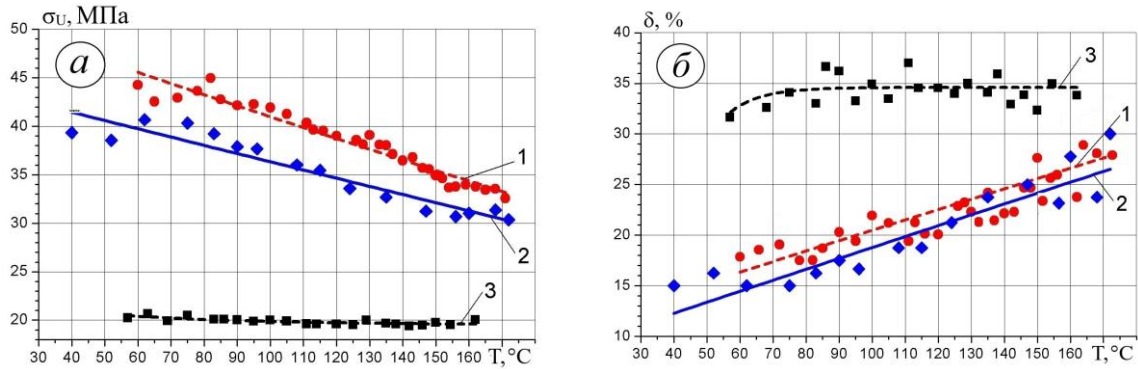


Рисунок 2 – Залежності тимчасової міцності на розрив (а) та подовження (б) від температури ливарної форми для сплавів: 1 – Pb–0,3%Sn–0,1%Ca; 2 – Pb–0,7%Sn–0,08%Ca; 3 – Pb–1,1%Sn–0,05%Ca

Під час зберігання сплавів Pb–Sn–Ca на складі в їх структурі відбуваються процеси природного старіння. На рис. 3 показано структури досліджених сплавів після 30 діб зберігання. Як видно, розмір зерна твердого розчину на основі свинцю практично не змінюється. Однак, спостерігаються різні тенденції зміни механічних властивостей (рис. 4). Вони пов'язані з фазовим складом сплавів, який залежить від співвідношення вмісту олова і кальцію %Sn/%Ca.

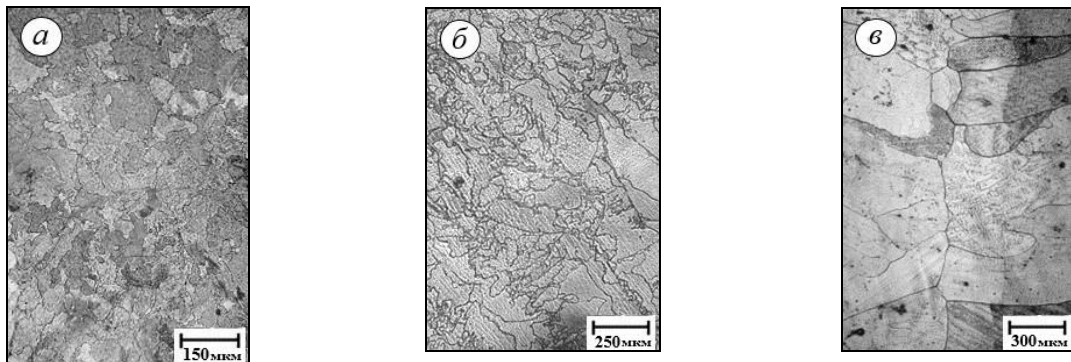


Рисунок 3 – Мікроструктури сплавів Pb–Sn–Ca після 30 діб старіння: а – Pb–0,3%Sn–0,1%Ca; б – Pb–0,7%Sn–0,08%Ca; в – Pb–1,1%Sn–0,05%Ca

Тимчасова міцність на розрив сплаву Pb–0,3%Sn–0,1%Ca (%Sn/%Ca=3) в ході старіння практично не змінюється, а подовження зменшується на 17,6% (рис. 4). Структура цього сплаву характеризується виділенням переважно кристалів надлишкової фази Pb₃Ca з пересиченого кальцієм твердого розчину на основі α-Pb. Цей процес в основному завершується впродовж перших 1–3 діб.

Механічні властивості сплаву Pb–0,7%Sn–0,08%Ca (%Sn/%Ca=8,75) більшою мірою змінюються впродовж перших 10–12 діб старіння, а потім темп зміни уповільнюється (рис. 4). Протягом першого періоду часу тимчасова міцність на розрив збільшується на 38,7%, а потім з подовженням старіння до 35 діб – лише на 11,6%. Відносне подовження впродовж 10–12 діб знижується на 30,8%, а під час старіння впродовж наступних 23 діб – на 27,8%. На властивості цього сплаву впливає виділення дисперсних надлишкових фаз з пересиченого оловом і кальцієм твердого розчину на основі свинцю. Причому впродовж перших 10–12 діб старіння виділяються зміцнювальні фази Pb₃Ca, (Pb,Sn)₃Ca і Sn₃Ca, що обумовлює більший темп зміни механічних

характеристик. А потім темп уповільнюється через недостатню кількість олова для утворення зміцнювальної фази Sn_3Ca .

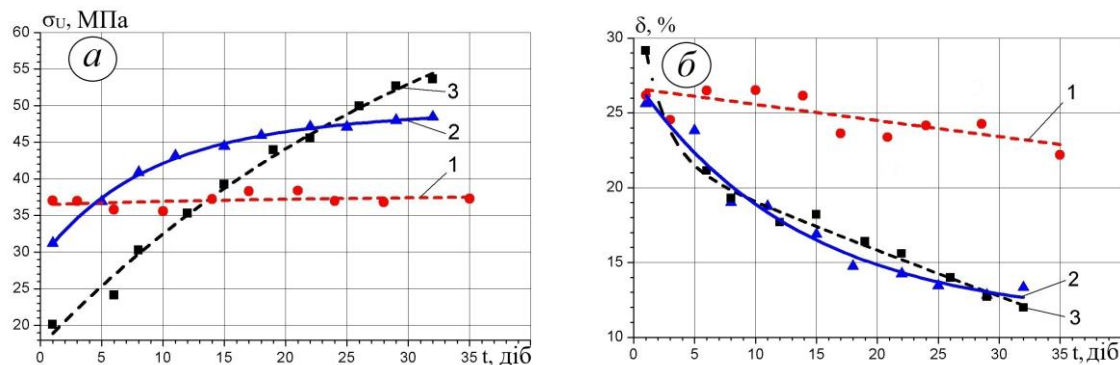


Рисунок 4 – Залежності міцності на розрив (а) та подовження (б) від часу старіння для сплавів: 1 – $\text{Pb-0,3\%Sn-0,1\%Ca}$; 2 – $\text{Pb-0,7\%Sn-0,08\%Ca}$; 3 – $\text{Pb-1,1\%Sn-0,05\%Ca}$

Для сплаву $\text{Pb-1,1\%Sn-0,05\%Ca}$ ($\% \text{Sn}/\% \text{Ca}=22$) впродовж дослідженого періоду старіння спостерігається більш монотонна зміна механічних властивостей. Тимчасова міцність на розрив збільшується в 2,7 рази, а відносне подовження зменшується в 2,4 рази (рис. 4). Співвідношення вмісту олова і кальцію в цьому сплаві є достатнім для неперервного утворення зміцнювальних надлишкових фаз Pb_3Ca , $(\text{Pb},\text{Sn})_3\text{Ca}$ і Sn_3Ca з пересиченого оловом і кальцієм твердого розчину на основі α -свинцю.

Висновки. Механічні властивості сплавів Pb-Sn-Ca , що містять 0,03–1,1 ваг.% Sn; 0,05–0,1 ваг.% Ca; Pb – залишок, залежать від співвідношення вмісту Sn та Ca в їх складі. Повільніше охолодження, що забезпечується підвищенням температури підігріву ливарної форми, в якій сплави охолоджуються після виливки, з 40°C до 170°C , більшою мірою впливає на зміну механічних характеристик, якщо співвідношення $\% \text{Sn}/\% \text{Ca}$ знаходиться в межах від 3 до 9. При цьому спостерігається суттєве збільшення розмірів зерна в структурі цих сплавів. Зміни в структурі дисперсотвердних сплавів Pb-Sn-Ca , викликані проходженням процесів природнього старіння впродовж 35 діб, супроводжуються підвищенням міцності на розрив та зниженням відносного подовження. Залежність цих властивостей від тривалості старіння зростає зі збільшенням значення співвідношення вмісту олова та кальцію, досягаючи максимального ефекту для сплавів з $\% \text{Sn}/\% \text{Ca}=22$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Engineering properties and applications of lead alloys/ [Guruswamy S.]. – Boca Raton: CRC Press, 2000. – 648 p.
2. Valve-regulated lead-acid batteries/ [Rand D.A.J., Moseley T., Garche J., Parker C.D.]. – Amsterdam: Elsevier, 2004. – 575 p.
3. Sukhova O.V. Corrosion-electrochemical properties of quasicrystalline Al–Cu–Fe–(Si, B) and Al–Ni–Fe alloys in NaCl solution/ O.V. Sukhova, V.A. Polonsky, K.V. Ustinova // Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii. – 2019. – Vol. 124, No. 3. – P. 46-52.
4. Sukhova O.V. Structure and corrosion of quasicrystalline cast Al–Co–Ni and Al–Fe–Ni alloys in aqueous NaCl solution/ O.V. Sukhova, V.A. Polonsky // East European Journal of Physics. – 2020. – No 3. – P. 5-10.
5. Tsubakino H. Precipitation in lead-calcium alloys containing tin / H. Tsubakino, M. Tagami, S. Ioku, A. Yamamoto // Metallurgical and Materials Transactions A. – 1996. – Vol. 27, No. 6. – P. 1675-1682.

6. Sukhova O.V. Solubility of Cu, Ni, Mn in boron-rich Fe–B–C alloys/ O.V. Sukhova // Physics and Chemistry of Solid State. – 2021. – Vol. 22, No. 1. – P. 110-116.
7. Sukhova O. V. Structure and properties of Fe–B–C powders alloyed with Cr, V, Mo or Nb for plasma-sprayed coatings/ O.V. Sukhova // Problems of Atomic Science and Technology. – 2020. – Vol. 128, No. 4. – P. 77-83.

УДК 343.928.327

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ВОДИ ДЛЯ КОТЕЛЕНЬ

Душенко О. С., Ткачук В.П.
Хмельницький національний університет

Термін служби котельних установок значною мірою залежить від фізико-хімічних властивостей води. Низька якість води, а також відсутність необхідного контролю та хімічної корекції води в тепловій мережі, паро- та конденсатопроводах і котлах можуть призвести до утворення накипу, кисневої та вуглекислотної корозії. Це призводить до зниження тепловіддачі, засмічення обладнання, скорочення терміну служби, зниження рентабельності та завантаження, а також збільшення часу простою.

Вода з високим вмістом розчинених забруднень, тобто солей жорсткості, таких як солі кальцію і магнію, є найбільш небезпечною для котельного обладнання. Одна з властивостей солей визначається їх здатністю осідати на внутрішніх поверхнях обладнання та утворювати шар накипу. Як наслідок, накип знижує теплопровідність металу і вимагає значного збільшення енергоспоживання для досягнення бажаної продуктивності котельні. Наразі єдиним ефективним способом запобігання утворенню накипу є попереднє очищення води від розчинених у ній домішок.

Водопідготовка котельні – це процес попередньої обробки води перед її подачею в котел нагрівання теплової мережі. Система попереднього очищення води повинна містити кілька фільтрів, які видаляють з води як розчинені забруднення, такі як мінеральні солі, так і грубі механічні домішки.

Отже, покращення характеристик постачання води для котелень є важливим завданням, а обґрунтування параметрів продуктивності вібраційної машини зміни складу та властивостей води для тепломереж, з метою підвищення ефективності кавітаційної підготовки, є перспективним напрямом досліджень.

Останніми роками наукова спільнота зацікавилася технологією гідродинамічної кавітації (ГК) у водопідготовці: при ГК вода пропускається через перфоровані пластини або трубки Вентурі, де утворюються мікро- та нанобульбашки водяної пари низького тиску [1]. Одним з перспективних нетрадиційних методів є гідродинамічна кавітація, яка до цього часу була пов'язана лише з інженерними проблемами, такими як шум, вібрація та кавітаційна ерозія (показник зниження ефективності машини). Однак в останнє десятиліття ГК стала реальним методом очищення стічних вод завдяки ефективному руйнуванню складних органічних хімічних речовин, нехімічній природі, хорошій сумісності з іншими передовими процесами окислення, простоті експлуатації, відмінному створенню необхідної сили кавітації, застосуванню в пілотному масштабі, хорошими експериментальними результатами та економічними аспектами широко визнано в роботах [2-4].

Вплив кавітаційного звукового поля на матеріали, що потрапляють в кавітаційну порожнину, є прямим, причому активні гази O_2 і H_2 діють на реакції радикального перетворення, а N_2 – на газову звукохімію, кінцевим результатом якої є фіксація азоту. Коли кавітаційна бульбашка лопається, в розчин переходять іони H^+ , OH^- , низькоенергетичні електрони, що утворюються в газовій фазі при розщепленні молекули H_2O , а також метастабільні збуджені молекули H_2O .

Метою цієї роботи є обґрунтування продуктивності вібраційної машини зміни складу та властивостей води для тепломереж від впливу режимів роботи приводу та конструктивних взаємозв'язків із завданням підвищення ефективності кавітаційної підготовки води для котелень, а кінцеве – зменшення утворення накипу, кисневої та вуглекислотної корозії в теплових мережах.

Виходячи з аналізу останніх досліджень запропоновано для підвищення якості та складу води, яка поступає з муніципального водопостачання, артезіанських свердловин і водойм, перед фільтруванням та деаерацією води проводити попередньо її оброблення гідрокавітацією з метою пом'якшення та зміни її властивостей.

Сутність роботи запропонованого обладнання полягає в тому, що вплив звукової гідрокавітації та змінного за напрямом магнітного поля на воду зводиться до єдиного процесу – розщепленню молекул води у кавітаційній порожнині на активні радикали (рис. 1).

Виходячи з аналізу попередніх досліджень, патентного обзору способів та конструкцій пристроїв для очищення, пом'якшення і зміни властивостей води було запропоновано поєднати можливості гідрокавітаційної обробки води, а саме статичним та гідродинамічним кавітаційним впливом на воду для котелень і створити технологічне обладнання для попередньої її підготовки.

Принципова схема обладнання магнітно-кавітаційної підготовки води для тепломереж представлена на схемах рис. 1. У конструкції обладнання поєднано кавітаційний і магнітний вплив на воду та зворотно-поступальний рух рідини крізь насадок із виникнення кавітаційного процесу у поршневій вібраційній машині ексцентрикового типу (рис. 1 поз. 14 та рис. 2).

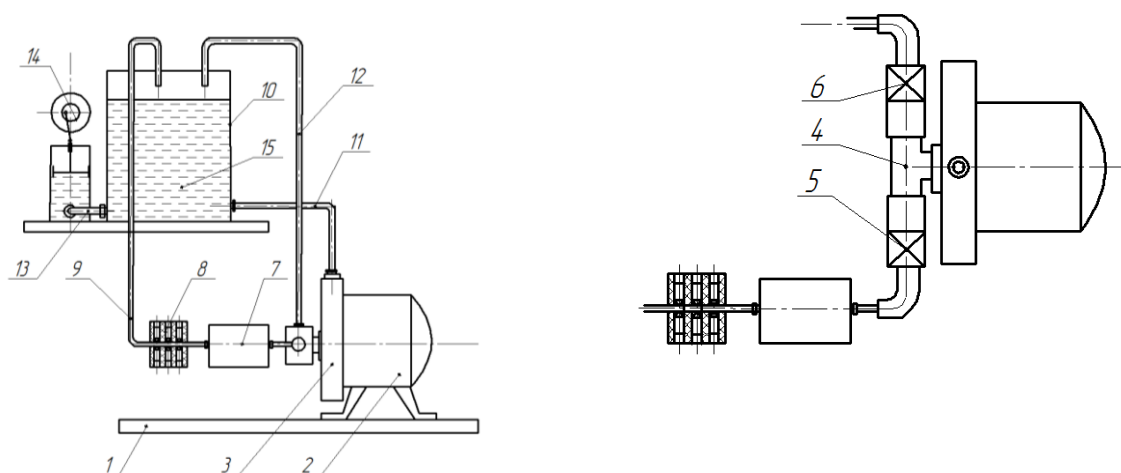


Рисунок 1 – Принципова схема обладнання входної магнітно-кавітаційної підготовки води для тепломереж: 1 – основа; 2 – електродвигун; 3 – насос; 4 – трійник; 5, 6 – крани кулькові; 7 – статичний кавітатор; 8 – блок постійних магнітів; 9 – трубопровід; 10 – бак; 11 – трубопровід; 12 – трубопровід; 13 – трубопровід; 14 – поршнева вібраційна машина ексцентрикового типу; 15 – вода

В обладнанні застосовано статичний кавітатор (поз. 7 рис. 1) та вібраційна машина (поз. 14 рис. 1). Розглянемо роботу вібраційної машини для здійснення кавітаційного

впливу на властивості води та зміни її солового складу. Працює вібраційна машина наступним чином: у бак заливається вода, відкривається кран випуску повітря і вода заливається у циліндричну камеру пульсації вібраційної машини, кран закривається. Включається електродвигун і ексцентриковий вібратор приводить зворотно-поступальний рух поршня

При ході поршня вниз рідина стискається та виштовхується у бак, а при ході уверх рідина втягується у камеру пульсації. Після проведення оброблення кавітацією вода зливається у накопичувальний бак відстою.

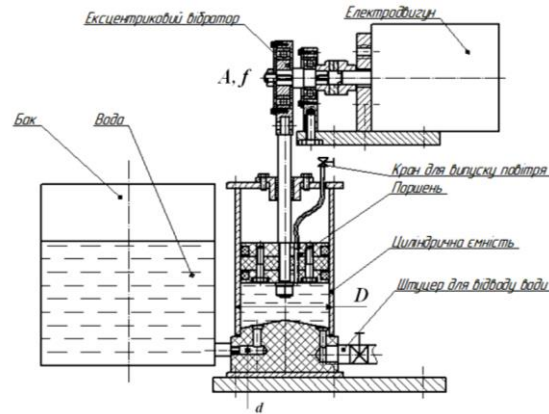


Рисунок 2 – Принципова схема вібраційної машини кавітаційної підготовки води для тепломереж: A – амплітуда коливань приводу; f – частота коливань приводу; D – діаметр камери пульсації; d – діаметр насадка

З попередніх досліджень [5,6] відомо, що продуктивність вібраційної машини залежить від тиску який виникає у камері пульсації та величині тиску з насадка d , а також від режимів роботи вібраційного приводу амплітуди і частоти та від співвідношення конструктивних параметрів та є функцією цих параметрів за часом.

$$Q = Ft(\Delta P; \frac{d^2}{D^2}; A; f; P), \quad (1)$$

де Q – продуктивність;

ΔP – зміна тиску у камері пульсації;

$\frac{d^2}{D^2}$ – співвідношення діаметру насадка та діаметра камери пульсації;

A – амплітуда коливання поршня;

f – частота коливання поршня;

P – тиск струменя з насадку.

Для схеми вібраційної машини кавітаційної підготовки води для тепломереж побудовано аналітичну модель у момент стиску ідеальної рідини (ходу поршня униз), яка описується рівнянням:

$$m\ddot{x} + k\dot{x} + cx = F, \quad (2)$$

де $\ddot{x} = \frac{\varepsilon D_K^2 \cdot A_K \cdot f^2}{d_H^2}$ – прискорення рухомих частин та приєднаної маси рідини;

$\ddot{x} = \frac{\varepsilon D_k^2 \cdot A_k \cdot f^2}{d_n^2}$ – прискорення рухомих частин та приєднаної маси рідини;

$\dot{x} = \frac{\varepsilon D_k^2 \cdot A_k \cdot f}{d_n^2}$ – швидкість руху рідини;

$x = 2A_k$ – величина переміщення поршня;

F – сила яка діє на поршень, $F = \Delta P \frac{\pi D_k^2}{4}$;

C – швидкість розповсюдження ударної хвилі (1350 м/с.);

m – маса поршня зі штоком;

ε – коефіцієнт звуження потоку у насадку, $\varepsilon = 0,8$

k – демпфуюча здатність поршня з рідиною та отвором $k = \frac{8\pi \cdot D_k^4 \cdot \eta \cdot l}{d_n^2 \cdot N}$,

де η – динамічний коефіцієнт в'язкості, $\eta = 0,898$ МПа/с;

l – довжина отвору, $l = 0,05$ м;

N – кількість отворів, $N = 1$;

Провівши підстановку у ф. 4 відповідних значень отримаємо наступну залежність:

$$\frac{\varepsilon D_k^2 A_k}{d_n^2} m f^2 + k \frac{\varepsilon D_k^2 A_k}{d_n^2} f + c \cdot 2A_k = \Delta P \frac{\pi D_k^2}{4}. \quad (3)$$

Провівши перетворення отримаємо залежність тиску у камері пульсації від параметрів приводу та інших конструктивних параметрів:

$$\frac{4\varepsilon A_k}{\pi d_n^2} m f^2 + k \frac{4\varepsilon A_k}{\pi d_n^2} f + c \frac{8A_k}{\pi d_k^2} = \Delta P. \quad (4)$$

Проведено розрахунок ΔP при зміні частоти коливань та різних діаметрів насадка за допомогою MathCad та побудовано залежності які представлені на рис. 3.

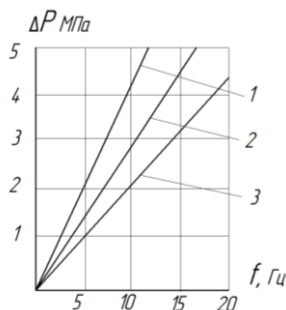


Рисунок 3 – Графік зміни розрахункового тиску у камері пульсації від частоти при різних діаметрах насадка: 1 – 6 мм; 2 – 10 мм; 3 – 12 мм при амплітуді коливань $A = 2$ мм

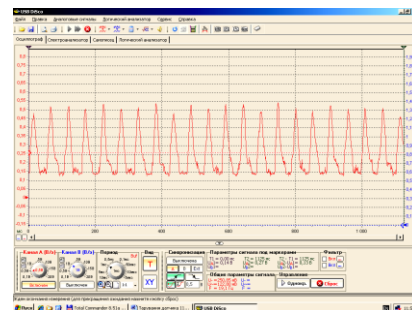


Рисунок 4 – Скріншот осцилограми з екрана монітора зміни тиску у камері пульсації

Було проведено експериментальне дослідження зміни тиску ΔP в камері пульсації для реальної рідини від різних параметрів за допомогою датчика тиску MPM489 та USB осцилографа BM8020 з фіксацією результатів на персональному комп'ютері із застосуванням програмного продукту «DiSCO» (рис. 4). Оброблені результати представлені на рис. 5.

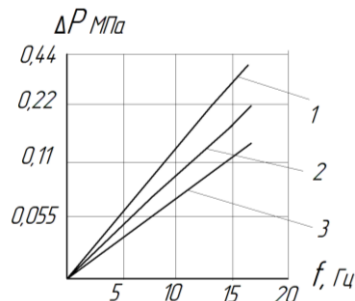


Рисунок 5 – Результати експериментального визначення зміни тиску у камері пульсації від частоти при різних діаметрах насадка: 1 – 6 мм; 2 – 10 мм; 3 – 12 мм при амплітуді коливань $A = 2$ мм

Провівши порівняння значень тиску для ідеальної рідини (рис. 4) із значеннями тиску для реальної рідини (рис. 6) встановлено розбіжність результатів. Можливо, у рівнянні (4) було не коректно закладено припущення, а саме, що швидкість розповсюдження ударної хвилі можливо залежить від швидкості зростання тиску при коливанні поршня та неможливість врахування виникнення рою кавітаційних пухирців. Тому для практичного користування у розрахунках при проектуванні вібраційних машин введемо поправочний коефіцієнт $\delta = 0,04 - 0,07$.

$$\frac{4\varepsilon A_k}{\pi d_n^2} m f^2 + k \frac{4\varepsilon A_k}{\pi d_n^2} f + c \frac{8A_k}{\pi D_k^2} = \delta \Delta P, \quad (5)$$

де δ – поправочний коефіцієнт.

Висновки. Запропоновано конструкцію обладнання магнітно-кавітаційної підготовки води з додатковим гідрокавітаційним впливом на воду при зворотно-поступальному руху рідини крізь насадок у вібраційній машині. Побудовано аналітичну модель для визначення тиску у камері пульсації у момент стиску ідеальної рідини при ході поршня униз. Аналітично та експериментально досліджено зміну тиску у камері пульсації від частоти при різних діаметрах насадка. Рекомендовано застосовувати діаметр насадка 10 мм при діаметрі камери пульсації 100 мм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Gogate P. R., Pandit A. B. A Review and Assessment of Hydrodynamic Cavitation as a Technology for the Future. *Ultrason. Sonochem.* 2005, 12, pp. 21–27.
2. Gagol M., Przyjazny A., Boczkaj G. Wastewater Treatment by Means of Advanced Oxidation Processes Based on Cavitation—A Review. *Chem. Eng. J.* 2018, 338, pp. 599–627.
3. Gogate P. R. Cavitation: An Auxiliary Technique in Wastewater Treatment Schemes. *Adv. Environ. Res.* 2002, 6, pp. 335–358.
4. Thanekar P., Lakshmi N. J., Shah M., Gogate P. R., Znak Z., Sukhatskiy Y., Mnykh R. Degradation of Dimethoate Using Combined Approaches Based on Hydrodynamic

Cavitation and Advanced Oxidation Processes. *Process Saf. Environ. Prot.* 2020, 143, pp. 222–230.

5. Вібраційні машини для знезаражування та зміни властивостей води / Гордєєв А. І., Ганзюк А. Л., Костюк Н. О, та ін. Хмельницький: ФОП «Мельник», 2021. 168 с.

6. Гордєєв А. І., Вібраційні машини для знезаражування, зміни властивостей та складу водного середовища гідрокавітацією. «Наука і техніка сьогодні» (Серія «Фізико-математичні науки»): журнал. 2022. № 6(6) 2022. С. 427–439.

УДК 620.172.242

ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ НА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИРОБІВ, НАДРУКОВАНИХ МЕТОДОМ 3D-ДРУКУ

Мусієнко О.С., Слободянюк І.В., Ремінний В.А.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Матеріали, що використовуються для 3D-друку, є гігроскопічними, тобто мають властивість поглинати вологу з навколишнього середовища. Накопичення вологи в полімерних матеріалах може суттєво вплинути на процес друку та кінцеві властивості виробу. При нагріванні полімеру в соплі 3D-принтера волога випаровується, утворюючи мікропухирці пари. Це спричиняє нерівномірність екструзії матеріалу, зниження адгезії шарів, появу дефектів на поверхні та зменшення механічної міцності виробу.

Метою цього дослідження було експериментальне вивчення впливу вологи в полімерному матеріалі на його механічні властивості [1, 2]. Для цього були виготовлені зразки типом I, відповідно до ДСТУ EN ISO 527-2:2012, з одного й того ж полімерного матеріалу coPET, але з різним рівнем вологи [3]. Зразки піддавалися випробуванням на розтяг за допомогою універсальної розривної машини TIRAtest-2151 (рис. 1) зі швидкістю 10 мм/хв. Під час експерименту реєструвалися діаграми залежності сили від абсолютного видовження матеріалу.

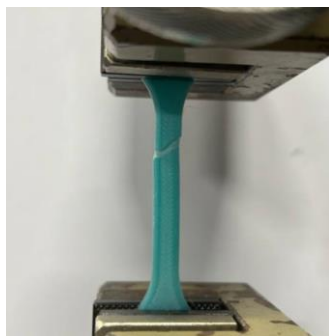


Рисунок 1 – Зразок у захватах випробувальної установки TIRAtest-2151

Після цього було визначено напруження та відносне видовження для кожного зразка (рис. 2). В результаті експерименту були отримані значення межі міцності для зразків з різним вмістом вологи у матеріалі. Для зразків із сухого полімеру межа міцності становила 45,03 МПа, тоді як для зразків з вологого полімеру цей показник знизився до 40,91 МПа. Крім того, було визначено відносне видовження для даних зразків. Для сухого полімеру відносне видовження склало 5,46 %, тоді як для вологого зразка цей показник понизився до 4,82%.

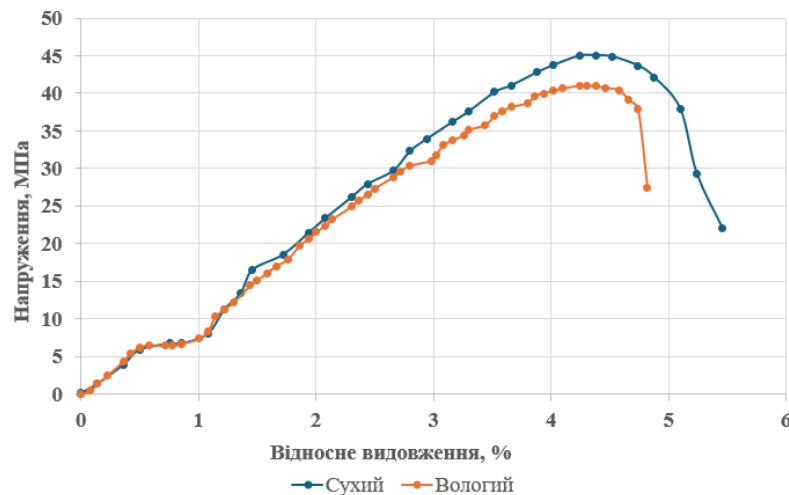


Рисунок 2 – Залежність «напруження – відносне видовження» при розтягу для зразків матеріалу соРЕТ

Результати продемонстрували, що зразки, виготовлені з попередньо висушеного полімеру, мали на 8,98% вищу міцність на розрив та на 11,7% більше відносне видовження порівняно із зразками, що містили вологу. Це свідчить про те, що волога змінює структуру полімеру, знижуючи його міцність, але збільшуючи пластичність.

Висновки. Проведено експериментальні дослідження механічних характеристик зразків, отриманих методом 3D-друку з матеріалу соРЕТ при різних рівнях вологості. Отримані результати підкреслюють важливість ретельного контролю за вологістю полімерних матеріалів перед 3D-друком. Для досягнення максимальної міцності кінцевого виробу слід забезпечувати належне сушіння матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ребристый Д. І. Дослідження механічних характеристик пластиків для 3D друку при статичному розтягу [Електронний ресурс] / Д. І. Ребристый, О. С. Мусієнко, Д. К. Фам // XIV Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні 2021». – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://imm-mmi.kpi.ua/imm2021/paper/viewPaper/24002>.
2. Омелюх А. І. Дослідження властивостей PLA-пластику для застосування в біомеханіці [Електронний ресурс] / А. І. Омелюх, О. С. Мусієнко // Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні 2019». – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://imm-mmi.kpi.ua/imm2019/paper/viewPaper/17760>.
3. ДСТУ EN ISO 527-3:2017. Пластмаси. Визначення властивостей під час розтягування. Частина 3. Умови випробування для плівок і листів (EN ISO 527-3:1995; AC:2002, IDT; ISO 527-3:1995; Cor.1:2001, IDT).

УДК 539.3

ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ, ВИГОТОВЛЕНОГО З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЕНИХ ВУГЛЕЦЕВИХ ВОЛОКОН ПРИ СТАТИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Коваль В.В., Мусієнко О.С., Моргун О.І.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського"

У зв'язку з поширеним впровадженням композиційних матеріалів (КМ) у конструкції виробів наукоємного машинобудування дедалі гостріше постає питання пошуку оптимальних технологій переробки та відновлення компонентів КМ для їх подальшого використання [1]. Основною проблемою вторинно-перероблених КМ є погіршення механічних властивостей відносно первинного матеріалу та викиди токсичних речовин у процесі переробки. Метою цієї роботи є дослідження механічних властивостей КМ виготовленого з подрібнених вуглецевих волокон та епоксидної смоли ЕД-20 в якості армуючого матеріалу та матриці відповідно.

Для випробувань композиційного матеріалу при статичному розтязі та порівняння механічних характеристик матеріалу в залежності від співвідношенні волокон до матриці було виготовлено 9 плоских зразків за технологією викладення та пресування [2]: 3 зразки типу А - 50% волокон і 50% матриці, 3 зразки типу Б - 60% волокон і 40% матриці та 3 зразки типу В - 70% волокон і 30% матриці (рисунок 1).

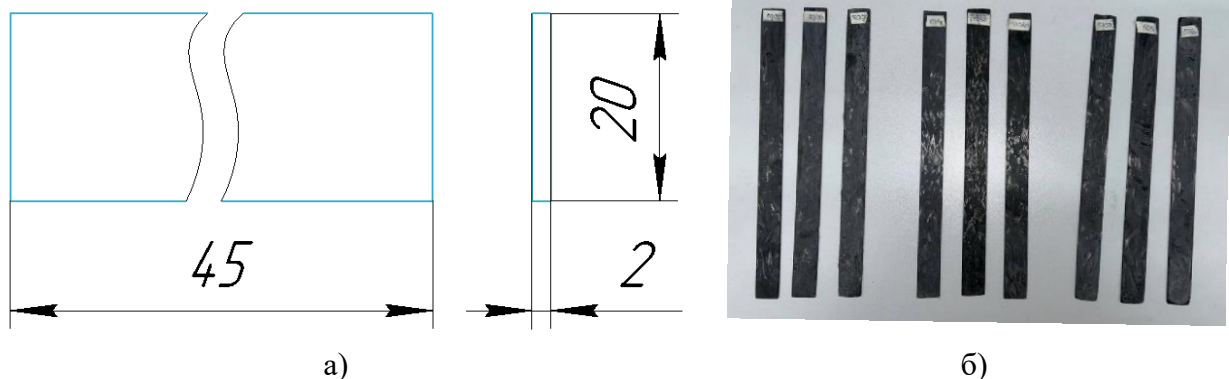


Рисунок 1 – Досліджувані зразки: а) креслення плоского зразка; б) виготовлені зразки

За результатами експерименту визначались наступні механічні характеристики: границя міцності, модуль Юнга та коефіцієнт Пуассона. Осьове навантаження визначалось показами динамометра універсальної випробувальної машини BISS-Bi-02-112 (рисунок 2а), а повздовжня і поперечна деформації матеріалу зразка визначались з показів навісних екстензометрів (рисунок 2б) [3].



а)



б)

Рисунок 2 – Обладнання для випробувань: а) УВМ BISS Bi-02-112; б) екстензометр на зразку

На підставі експериментальних даних, було з'ясовано, що всі випробувані зразки мали крихкий характер руйнування (рисунок 3), оскільки видовження при розриві не перевищувало 5%.



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Характер руйнування зразків: а) зразок типу А; б) зразок типу Б; в) зразок типу В

Визначення оптимального співвідношення волокон до матриці у композиційному матеріалі проводилось за порівнянням границі міцності матеріалів. Розкид значень границі міцності у зразках трьох типів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Границі міцності КМ з різним співвідношенням волокон до матриці

Тип зразків	σ_B , МПа
Тип А	92,7-99,2
Тип Б	152-175
Тип В	114-124

Звідси можна зробити висновок, що співвідношення вуглецевих волокон до епоксидної смоли 60/40 є найбільш оптимальним з точки зору статичної міцності. У подальшому розглядався лише матеріал з відповідним співвідношенням. Модуль Юнга та коефіцієнт Пуассона для обраного матеріалу дорівнювали $E=72-75\text{ ГПа}$ та $\mu=0,39-0,41$. Діаграми деформування зразків з відповідного матеріалу наведені на рисунку 4.

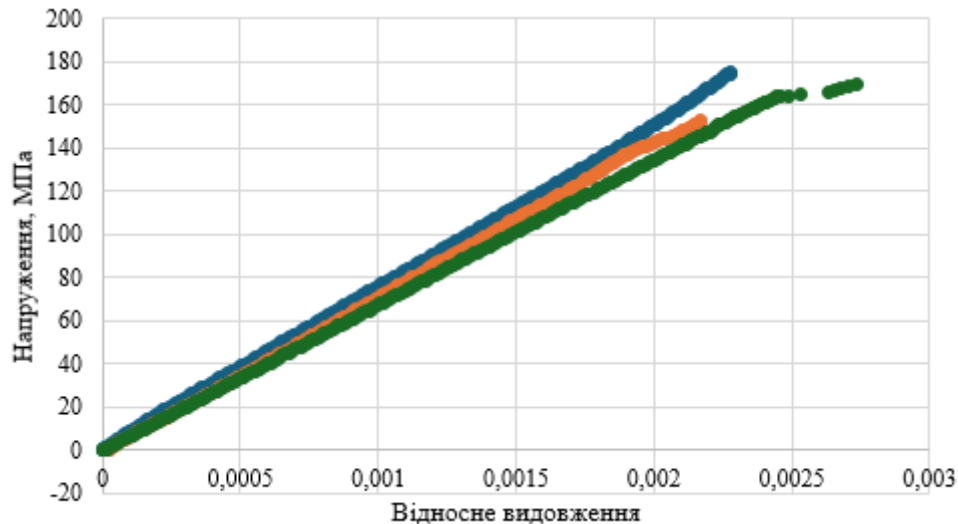


Рисунок 4 – Діаграма деформування матеріалу зразків типу Б

Висновки. Було визначено механічні характеристики композиційного матеріалу, виготовленого з використанням відновлених вуглецевих волокон та порівняно з співвідношення волокон до матриці з точки зору статичної міцності. Визначено, що співвідношення 60% волокон до 40% матриці є найбільш оптимальним та для матеріалу з відповідним співвідношенням визначено модуль Юнга та коефіцієнт Пуассона. Отже, ці механічні характеристики можуть бути використані для проєктування елементів конструкцій та подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

7. Recycling and Reutilization of Waste Carbon Fiber Reinforced Plastics: Current Status and Prospects / [P.-Y. Chen] et al. Polymers. 2023. Vol. 15, no. 17. P. 3508.
8. Виготовлення зразків, армованих рубленим вуглецевим волокном для дослідження його механічних властивостей/ [Іванченко І.І., Моргун О.І., Кореньков В. М.]. – Інновації молоді в машинобудуванні 2024. 2024.
9. Визначення пошкоджуваності металевого сплаву Ti-6Al-4V за умов пружно-пластичного деформування/ [Моргун О.І., Онацький Д.К., Мусієнко О.С., Коваль В.В.]. – Інновації молоді в машинобудуванні 2024. 2024.

УДК 620.172.242

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗРАЗКІВ ПОЛІМЕРІВ PLA, ВИГОТОВЛЕНИХ МЕТОДОМ 3-D ДРУКУ

Мусієнко О.С., Семінська Н.В., Русин П.Р.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Аддитивні технології широко використовуються у виробництві деталей машин, приладів та різноманітного обладнання. Одним із найбільш доступних та розповсюджених методів 3D-друку полімерів є моделювання методом наплавлення FDM [1], що використовує як вихідний матеріал пластики ABS та PLA. Такий друк забезпечується неперервним подаванням розігрітого матеріалу через сопло екструдера, що рухається за заданою траєкторією, на платформу 3D-принтера. Створення виробу відбувається за рахунок послідовного укладання шарів (нарощування) матеріалу.

Міцність виробів, що виготовляються із використанням технологій 3D-друку, залежить від механічних характеристик вихідного матеріалу та схеми його укладання, а також від технологічних параметрів процесу виготовлення (температура друкувальної голівки, швидкість подавання матеріалу, товщина шару, відстань між лініями укладання тощо) [2]. У роботі ставилось за мету дослідити механічні характеристики (межу міцності, межу текучості та відносне видовження при розриві) матеріалу, виготовленого методом 3D-друку, для подальшого їх використання при оцінці міцності на базі числових методів розрахунку.

Для виготовлення зразків використовувався композитний пластик на основі PLA виробництва компаній Gembird (Нідерланди) та Devil Design (Польща). Друк зразків виконувався на принтері BambulabX1 Carbon виробництва компанії Китай при забезпеченні растрової орієнтації $+45^\circ/-45^\circ$. Основні технічні характеристики 3D-друку досліджуваних зразків: товщина шарів 50...300 мікрон; діаметр композитного монофіламенту 1,75 мм; робоча температура екструдера 210°C ; швидкість друку 40...60 мм/с.

Експериментальне дослідження механічних характеристик при розтягу виконувалось з використанням плоских пропорційних зразків матеріалу за типом I відповідно до ДСТУ EN ISO 527-2:2012 [3]. Ескіз зразків наведений на рис. 1.

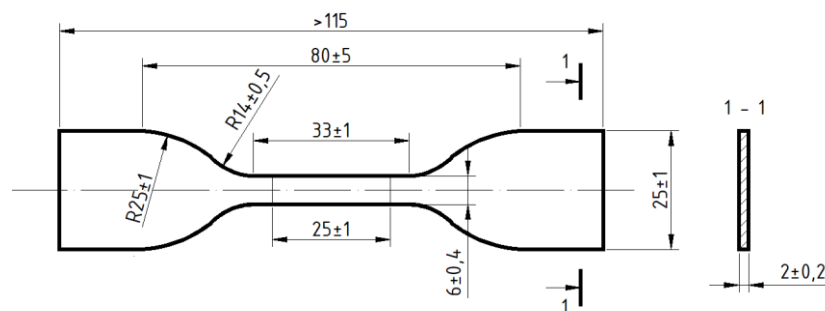


Рисунок 1 – Розміри пропорційних плоских зразків матеріалу за типом V відповідно до ДСТУ EN ISO 527-3:2017, мм.

Експериментальні випробування на розтяг зразків матеріалу виконувались на універсальній розривній машині TIRAtest-2151 (рис. 2), яка забезпечує визначення



Рисунок 2 – Загальний вигляд випробувальної машини TIRAtest-2151.



Рисунок 3 – Загальний вигляд дослідних зразків матеріалів, надрукованих методом 3D-друку: зразки 3.1...3.5 виготовлені з PLA виробництва Gembird (Нідерланди); зразки 4.1...4.5 виготовлені з PLA виробництва Devil Design (Польща).

характеристик міцності і деформації досліджуваних матеріалів з максимальним зусиллям до 5 кН та діапазоном швидкості траверси 0,5...1000 мм/хв. [4].

Випробуванню підлягали по п'ять зразків матеріалу PLA кожного виробника (рис.3). Діаграми руйнування при розтягу для зразків матеріалу PLA виробництва компанії Devil Design наведені на рис. 4, а для зразків матеріалу PLA виробництва компанії Gembird – на рис. 5.

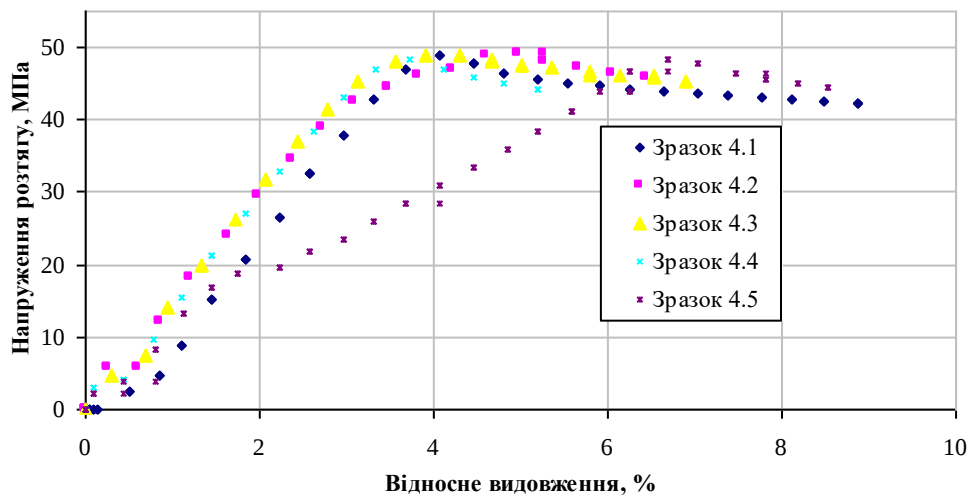


Рисунок 4 – Залежність «напруження – відносне видовження» при розтягу для зразків матеріалу PLA виробництва компанії Devil Design (Польща).

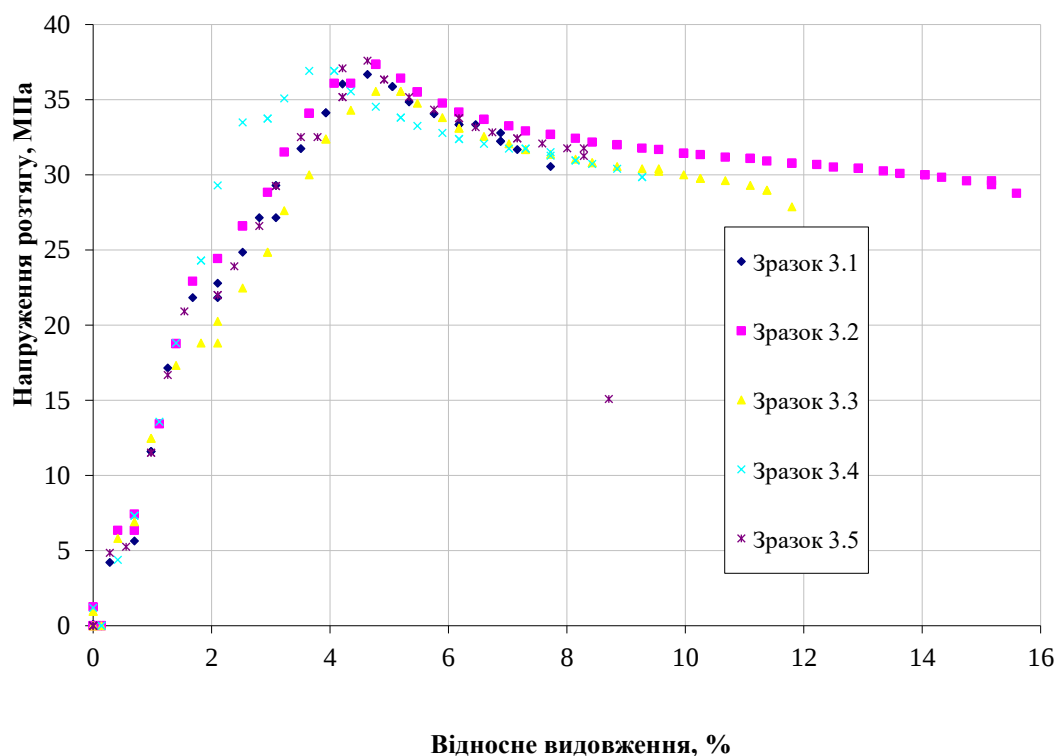


Рисунок 5 – Залежність «напруження – відносне видовження» при розтягу для зразків матеріалу PLA виробництва компанії Gembird (Нідерланди).

За результатами випробувань був визначений комплекс механічних характеристик зразків матеріалу на основі PLA, отриманих методом 3D-друку за технологією моделювання методом наплавлення FDM. Отримані механічні характеристики матеріалу для розглядуваних груп зразків подані у табл. 1 і табл. 2. Оскільки PLA-пластик не має площадки текучості, для нього визначалась умовна межа текучості $\sigma_{0,2}$.

Таблиця 1 – Результати експериментальних випробувань зразків матеріалу PLA виробництва компанії Devil Design (Польща)

Характеристика	Зразок 4.1	Зразок 4.2	Зразок 4.3	Зразок 4.4	Зразок 4.5	Середнє значення	Коефіцієнт варіації
Межа текучості, МПа	26,67	34,46	31,86	32,96	19,52	29,09	0,19
Межі міцності, МПа	48,83	49,16	48,87	48,43	48,39	48,74	0,01
Відносне видовження, %	8,88	6,43	6,90	5,19	8,53	7,19	0,19

Таблиця 2 – Результати експериментальних випробувань зразків матеріалу PLA виробництва компанії Gembird (Нідерланди)

Характеристика	Зразок 3.1	Зразок 3.2	Зразок 3.3	Зразок 3.4	Зразок 3.5	Середнє значення	Коефіцієнт варіації
Межа текучості, МПа	21,83	24,42	18,81	29,29	22,0	23,27	0,15
Межі міцності, МПа	36,67	37,33	35,56	36,90	37,58	36,81	0,02
Відносне видовження, %	7,73	15,60	11,80	9,28	8,71	10,62	0,27

Як видно з результатів виконаних випробувань на розтяг для досліджуваних зразків PLA-пластику виробництва компанії Gembird (Нідерланди) досягнута межа міцності 36,81 МПа (середнє значення). Для досліджуваних зразків PLA-пластику виробництва компанії Devil Design (Польща) межа міцності на 29,7% вища і склала 48,74 МПа (середнє значення). При цьому слід зазначити, що коефіцієнти варіації для межі міцності склали всього 0,02 і 0,01 відповідно.

Руйнування зразків відбулось при досягненні відносного видовження в межах 7,19% – для зразків PLA-пластику виробництва компанії Devil Design (Польща) та 10,62% – для зразків PLA-пластику виробництва компанії Gembird (Нідерланди). Слід зазначити, що коефіцієнти варіації для відносного видовження при розриві склали 0,19 і 0,27 відповідно.

Висновки. Виконані експериментальні дослідження механічних характеристик двох груп зразків з полімерного матеріалу на основі PLA, виготовлених методом 3D-друку за FDM-технологією на принтері BambulabX1 Carbon, які підлягали квазістатичному одноосовому випробуванню на розтяг на універсальній розривній машині TIRAtest-2151.

Отримані значення механічних характеристик матеріалу можна використовувати при розрахунках міцності виробів, отриманих методом 3D-друку на принтері BambulabX1 Carbon або на інших принтерах з аналогічними умовами процесу друку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zalohin M. Yu., Skliarov V. V., Dovzhenko J. S., Brega D. A. Experimental Determination and Comparative Analysis of the PPH030GP, ABS and PLA Polymer Strength Characteristics at Different Strain Rates. Science & Technique, 2019, no. 18, pp. 233–239. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-3-233-239>.
2. Ребристый Д. І., Мусієнко О. С., Фам Дик Куан. Дослідження механічних характеристик пластиків для 3D друку при статичному розтягу. XIV Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні 2021»
3. ДСТУ EN ISO 527-3:2017. Пластмаси. Визначення властивостей під час розтягування. Частина 3. Умови випробування для плівок і листів (EN ISO 527-3:1995; AC:2002, IDT; ISO 527-3:1995; Cor.1:2001, IDT).
4. Шидловський М. С., Бабенко А. Є., Боронко О. А., Заховайко О. П., Трубачев С. І. Нові матеріали: частина 2 – Експериментальні методи досліджень механічних властивостей конструкційних полімерів та пластмас. [Текст]: Навчальний посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» спеціалізації «Динаміка і міцність машин». – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 265 с.

УДК 628.9; 681.2; 681.5

ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЮКС-ЧАСТОТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕНДОСИНСЬКОГО ДВИГУНА

¹Симонюк В. П., ²Божко К. М.

¹Луцький національний технічний університет

² Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського»

Негативний вплив недостатності освітлення для людини, тварин, рослин давно відомий і носить назву - «світлове голодування». Для людини його наслідками є суттєве зниження продуктивності праці, виникнення сонливості, що в свою чергу призводить до передчасної втоми навіть у працівника після відпочинку, знижує ефективність прийнятих рішень і дій, зростання ймовірності виникнення помилок, зростання захворювань, травм і навіть летальних випадків [1].

Основним джерелом освітленості, звичайно, є природне сонячне освітлення. У разі відсутності чи недостатності необхідно застосовувати додаткові джерела освітлення. Саме контроль освітленості та автоматизована система керування параметрами освітленості, потребують особливої уваги при проектуванні та експлуатації об'єктів виробництва, обслуговування, навчання, медичних закладах тощо [2].

Дану проблему було вирішено розв'язати шляхом розробки, виготовлення та дослідження пристрою для вимірювання освітленості у якому ця ж освітленість використовується в якості джерела живлення [1].

Задачею, яка ставилась перед нами, було дослідження в лабораторних умовах люкс-частотних характеристик проєктованого пристрою для заміру освітленості який містить самодостатнє джерело живлення та забезпечує високу точність вимірів освітленості і зручний у користуванні при невеликій власній вартості.

Конструктивно, блок живлення було виконано таким чином, що він включає фотоприймач, роль якого виконує модернізований мандосинський двигун (МД), а як самодостатнє джерело живлення була використана сонячна батарея.

Мандосинський двигун є різновидом двигуна постійного струму без щіток, особливістю якого є магнітний підвіс ротора, а сам ротор містить сонячні панелі із двома обмотками кожна, які при обертанні ротора по черзі комутують фото-струм у обмотках внаслідок багатократної зміни освітленості фотоелектричної сонячної панелі (ФЕСП) при обертанні. Таким чином, роль комутатора обмоток виконує світло, яке потрапляє на поверхню ФЕСП синхронно із обертанням ротора.

Для дослідження мандосинського двигуна був створений спеціальний лабораторний стенд у складі якого увійшли: галоген-вольфрамова лампа розжарення потужністю 150 Вт; дистанційні вимірювачі освітленості і температури; давач обертального руху; цифровий осцилограф для відображення сигналів давача руху і вимірювання частоти обертів двигуна [1].

Галоген-вольфрамова лампа розжарення є імітатором сонячного освітлення, її спектр найбільше наближений до сонячного спектру. Тому цю лампу використали в якості освітлювача.

Освітленість поверхні ФЕСП змінювали регулюванням висоти кронштейну освітлювача і додатково вимірювали люксометром MASTECH MS6612T в одній площині із ФЕСП. Щупом осцилографа знімали сигнал від фотодіоду.

Для контролю за температурою поверхні ФЕСП застосовано інфрачервоний термометр MASTECH MS6522C (аналог Fluke). Стабільність температури поверхні ФЕСП є важливою умовою для якості вимірювань, оскільки електричні параметри ФЕСП

залежать від температури. Підвищення температури є негативним фактором, який є причиною суттєвого пониження ККД ФЕСП (приблизно у 1% на 10 К).

На цифровому осцилографі відображається модульований сигнал від фотодіода, який є пропорційним до фотоструму діода. Сигнал знімаємо з резистора.

Осцилограф дозволяє не тільки зберегти осцилограми і потім розрахувати частоту імпульсів фотоструму та визначити обертову частоту МД за різної освітленості, але і вимірювати амплітудні та часові параметри сигналів в режимі «Мультиметр».

Результати досліджень були отримані у формі осцилограм. Один із прикладів осцилограми наведено на рис. 1.

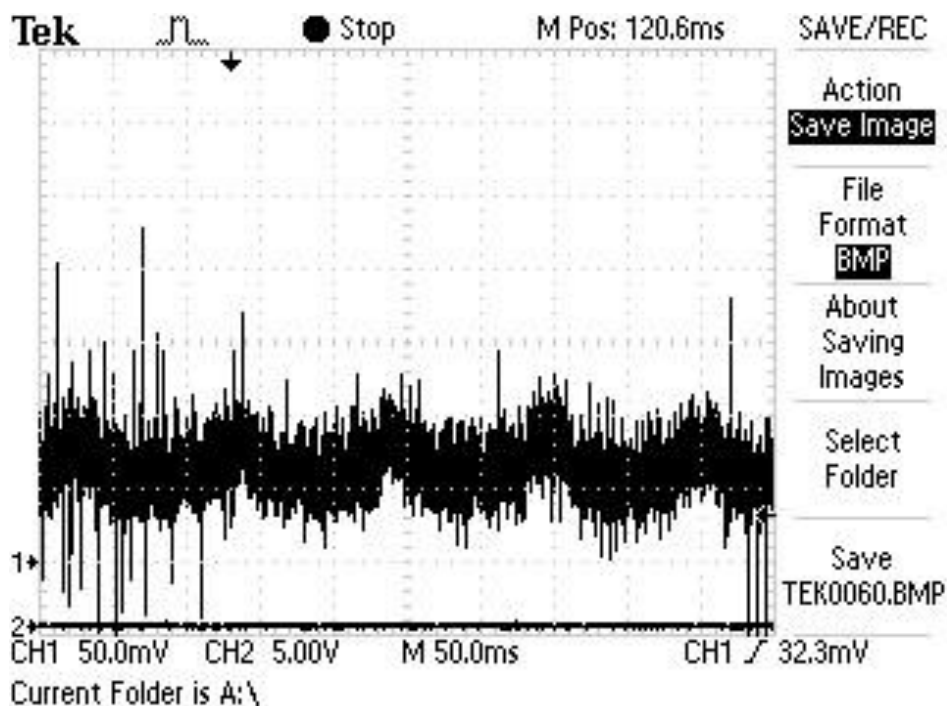


Рисунок 1 - Осцилограма фотоструму при освітленості 535 Лк:
частота модуляції дорівнює 3,85 Гц або 231 об/хв

За результатами лабораторних досліджень був знайдений діапазон лінійної залежності кутової швидкості від освітленості, а саме для значень освітленості від 600 Лк і вище. При меншій освітленості залежність є нелінійною внаслідок малого моменту на валу і великих механічних втрат. При розгоні мендосинського двигуна механічний опір стає сталим і залежність отримує лінійний характер.

Чутливість засобу вимірювання сонячної освітленості на основі мендосинського двигуна за результатами експерименту склала 86 об/хв на 1230 Лк або на 15,375 Вт/м².

При цьому співвідношення освітленості лампового імітатора в люксах і сонячної енергетичної освітленості взято із результатів попередніх досліджень [3]: 80000 Лк на 1000 Вт/м².

В результат лабораторних досліджень була отримана люкс-частотна характеристика двигуна на основі даних від осцилографа та люксметра. Графік швидкості двигуна від освітленості наведено на рис. 2.

Остаточний результат розрахунку: чутливість дорівнює 5,6 об/хв/Вт/м². Невизначеність результату розрахунку має подвійну величину відносно до невизначеності вимірювання люксметром – 3%. Окрім того, нелінійність люкс-частотної характеристики складає приблизно 2%. Оцінимо невизначеність чутливості як подвійну величину відносно невизначеності люксметра або в 6%. Таким чином, чутливість дорівнює 5,6 ± 0,4 об/хв/Вт/м².

Поле зору засобу вимірювання складає 360 градусів, оскільки при роботі двигуна кожна із ФЕСП обертається на повний кут. Для реалізації повної величини кута зору підставку для МД необхідно виконати прозорою, наприклад із органічного скла.

Спектральний діапазон засобу вимірювання сонячної освітленості на МД відповідає спектру поглинання кремнію і має діапазон від 300 до 1050 нм.

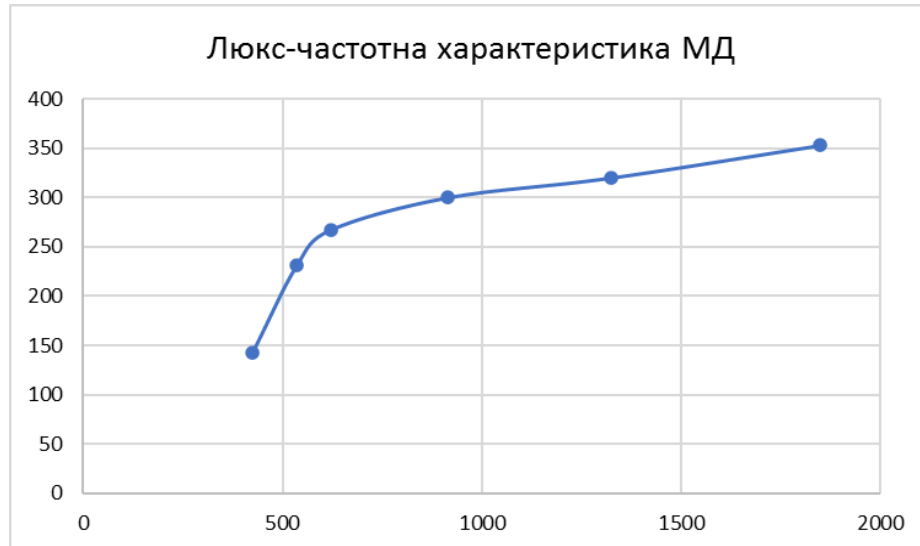


Рисунок 2 - Люкс-частотна характеристика МД: по горизонтальній осі відкладено освітленість у Лк, по осі ординат – швидкість ротору в об/хв.

Висновки. В результаті виконаних досліджень був виготовлений мендосинський двигун, розроблено та створено лабораторний стенд, за допомогою якого була отримана люкс-частотна характеристика мендосинського двигуна і визначені метрологічні параметри та характеристики засобу вимірювання сонячної освітленості на його основі. Діапазон лінійної залежності кутової швидкості від освітленості знаходиться в діапазоні значень від 600 Лк і вище. При меншій освітленості залежність є нелінійною внаслідок малого моменту на валу і великих механічних втрат. Чутливість засобу вимірювання сонячної освітленості на основі мендосинського двигуна за результатами експерименту склала 86 об/хв на 1230 Лк або на 15,375 Вт/м².

Описаний спосіб та проведені натуральні дослідження його застосування підтвердили можливість використання даного способу. Це можуть бути прилади або стенди заміру освітленості в природних умовах стаціонарно, на транспорті, в повітряних зондах, а також з навчальною метою, в лабораторіях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Симонюк В.П. Засіб вимірювання сонячної освітленості на основі мендосинського двигуна: Дис. магістра спеціальності 152 / ПБФ Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського». К., 2024. 100с.
2. Симонюк В.П. До автоматизації освітленості виробничих приміщень за допомогою комбінованого освітлення /В.П. Симонюк, Ю.С. Лапченко, В.Ю. Денисюк, О.М. Решетило // Перспективні технології та прилади, вип. 19, 2021. С. 122-127. DOI: 10.36910/6775-5352-2021- 19-20.
3. K. Bozhko, N. Zashchepkina, I. Bozhko, "Linear current sweep and measuring the current- voltage characteristics of the solar panels", in Actual problems of modern science. Bydgoszcz, Poland, pp. 747-756, 2021. DOI: 10.31891/monograph/2021-10-1.

УДК 621.793

МІКРОСТРУКТУРА ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ТРУБЧАСТИХ ВИРОБІВ ЗМІЦНЕНИХ ІМПУЛЬСНИМ ІОННО-ПЛАЗМОВИМ АЗОТУВАННЯМ

І.А. Селіверстов¹, І.В. Смирнов², А.В. Чорний²

¹ Херсонський національний технічний університет

² Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»

Іонно-плазмове азотування дозволяє розв'язати проблему зміцнення отворів особливо глибоких, довжина яких в десять і більше разів перевищує діаметр, що є досить складним завданням практично для всіх методів інженерії поверхні. Технологіям азотування присвячено багато робіт як вітчизняних, так і закордонних вчених [1–2].

Мета роботи полягала в підвищенні механічних властивостей внутрішньої циліндричної поверхні сталевих трубчастих виробів імпульсним іонно-плазмовим азотуванням.

Для досягнення мети було розроблено технологічні режими імпульсного іонно-плазмового азотування внутрішніх поверхонь на базі експериментальної вакуумної установки, оснащеної джерелом постійної регульованої напруги, високочастотним генератором та імпульсним модулятором. Завдяки своїм характеристикам ці прилади автоматично обмежують струм навантаження заданою величиною та переривають процес дугоутворення, який супроводжується вибухоподібним локальним руйнуванням катодної поверхні зразка, що не припустимо.

В результаті проведених досліджень встановлено, що іонно-плазмове азотування внутрішніх поверхонь із застосуванням пустотілого перфорованого анода призводить до формування дифузійних покриттів, що складаються з ділянок з різним хімічним та фазовим складом. Максимальна концентрація азоту на рівні 8,97 мас. % (26,38 ат. %) спостерігається на ділянках, що знаходились напроти отворів в аноді, які роблять на певній відстані під певним кутом.

Аналіз результатів визначення хімічного складу азотованого шару показав, що структура шарувата і складається з трьох зон: нітридної, де утворилась γ' -фаза, перехідної та дифузійної. Легуючі елементи такі як хром, нікель, молібден розчиняються в фериті з можливим утворенням складних нітридів. Виділяючись в дрібнодисперсному стані ці нітриди сприяють підвищенню твердості азотованого шару. Структура азотованої поверхні шарувата і складається з трьох зон: нітридної, де утворилась γ' -фаза, перехідної та дифузійної.

Загальна товщина азотованого шару сягає 200–300 мкм, а зміцненої I та II зони сумарно – 50 мкм. Твердість внутрішньої поверхні після азотування складала 100 ± 2 HRB, твердість зовнішньої поверхні 75 ± 10 HRB.

Випробування поверхні методом склерометрії показали, що ширина подряпин зразків на різних товщинах азотованого шару у 3...5 рази більша, ніж вихідного неазотованого зразка, що свідчить про їхню високу зносостійкість.

ЛІТЕРАТУРА

1. Каплун В.Г., Каплун П.В. (2015) *Ионное азотирование в безводородных средах*. Хмельницький, ХНУ.
2. Hossein Aghajani, Sahand Behrangi (2016) *Plasma Nitriding of Steels*. Springer International Pub.

УДК

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН І ТЕХНОЛОГІЧНІ МАСТИЛА ПРИ ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ І ЇХ ВПЛИВ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ІНСТРУМЕНТУ

Касян О.А

Херсонський національний технічний університет

Сучасні мастильно-холодильні рідини (МХР) і технологічні мастила (ТМ) являють собою збалансовані багатокомпонентні композиції, до яких входять базові нафтові оливи, поверхнево активні і хімічно активні речовини: ефіри і мила жирних кислот, сульфонати, біоциди різного складу, полімери та інші функціональні присадки. У зв'язку з існуванням загальних вимог до властивостей усіх МХР та ТМ і спеціальних вимог до окремих продуктів, дуже важливим є надійний вибір показників якості для комплексної оцінки фізико-хімічних властивостей МХР і ТМ у процесі їх розробки та застосування.

Фізико-хімічні властивості лежать в основі контролю технології виробництва МХР та ТМ та ідентичності їх властивостей під час зберігання і застосування

Основні фізико-хімічні властивості (табл. 1).

Марка МХР	В'язкість кінематич на при 50°C, мм ² /с	Густина при 20°C, кг/м	Загальна лужність, мг КОН/г	Значення рН	Схильність до піноутворення при 20°C, см, не більше
АВІТОЛ-ПС	170	980	85	9,7/9,5	400
Трибол марки А	50-80	1000-1100	-	9,5-10	300
Трибол марки Б	50-80	1000-1100	107	9,5-10	400
УНІВЕРСАЛ-МХР марки А	18-35	870-990	-	9-9,6	450
УНІВЕРСАЛ-МХР марки А	18-35	870-990	-	8,9-9,5	150
АКВОЛ -2	40-80	1000-1050	-	8-10	300

Українським науково-дослідним інститутом нафтопереробної промисловості «МАСМА» розроблено комплекс фізико-хімічних показників якості, що в певній мірі гарантують технологічні властивості мастильно-холодильних рідин і технологічних мастил. На основі зазначеного комплексу показників розроблено державні стандарти ДСТУ 3927-1999 "Нафтопродукти. Рідини мастильно-холодильні. Номенклатура показників якості" та ДСТУ 3914-1999 "Нафтопродукти. Мастила технологічні. Номенклатура показників". Зазначені державні стандарти набули чинності з 01.07.2000 р., що дозволить розробляти продукти та нормативну документацію на мастильно-холодильні рідини і технологічні мастила на сучасному рівні та виключить можливість надходження на ринок України недоброякісних мастильних матеріалів як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва

Асортимент мастильно-холодильних рідин (МХР), створених в Українському НДІ нафтопереробної промисловості (УкрНДІНП) "МАСМА", постійно оновлюється. Розробляються нові МХР із залученням перспективної сировини, вдосконалених технологічних процесів виготовлення, покращанням їх ефективності при застосуванні. У

першу чергу заводів-споживачів цікавлять фізико-хімічні та експлуатаційні властивості МХР. Щодо останніх, то це насамперед надійний захист від корозії, біостійкість, забезпечення високих технологічних показників не тільки у початковий момент, й на період подальшої експлуатації МХР. Технологічні властивості МХР, дуже важливі для їх успішного застосування, необхідно визначати і враховувати вже на стадії розробки МХР. Їх дослідження – процес трудомісткий і потребує відповідних оснащення та кваліфікації. Тому більшість малих підприємств, які виготовляють МХР, не мають можливості оцінити їх технологічні властивості. Використання МХР без перевірки їх технологічних властивостей призводить до перевитрат МХР, низької якості виробів, збільшення витрат на закупівлю робочого інструменту, погіршення умов виробництва. В УкрНДІНП “МАСМА” всі нові МХР оцінюються за технологічними властивостями. При цьому визначаються такі показники, як стійкість різального інструменту, шорсткість обробленої поверхні, продуктивність, енергосилові параметри процесу. Нижче наведено результати оцінки нових МХР у порівнянні з відомими за стійкістю різального інструменту при операції точіння сталі марки Ст. 45 (умови випробування: концентрація емульсії – 5 % (мас.), швидкість – 0,83 м/с, подача -0,00021 м/об., глибина різання – 0,001 м, полив рідини з витратою – 0,000067 м³ /с):

Вплив типу МХР на стійкість різального інструменту (табл. 2)

Марка МХР	Період стійкості інструменту зі сталі Р18, с
Укринол-1М	1188
Укринол-1М-АЗМОЛ	1500
Універсал-МХР марки Б	1380
Авітол-ПС	1770
Велс-1	2100
Трибол марки А	2850

Висновки Ці результати свідчать про високий технологічний рівень нових МХР. Вони були підтверджені на практиці під час експлуатації вищезазначених МХР на заводах механообробної галузі. Широке експлуатаційне випробування пройшла МХР Авітол-ПС, яка у вигляді 3%-го розчину застосовувалась при операціях чорнового і чистового точіння і фрезерування при обробці сталей марок Ст. 20, 45, 3ПС, 40Х, 3ХЗНМ, 30Х13, Х18Н9Т і титанових сплавів ВТЗ-1 і ВТ-22. Метали обробляли твердосплавними інструментами ВК6М, ВК8 при швидкостях 1,66 – 3,66 м/с на універсальних токарних верстатах марки 250ІТВМ-01, ІК62, вертикально-фрезерувальному верстаті з ЧПУ ГФ2171С6 та верстаті 67К25. Після 2 міс роботи встановлено, що при застосуванні МХР Авітол-ПС стійкість інструментів у середньому підвищилась удвічі в порівнянні з 3%-ю емульсією Укринол-1. Таким чином, проведені дослідження та випробування підтвердили, що створено низку емульсійних та напівсинтетичних МХР, які за техніко-економічною ефективністю перевершують відомі, але вже застарілі продукти, такі, як Укринол-1М

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологічні можливості нових водозмішуваних мастильно-холодильних рідин / О.В. Галкін, В.Т. Процишин, В.П. Темненко // Катализ и нефтехимия. — 2000. — № 5-6. — С. 36-37. — укр.
2. Малиновский Г.Т., Масляные смазочноохлаждающие жидкости для обработки металлов резанием (свойства и применение), Москва, Химия, 1993.
3. Доробіток УкрНДІНП «МАСМА» в оновленні асортименту водозмішуваних МХР / О.В. Галкін, В.Т. Процишин //Нові матеріали, речовини та композити. — 2000. — С. 200-204. — укр.
4. Модифікація мастильно-холодильної рідини Укринол-1М / О.В. Галкін, В.Т. Процишин, Н.М. Ноцик // Катализ и нефтехимия. — 2000. — № 5-6. — С. 34-35. — укр.

СЕКЦІЯ 5 «ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ В ГАЛУЗІ ТРАНСПОРТУ І ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ»

УДК 629.017

ЗМЕНШЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ АВТОМОБІЛЯ ЯК СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ПРОХІДНОСТІ

Бохонко А.В., Зінько Р.В.
Національний університет «Львівська політехніка»

Одним з способів покращення прохідності автомобіля в умовах бездоріжжя є зменшення навантаження на опорну поверхню і забезпечення неруйнування опорного шару в місці дотику з рушієм. Для цього пропонується використовувати повітряну подушку [1-2].

Транспортні засоби на повітряній подушці (ТЗПП) – це транспортні засоби, що рухаються за рахунок тяги створюваної повітряними гвинтами і оснащені системою створення зони підвищеного тиску під корпусом (повітряної подушки) для здійснення підйому над поверхнею або розвантаження рушія [3]. Повітряна подушка зменшує опір руху або тиск апарату на ґрунт і як наслідок, підвищує його швидкість, прохідність, вантажопідйомність. Подача повітря в повітряну подушку може здійснюватися за допомогою відбору потоку від основних маршових гвинтів (поєднаний тип) або за допомогою додаткових "нагнітальних" вентиляторів (роздільний тип нагнітаючої установки) аеродинамічних компенсаторів [4-6]. ТЗПП рухаються зі швидкістю до 60 вузлів (100 км/год) і долають 5%-й ухил чи перешкоду висотою до третини висоти гнучкого фартуха (скега). При заданих масі і швидкості ТЗПП потребує потужності у 3-4 рази більшої, ніж автомобіль чи звичайне судно. Однак для руху ТЗПП потребує в 2-4 рази меншої потужності, ніж для польоту літального апарату [7-8].

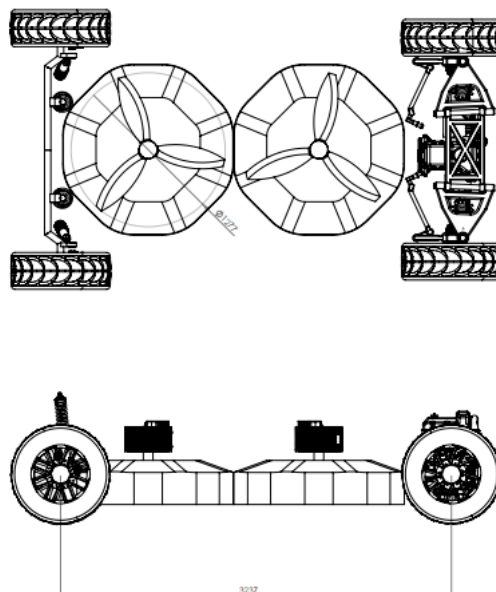


Рисунок 1 – компоновання основних елементів автомобіля з аерокомпенсатором

Основними проблемами ТЗПП є: зменшення потужності, що витрачається на підняття і підтримання його у завислому стані; оптимізація співвідношення між висотою підняття і розмірами автомобіля; удосконалення керування при русі [9].

Пропонується частково зменшувати вертикальне навантаження автомобіля. Такий підхід дозволить підвищити прохідність транспортного засобу, забезпечивши при цьому його енергоощадливі характеристики та економічну доцільність і створити автомобіль з економічно ефективним життєвим циклом особливо в перебігу експлуатації, тобто зробити машину для щоденного використання в широкому діапазоні застосування (рис. 1).

На цей час світові лідери автомобільної промисловості Volkswagen та Audi розробили свої концепти легкових автомобілів на повітряній подушці: Volkswagen Aqua та Audi Shark. Крім того, Міністерством оборони США з 2006 року розпочата розробка броньованого командного автомобіля на повітряній подушці, яким до 2025 року планують замінити автомобілі Hammer.

Було здійснено компоновку з урахування фактичного розташування відповідних деталей, вузлів і систем і записана розрахункова схема навантаження для визначення координат об'єднаного центру мас.

Висновки. Розглянуто транспортні засоби на повітряній подушці як прототип для автомобіля з аерокомпенсатором. Для таких засобів проаналізовано схеми підйому, визначення характеристик нагнітальної установки, їх особливості, конструктивні схеми і способи передачі потужності. Розглянуто гнучкі обгороджування повітряної подушки та матеріали їх виготовлення.

На основі огляду встановлено, що прохідність автомобілів в умовах бездоріжжя можна покращити, зменшивши вертикальне навантаження на опорну поверхню.

Реалізувати це можна поєднавши колісний рушій і аерокомпенсатор (повітряний вентилятор направленої дії).

ЛІТЕРАТУРА

2. Parkinson, Justin (9 November 2015). "What happened to passenger hovercraft?". UK: BBC. Retrieved 30 January 2021.
3. Noble, Will (13 August 2021). "The hovercraft that kept on going". CNN Travel.
4. Sekiya, Yohei; Shimbun, Yomiuri (3 September 2023). "Hovercraft to Return to Oita, Ferrying Passengers to Airport". Yomiuri Shimbun. Japan. Retrieved 4 July 2024.
5. Griffon Hoverwork wins £25m Japan export deal (Press release). UK: Griffon Hoverwork. Retrieved 4 July 2024.
6. House of Commons Debates: Hovercraft Bill, Parliamentary Debates (Hansard), vol. 764, cc1479-522, 16 May 1968, archived from the original on 27 November 2012, retrieved 26 May 2012.
7. BBC on this day - 11 - 1959: Hovercraft marks new era in transport. BBC News. 11 June 1959. Archived from the original on 6 January 2008. Retrieved 10 July 2007.
8. Technik - Austro-Hungarian Hovercraft - The Development. Homepages.fh-giessen.de. 26 March 1915. Archived from the original on 9 October 2007. Retrieved 26 May 2012.
9. Jump up to: Cars that Fly. Modern Mechanix. October 1959. pp. 92–95. Archived from the original on 29 January 2016.
10. TamPub (PDF). uta.fi. Archived (PDF) from the original on 26 March 2012. Retrieved 22 January 2010.
11. Hovercraft: New Generations Ahead. Flight International: 528. 5 October 1961. Archived from the original on 22 June 2012. Retrieved 13 January 2010.

УДК 629.114.2

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ОПОР АВТОМОБІЛЬНОЇ ЦИСТЕРНИ

Войтик Я.М., Зінько Р.В., Зінько А.В.
Національний університет «Львівська політехніка»

Процес гальмування сидельного автопоїзда багато в чому визначає стійкість курсового руху і забезпечує безпеку руху. Особливістю динаміки гальмування автопоїзда є виникнення ударних навантажень між його ланками, які за певних умов можуть істотно погіршити його стійкість. При цьому спостерігається істотне збільшення динамічних навантажень на опорно-зчіпний пристрій, елементи причепа. Особливо це актуально для автомобільних цистерн, де додатково додається навантаження від рідини у вигляді гідравлічного удару. Тому забезпечення міцності кріпильних опор цистерни є важливим і може гарантувати безпеку руху автомобільної цистерни в транспортному потоці.

Характеристику сил, що діють на шарнірний пристрій, можна використати в якості джерела первинної інформації для подальшого дослідження елементів автомобільної цистерни. Також це дозволить реалізувати директиву 71/320 ЄЕС і єдині технічні вимоги Правил 13 ЕЭК ООН, які вимагають обов'язкову установку антиблокувальних систем, що забезпечить зменшення динамічних навантажень на зчіпні пристрої і автомобільні цистерни в цілому при гальмуванні магістральних АТЗ [1,2].

Для цистерн-напівпричепів безрамного несівного типу розглянуто питання міцності опор цистерни для типової динаміки навантажень під час експлуатації, а саме при гальмуванні [3,4]. У випадку півпричіпа вплив тягача моделюється з врахуванням вихідної бокової жорсткості поворотного шворня, яка свідчить про пружність підвіски, шин, шасі і опорно-зчіпного пристрою сидельного тягача на рівні поверхні землі [5,6].

При моделюванні напруженого стану опор автомобільної цистерни повинні виконуватись наступні технічні вимоги: центр крену осі відповідає рівню поверхні землі; конструкція транспортного засобу вважається жорсткою; транспортний засіб встановлюється симетрично своїй осьовій лінії; деформації шини і підвіски є лінійними; поперечна деформація підвіски рівна нулю.

Розрахунок проводиться для умов максимального навантаження: завантажений транспортний засіб та інтенсивні умови гальмування. В цьому стані максимального навантаження автоцистерна завантажується повністю без перевищення максимальної допустимої маси і максимальних допустимих навантажень на колеса [7].

Початкова швидкість руху автомобіля-тягача склала 15 м/с, після чого рух відбувався з уповільненням 0,6g уздовж подовжньої осі, уздовж поперечної осі z – 0,3g. Проводилися дослідження напруження, переміщень, деформацій в опорах цистерни з використанням МСЕ. Кінцевоеlementні моделі містили від 150 до 300 тисяч кінцевих елементів.

Найбільша величина напруження в елементах кріплення досягає 171,7 МПа і носить локальний (точковий) характер (рисунок). Напруження у більшості інших стержневих і пластинчатих елементах конструкції автоцистерни знаходяться на рівні 20-60 МПа, що є недостатнім для досягнення критичної межі руйнування для сталевих конструкцій і свідчить про те, що конструкція може бути вдосконалена і полегшена.

Висновки. Проведені дослідження показали, що запропонована конструкція цистерни дозволяє забезпечити безпеку її експлуатації. Опори кріплення цистерни дозволяють знизити амплітуди коливань, максимізувати дисипацію енергії коливань рідини, раціоналізувати конструкцію перегородок і напруги в них.

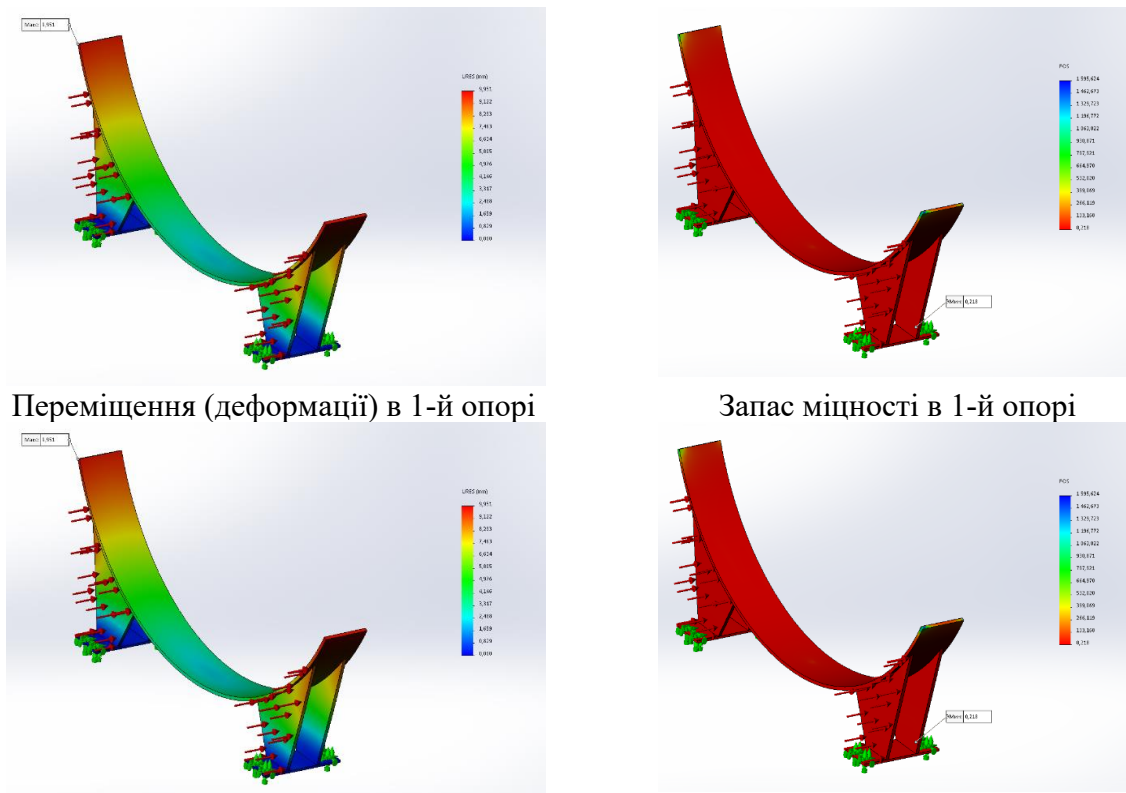


Рисунок – Дослідження напруженого стану опор автомобільної цистерни

ЛІТЕРАТУРА

12. DSTU UN/ECE R 13-09:2002. Uniform technical prescriptions for the official approval of road vehicles of categories M, N and O with regard to braking (UNECE Regulation No. 13-09:2000, IDT). - K.: State Committee of Ukraine on Technical Regulation and Consumer Policy, 180 p. (2002) 2. DSTU 3649:2010. Wheeled vehicles. Requirements for the safety of the technical condition and control methods. - K.: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 28 p. (2011).
13. М 06:2018 Methodology of static testing of coupling hinges of tractor trailers and trailed agricultural machines. - Input 2019-07-12. - Kherson: PF UkrNDIPVT named after L. Pohorilo, 7 p. (2018).
14. Зінько Р.В. Дослідження опорно-зчіпного пристрою цистерни-напівпричепа згідно Правил 13 ЕЭК ООН. / Р.В. Зінько, О.З. Горбай, Ю.Л. Крайник // Міжнародна науково-практична конференція "Новітні технології розвитку автомобільного транспорту" 16-19 жовтня. Харків: ХНАДУ. 2018. – 272-273.
15. ДСТУ UN/ECE R 111-00:2002 ДСТУ UN/ECE R 111-00:2002 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження автоцистерн категорій N і O стосовно їх стійкості проти перекидання (Правила ЕЭК ООН № 111-00:2001, IDT).
16. Heavy Duty Vehicle Weight Restrictions in the EU [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.acea.be/uploads/publications/SAG_23_Heavy-Duty_Vehicle_Weight_Restrictions_in_the_EU.pdf P. 4 (дата звернення: 15.11.2023).
17. Hilfsmittel zur Erhöhung der Transportsicherheit bei Flüssigkeitstransporten in Tankfahrzeugen: pat. 10251966 DE: B 60 P 3/22 / M. Enders — Anmeldetag 08.11.02; Offenlegungstag 19.05.04. — 3 p.
18. Ziarani, M.M. Optimisation of liquid tank geometry for enhancement of static roll stability of partially-filled tank vehicles / M.M. Ziarani, M.J. Richard, S. Rakheja // International Journal of Heavy Vehicle Systems. — 2004. — Vol. 11. — Pp. 155—173.

УДК 621.7.043

МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ БЕЗПОВІТРЯНОГО КОЛЕСА

Демчук І.Б., Зінько Р.В.

Національний університет «Львівська політехніка»

Різноманіття технологічних машин велика, і значна їх частина оснащена колісними рушійми. Такі рушії мають ряд переваг, проте головною проблемою є можливість їх ушкодження, внаслідок чого колесо вимагає довгого і дорогого ремонту, а техніка часто простоє, що знижує її ефективність.

Колесо з традиційною пневматичною шиною має істотний недолік: у разі втрати надмірного тиску повітря в шині рух колісної машини припиняється, а при русі машини з високою швидкістю можлива дорожньо-транспортна подія з важкими наслідками. Іншими недоліками пневматичної шини є складність технологічних процесів і великі енерговитрати на її утилізацію, внаслідок чого у світі скупчилося величезна кількість використаних і некондиційних автомобільних покришок. Сучасні досягнення хімії полімерів дозволяють створювати автомобільні шини нової конструкції, працездатність яких забезпечується не тиском стислого повітря, а фізико-механічними властивостями конструкційних матеріалів, наприклад, еластичних поліуретанів. Створенням безповітряних поліуретанових шин активно займаються провідні світові компанії-виробники автомобільних шин, такі, як Michelin, Amerityre, Yokohama, Bridgestone, Hankook, Resilient Technologies, Polaris [1-6].

Актуальним є дослідження безповітряних шин з еластичних полімерних матеріалів з метою визначення умов безпечної їх експлуатації.

В середовищі Solidworks розроблена модель безповітряного колеса з радіальними шпичками загальним об'ємом поліуретану в 2 літри (рис. 1). Дана форма зумовлена з міркувань простоти виготовлення матриці та виливки [7, 8]. При таких навантаженнях і геометрії колеса отримали попередні результати розрахунку на міцність та переміщення.

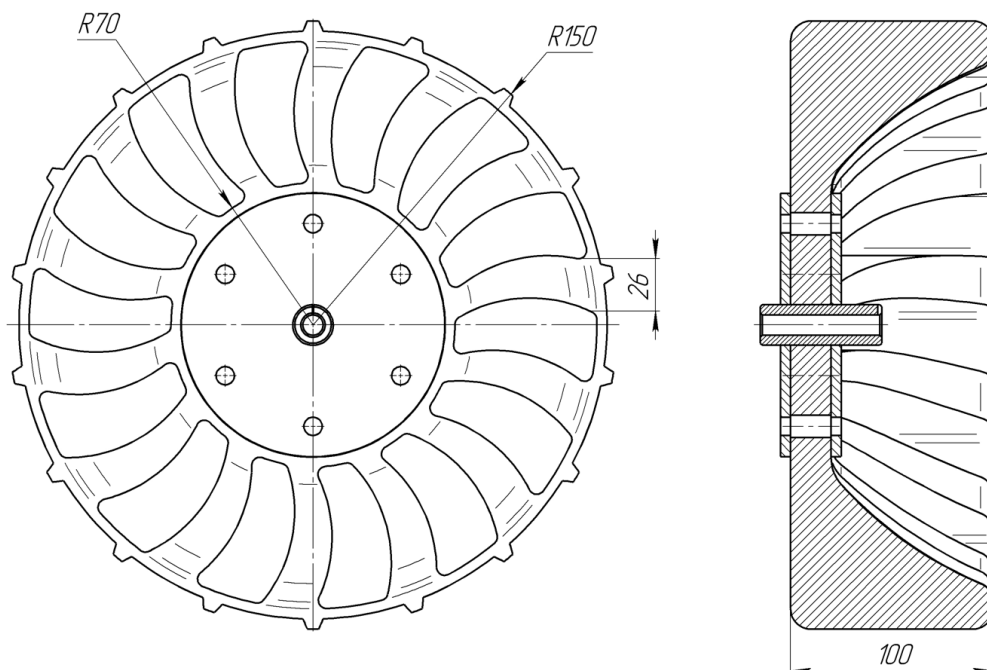


Рисунок 1 – Конструкція моделі безповітряного колеса

При фіксації осі колеса та прикладання сил R_x та R_z колесо деформується на 9,4 мм, та максимальний тиск який виникає у точці концентрації напружень 0,42 МПа. Даний аналіз був проведений на чорновій сітці з невеликою кількістю полігонів, тому є не точним, але разом з тим зайняв мало часу – 2 хв.

Був проведений аналіз на сітці високої якості з середньою і максимальною кількістю полігонів для порівняння результатів (рис. 2, рис. 3). Результати проведеного аналізу представлено в таблиці.

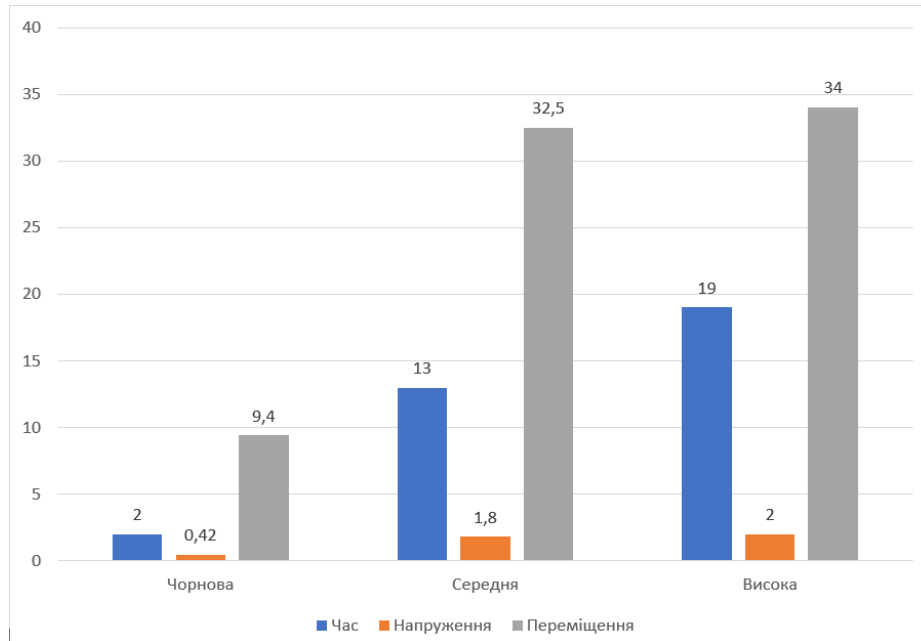


Рисунок 2 – Діаграма залежності часу розрахунку і точності отриманих результатів

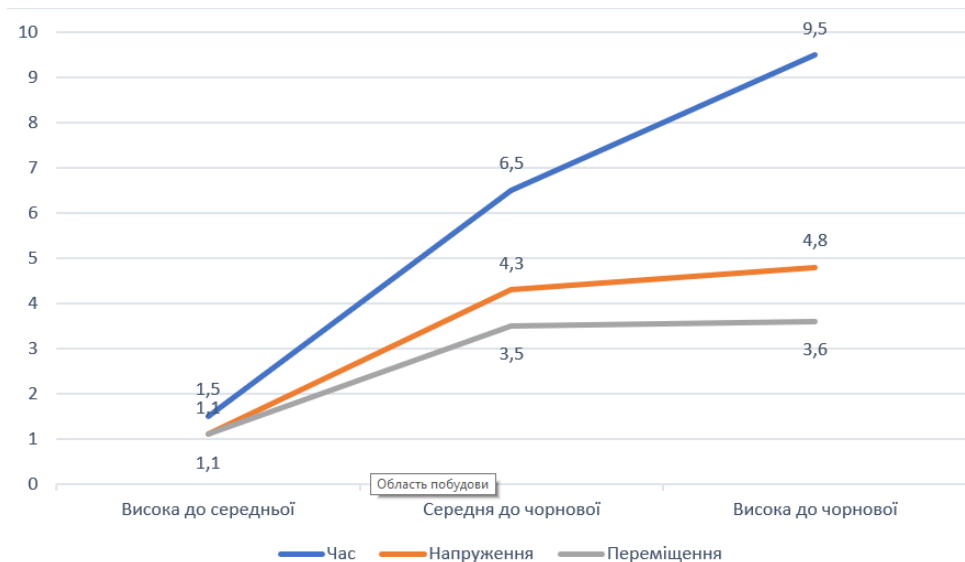


Рисунок 3 – Співвідношення часу розрахунку і точності отриманих результатів

Співвідношення становить:

По часу $13/2=6,5$ рази, $19/13=1,5$ рази і $19/2=9,5$ рази.

По напруженнях $1,8/0,42=4,3$ рази, $2/1,8=1,1$ рази і $2/0,42=4,8$ рази.

По переміщеннях $32,5/9,4= 3,5$ рази, $34/32= 1,1$ рази і $34/9,4=3,6$ рази.

Таблиця – Аналіз якості отриманої якості проведених розрахунків

Якість сітки	Час розрахунку, хв.	Напруження макс., МПа.	Переміщення макс., мм.
Чорнова, мінімальна кількість полігонів	2	0,42	9,4
Висока, середня кількість полігонів	13	1,8	32,5
Висока, максимальна кількість полігонів	19	2	34

З графіка рисунка 3 можна побачити, що при збільшенні часу в 9,5 рази результати змінюються в більшу сторону по напруженням в 4,8 рази а по переміщеннях в 3,6 рази. Отже, можна зекономити на часі в розрахунках майже в 10 разів, домножуючи отримані результати на коефіцієнти $k_n=4,8$ і $k_p=3,6$.

Висновки. При збільшенні точності розрахунків тенденція зміни деформації зберігається, хоча не настільки виражена. Отже, можна проводити аналіз на сітці чорнової якості, збільшуючи результат на коефіцієнти k_n , k_p . Такий підхід дозволяє на стадії проектування попередньо оцінити ефективність форми колеса, підібрати оптимальнішу форму з врахуванням об'єму поліуретану та складності геометричної форми виготовлення матриці.

ЛІТЕРАТУРА

19. Automobile portal: vopros-otvet [Electronic resource]. URL: <http://vopros-avto.ru/chto-luchshe-kamernyie-ilibeskamernyie-shinyirazbiraemysya> (date of application: 19.12.2023).
20. Mazur V.V. Automobile wheels with airless tires / V.V. Mazur, A.V. Gailyshyn // Avtotransportnoe predpriyatie. 2012. P. 36.
21. Bridgestone goes airless in tire concept for Tokyo show [Electronic resource]. Access mode: <https://phys.org/news/2011-12-bridgestone-airless-concept-tokyo.html> (date of application: 14.10.2023).
22. US Military begins rolling on airless tires [Electronic resource]. Access mode: <https://www.roadandtrack.com/new-cars/car-technology/news/a5533/go-news-new-technology-polaris-airless-tire/> (date of application: 03.06.2023).
23. New: airless tires from Michelin [Electronic resource]. Access mode: <https://samohodoff.ru/novosti/novinkabezvozdushneshini-ot-michelin> (date of application: 03.12.23).
24. Polaris is Launching the First ATV With Airless Tires [Electronic resource]. Access mode: <https://www.complex.com/sports/2013/11/polaris-atv-with-airless-tires> (date of application: 09.02.2024).
25. Зінько Р. В., Глобчак М. В., Демчук І. Б. Виготовлення безповітряного колеса з еластичного поліуретану // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 25–26 травня 2023 р.): у 2 т. – 2023. – С. 201–202.
26. Roman Zinko, Oleh Polishchuk, Igor Demchuk, Olexsandr Shpak, Joanna Wilczarska Research on a tubeless tire for a mobile robot. Matec web of conferences 20th international conference diagnostics of machines and vehicles “Hybrid multimedia mobile stage”. Bydgoszcz-poledno, Poland, December 1-2, 2023 Volume 375 (2023). С. 1-11. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202337501002>.

УДК 004.942:519.876

МОДЕЛЮВАННЯ НАПОВНЕНOSTІ САЛОНУ АВТОБУСА

Мокряк Б.Ю., Зінько Р.В.

Національний університет «Львівська політехніка»

Компонування автобусів визначається їх призначенням і габаритною довжиною. Автобуси завдовжки до 9 м проектуються, як правило, на базі шасі вантажних або легкових автомобілів або з використанням їх агрегатів, що практично обумовлює компонування таких автобусів (з переднім розташуванням двигуна). Автобуси завдовжки 9 м і більше можуть мати різні компонувальні рішення залежно від призначення і умов експлуатації. Для міських маршрутних автобусів вибір схеми розташування двигуна і трансмісії складає найбільшу складність, оскільки в даному випадку компонуванням мають бути забезпечені заповненість салону, зручність, безпеку і швидкість входу, проходу і виходу пасажирів, а також рух пасажирів в салоні при посадці-висадці.

Вимоги стандартів до інтер'єру і компонування салону міських маршрутних автобусів в основному такі ж, як до автобусів великої місткості, але є деякі відмінності [1,2], що стосуються кількості і розташування дверей, а також розмірів проходів.

При компоновці салону мало враховувалася і досліджувалася проблема заповненості і рух пасажирів в салоні [3,4].

З появою нових технологій проектування, які містять компоненти автоматизації і алгоритмізації процесу створення нових зразків техніки, з'явилася можливість ще на стадії концептуалізації (створення передумов) проекту промодельовати робочі процеси, в яких задіяний створюваний продукт і, відповідно, зменшити кількість ітерацій проектування [5]. Це дозволить знизити затрати часу, інтелектуальних, фінансових та інших ресурсів.

У випадку компонування салону автобусів є можливість прогнозувати різні варіанти розміщення двигуна, сидінь, колісних ніш, дверей і оцінити заповненість салону (статична характеристика) і зручність його заповнення (динамічна характеристика).

Була розглянута модельна задача опису динаміки руху пасажирів у транспортному засобі [6]. В базовому прикладі, який буде основою для подальших досліджень із зростаючою складністю компонувального середовища транспортного засобу, за основу взято компоновку аеродромних автобусів (рисунк 1).



Рисунок 1 – Аеродромні автобуси 50-60 років минулого століття: а) сідловий тягач Ford з пасажирським напівпричепом, що використовувався в аеропорту Цюриха; б) вантажівка Skoda з напівпричепом на базі автобуса Skoda.

Для простоти вважається, що поведінка модельних агентів задається на прямокутній ґратці, при цьому за 1 крок моделювання, агент (пасажир), що займає 1 клітинку, може зміщуватися не більше, ніж на 1 клітинку.

Транспортний засіб представляє собою прямокутну область клітинок, де задано точки входу і виходу пасажирів, всі решта точок є еквівалентними (рисунк 2).

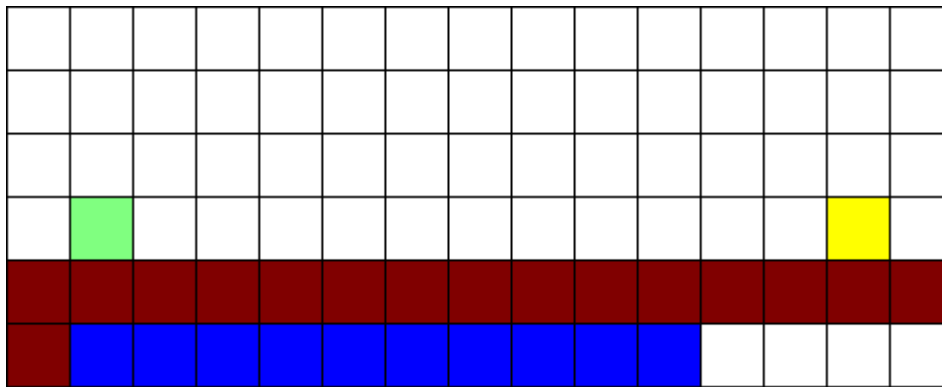


Рисунок 2 – Модельний всесвіт задачі: нагорі зображено порожній транспортний засіб («автобус»), зелена клітинка – точка входу («вхідні двері»), жовта – точка виходу («вихідні двері»); знизу під розділяючою коричневою лінією умовно показано модельних агентів («пасажирів на зупинці»)

Аналізуючи динаміку руху порівняно великої кількості модельних агентів (у даному випадку – більше 10), не отримано стаціонарної конфігурації агентів (пасажирів), що пов'язано з тим, що вони «заважають» один одному і допустимі траєкторії на кожному кроці змінюються (рисунок 3). Уникнути цього (для отримання більш реалістичних результатів, що узгоджуються з практикою) можна, якщо ввести додаткову умову, що рух відбувається тільки у випадку, якщо наступний крок по траєкторії гарантовано зменшує значення стресорів.

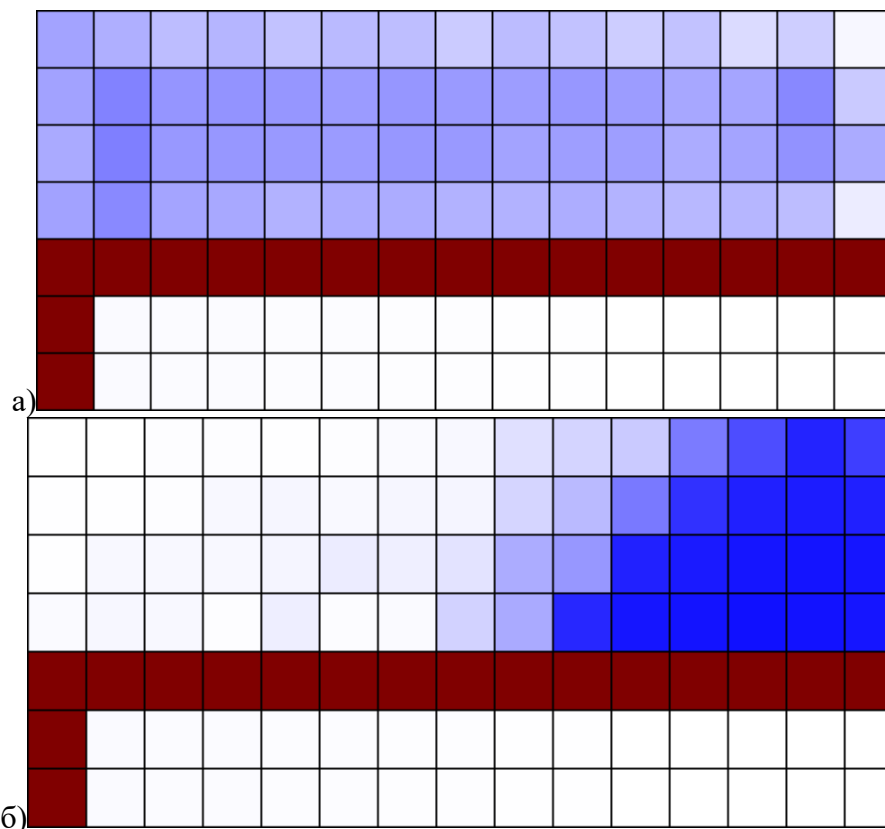


Рисунок 3 – Результати моделювання для 20 модельних агентів, що усереднені по $T = 1000$ кроків для різних моделей поведінки: а) міжособистісні стресори (Interpersonal stressors), $\alpha = 0, \beta = 1$; б) позиційні стресори (Positional stressors), $\alpha = 1, \beta = 0$; комбіновані стресори, $\alpha = 1, \beta = 1$.

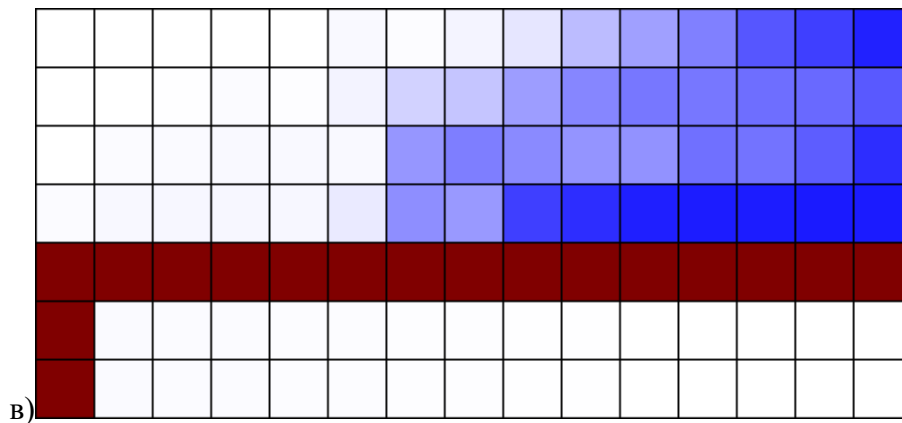


Рисунок 3 (продовження) – Результати моделювання для 20 модельних агентів, що усереднені по $T = 1000$ кроків для різних моделей поведінки: а) міжособистісні стресори (Interpersonal stressors), $\alpha = 0, \beta = 1$; б) позиційні стресори (Positional stressors), $\alpha = 1, \beta = 0$; комбіновані стресори, $\alpha = 1, \beta = 1$.

Таким чином, для аналізу стаціонарних конфігурацій динаміки руху, зручно усереднити результати моделювання для достатньо великої кількості кроків.

Висновки. На основі проведених досліджень можна зробити такі висновки:

- модель, що враховує міжособистісні стресори, показує статистично рівномірний розподіл модельних агентів з часом майже по всій області, за виключенням точки входу (в ній обов'язково з'являється кожний агент на старті своєї історії) та дальніх кутових точок (цей ефект мав би зникати при збільшенні кількості кроків усереднення);
- модель, що враховує тільки позиційні стресори, показує компактний розподіл в околі точки виходу;
- комбінована модель, як і очікувалось, дає проміжні результати – розподіл групується в околі точки виходу, але є недостатньо компактним у порівнянні з моделлю, що враховує тільки позиційні стресори.

ЛІТЕРАТУРА

27. Regulation N 52. Uniform provisions concerning the approval of the categories M2 and M3 small capacity vehicles with regard to their general construction.
28. Regulation N 36. E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.35/Rev.3 Buses. Safety of construction. General requirements.
29. Musse S. R., Thalmann D.: Hierarchical model for real time simulation of virtual human crowds. In IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics (2001), pp. 152–164.
30. Li T., Jeng Y., Chang S.: Simulating virtual human crowds with a leader-follower model. In Proceedings of Computer Animation Conference (2001), The Computer Graphics Society and the IEEE Computer Society, pp. 93–102.
31. Маковейчук О. М., Зінко Р. В. Принципи організації анізотропного середовища для клітинкових автоматів // Науковий вісник ХНПУ України. 2007. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiipi-organizatsiyi-anizotropnogo-seredovischa-dlya-klitinkovih-avtomativ> (дата звернення: 29.10.2023).
32. Зінко, Р. В., Маковейчук, О. М. (2024). Моделювання руху пасажирів у транспортному засобі на основі клітинних автоматів. ITSynergy, (1), 30–42. <https://doi.org/10.53920/ITS-2024-1-3>.

УДК 625.032.4 (543.1)

ЗАСТОСУВАННЯ ПІДВІСОК АВТОМОБІЛЯ З НЕЛІНІЙНОЮ ПРУЖИНОЮ

Пелех О.Р., Зінько Р.В.

Національний університет «Львівська політехніка»

Для отримання високої плавності ходу необхідно мати низьку жорсткість підвіски – велику величину статичного прогину. Це можна забезпечити малим кутом нахилу лінії, вертикальній реакції, що описує величину R_z , обумовлену роботою пружних елементів підвіски.

З іншого боку, підвіска повинна сприймати вертикальні реакції коліс в діапазоні від 0 до R_{zmax} . Цей діапазон навіть на рівних дорогах досить великий і при малому куті нахилу лінії приведе до надмірно великих ходів підвіски f . Великі ходи підвіски неприйнятні, як з конструктивних міркувань, так і з міркувань забезпечення хорошої стійкості і керованості автомобіля [1].

Це протиріччя конструктор вирішує, використовуючи ту обставину, що дуже великі і дуже малі значення вертикальної реакції коліс R_z , прилеглі до меж діапазону $R_z=0...R_{zmax}$ при звичайній їзді зустрічаються досить рідко і не сильно впливають на плавність ходу.

Для зменшення повного ходу підвіски в цих умовах конструктор застосовує додаткові пружні елементи – буфера стискування і відбою [2,3]. Ці буфера коригують характеристику пружності підвіски, роблячи її жорсткішою по краях діапазону зміни величини вертикальної реакції R_z .

Таким чином, сприятлива характеристика підвіски автомобіля забезпечується не лише її досить малим нахилом в зоні основних коливань, але і своєчасним (по прогину підвіски) включенням буферів стискування і відбою, і їх достатньою енергоємністю. Окрім цього на плавність ходу впливає і величина тертя в підвісці R_z , $t_{встис}$ і R_z , $T_{відб}$.

Проте описана характеристика підвіски не завжди дозволяє отримати досить добрий результат. У деяких автомобілів величина маси, що припадає на задню підвіску, при завантаженні-розвантаженні автомобіля змінюється суттєво. Це стосується легкових автомобілів (в першу чергу до передньопривідних). Дуже сильно змінюється навантаження, що припадає на задню підвіску у вантажних автомобілів.

У цих випадках частота коливань на завантаженому автомобілі буде низькою, комфортною, а на порожньому або малозавантаженому – високою, дискомфортною [4].

Виходом з цього положення є використання пружного елемента з нелінійною характеристикою пружності або пневматичної підвіски, жорсткість пружного елемента якої регулюється. Пневматична підвіска складна, дорога і вимагає установки на автомобілях компресора. Така підвіска широко застосовується на автобусах, великих вантажних автомобілях і причепах, на великих дорогах легкових автомобілях, де окрім високої плавності ходу забезпечує і інші переваги. Для звичайних легкових автомобілів прийнятнішим рішенням є застосування пружних елементів зі змінною (нелінійною) характеристикою пружності.

Пружина з прогресивною характеристикою відрізняється змінною жорсткістю і нелінійним стискуванням під навантаженням завдяки різному кроку витка. Чим навантаження на таку пружину, тим жорсткішою вона стає. Під навантаженням витки з меншим кроком змикаються першими, загальне число вільних витків, що залишилися, зменшується, і жорсткість зростає.

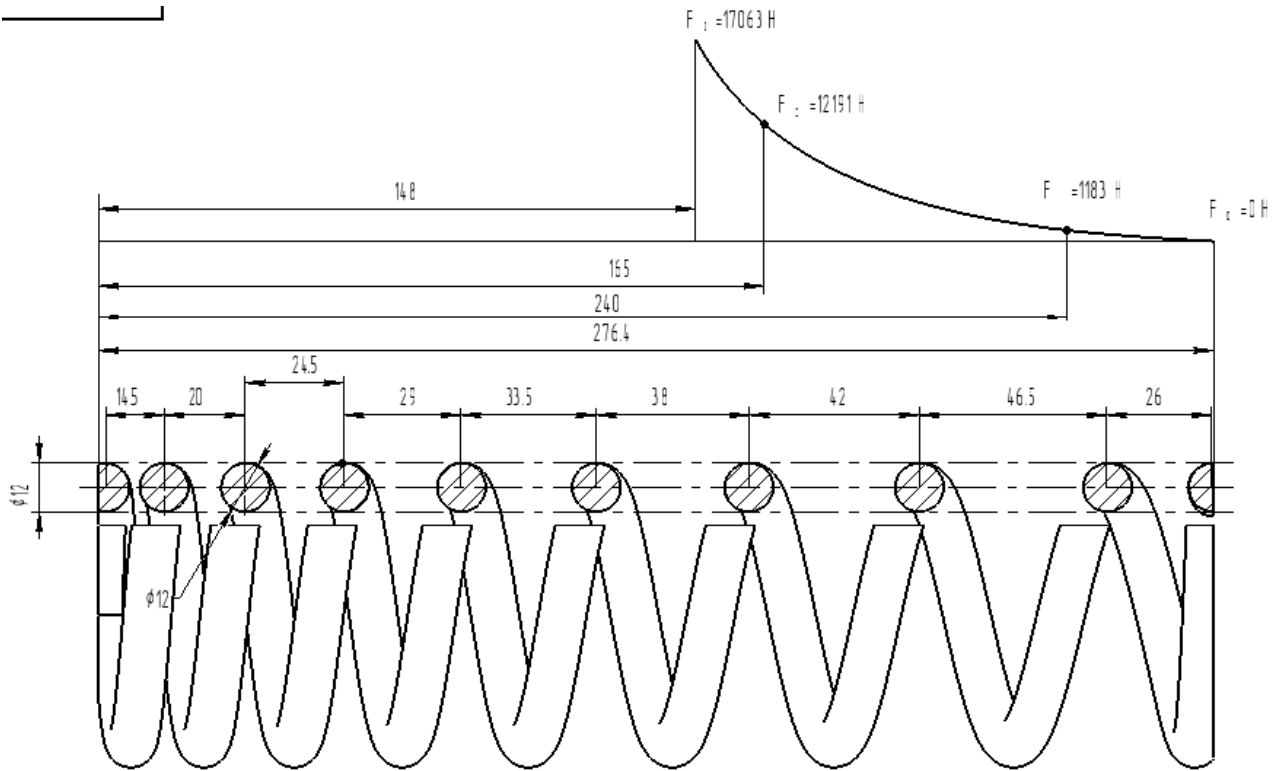


Рисунок 2 – Пружина з прогресивною характеристикою

Проведено попередні розрахунки з вибором основних параметрів пружини з прогресивною характеристикою. При цьому враховувалися діаметр дроту, змінний крок витків, характеристики матеріалу, підресорена маса. Розраховувалася відновлювальна сила підвіски, частота виникнення резонансних явищ.

Висновки. На основі проведених розрахунків встановлено, що за нелінійної характеристики відновлювальної сили підвіски власна частота підресореної маси визначається як силовими її параметрами, так і амплітудою коливань. Явище резонансу проявляється для різних частот зовнішнього циклічних збурень при різних амплітудах коливань. Значення резонансної амплітуди жорсткіших підвісок є меншими, а при сталих значеннях відновлювальної сили амортизатора — більшими.

ЛІТЕРАТУРА

33. А. П. Солтус, Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: навчальний посібник для ВНЗ. Київ, Україна. Арістей, 2010.
34. В. В. Дущенко, Системи підресорювання військових гусеничних і колісних машин: розрахунок і синтез. Харків, Україна: НТУ "ХП", 2018.
35. Б. І. Сокіл, Р. А. Нанівський, М. Г. Грубель, «Власні вертикальні коливання корпусу автомобіля з урахуванням нелінійних характеристик пружної підвіски» *Автошляховик України: науково-виробничий журнал*. № 5 (235), с. 15-18. 2013.
36. B. Sokil, O. Lyashuk, M. Sokil, P. Popovich, Y. Vovk, O. Perenchuk. «Dynamic Effect of Cushion Part of Wheeled Vehicles on Their Steerability (2018)», *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, vol. 15, issue 1, pp. 4880-4892, March. Doi/org/10/15282/ijame/15.1.2018.1.0380.

УДК 621.01

ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ СКЛАДНОЇ ОБ'ЄМНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

Гороховський В.О., Гордєєв А.І.
Хмельницький національний університет

Задачі аналізу кінематики та динаміки багатомасових і багатотільних систем є одним із класичних напрямків у галузі прикладної механіки. При моделюванні динаміки багатомасових систем застосовується метод кінцевих елементів, що дозволяє досліджувати концепцію всієї системи та оцінити її динамічний відгук у лінійній, нелінійній постановках. Особливості поведінки можуть бути збережені і передані, як вхідні дані в МКЕ-аналіз для використання в якості динамічних навантажень, що забезпечить розуміння функціонування системи в більш детальному вигляді.

При аналізі руху та поведінки багатомасових і багатотільних систем необхідно вирішувати задачу визначення маси системи та координати центру ваги. Поряд із вимірюванням маси сьогодні постає ще один не менш важливий параметр – це положення центра ваги.

Аналіз наукової літератури показав, що існує широкий клас задач в яких необхідно враховувати просторові форми об'єктів, визначати масу та координати центру ваги та відстані їх у горизонтальних або вертикальних площинах. У вітчизняній науці основні результати в напрямку математичного та програмного забезпечення задач геометричного проектування були досягнуті в науковій школі Ю. Г. Стояна [1]. Значний внесок у розвиток теорій і методів розв'язання складних задач компоновання систем з урахуванням просторової геометрії об'єктів зробили М. І. Гіль, І. В. Гребенник, О. М. Кисельова, В. М. Комяк, О. В. Панкратов, Т. Є.[2-7]. Закордонні роботи, пов'язані з цим напрямком, виконані авторами: J. Bennell, C. Che, Y. Chen, G. M. Fadel, G. Fasano, L. Y. Wang [8–9]. Також у щорічних монографіях серії «Springer Optimization and Its Applications» [10–11] особлива увага приділяється моделям, методам та інформаційним технологіям компоувального синтезу об'єктів аерокосмічної техніки з визначення маси та розташування координат центру ваги. Робота присвячена вирішенню науково-технічної задачі, яка полягає у впровадженні інформаційних технологій підтримки та прийняття рішень при проектуванні та аналізі кінематики руху складних технічних систем з урахуванням просторової форми складових об'єктів та урахуванням змінних параметрів об'ємної геометричної конфігурації.

Мета роботи полягає у створенні методології визначення кінематичних характеристик руху об'єктів складної об'ємної конфігурації з підвищеною якістю рішень при визначенні розташування координат центра ваги складних систем шляхом розроблення моделей методом інформаційної технології компоувального синтезу просторових об'єктів.

Під стійкістю розуміють здатність автомобіля протистояти заносу (бічному ковзанню) і перекиданню. Найчастіше порушення стійкості автомобіля виникає внаслідок дії бічних відцентрових сил і сили ваги. Стійкість рухомого автомобіля залежить від багатьох чинників: маси автомобіля, висоти його центру ваги, ширини колії, бази, розміру шин, їх конструкції й стану; радіусів кривизни дороги й стану її поверхні, швидкості та напрямку руху; уміння керувати автомобілем тощо.

При бічному (поперечному) перекиданні при повороті на транспортний засіб вагою G діє доцентрова сила, яка дорівнює інерційній відцентровій силі P_b . (рис. 1). На рисунку наведені такі умовні позначення: G – вага транспортного засобу; B – колія по зовнішніх

шинах коліс; h_g – висота центру прикладення сили G над рівнем дорожнього покриття; R – сили реакції поверхні дороги. При русі транспортного засобу при повороті, що немає поперечний ухил, перекидання на бік (рис.1) управо визначається за нерівністю:

$$G \cdot 0,5B \leq P_{\phi} \cdot h_g \quad (1)$$

При русі транспортного засобу при повороті (рис.2), що має поперечний ухил, перекидання на бік управо визначається нерівністю:

$$G \cdot (B + h_g \tan \beta) \leq P_{\phi} \cdot h_{g1} \quad (2)$$

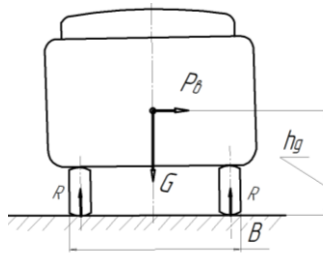


Рисунок 1. Схема дії сил при русі транспортного засобу на повороті з перекиданням на бік управо, що немає поперечний ухил, : G – вага транспортного засобу; P_{ϕ} – відцентрова сила, яка виникає при повороті; B – колія по зовнішніх шинах коліс; h_g – висота центру прикладення сили G над рівнем дорожнього покриття; R – сили реакції поверхні дороги

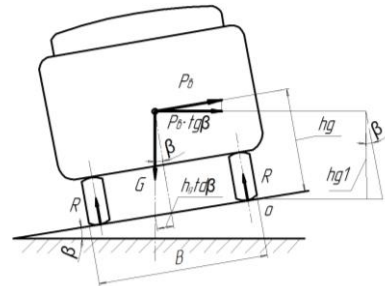


Рисунок 2. Схема дії сил при русі транспортного засобу при повороті з перекиданням на бік управо, що має поперечний ухил під кутом β , : G – вага транспортного засобу; B – колія по зовнішніх шинах коліс; h_{g1} – висота центру прикладення сили G над рівнем дорожнього покриття; R – сили реакції поверхні дороги

Для визначення критичної швидкості руху при повороті радіусом R без поперечного ухилу, застосовується наступна залежність:

$$V_{кр.пер.} = 3,6\eta_{kc} \sqrt{\frac{0,5B}{h_g} \cdot g \cdot R}, \quad (3)$$

де B – ширина колії, м;

h_g – висота центру мас, м;

η_{kc} - коефіцієнт поперечної стійкості рухомого транспорту.

g – прискорення земного тяжіння, m/s^2 ;

R – радіус повороту, м.

Якщо транспорт рухається по дорозі, що має поперечний ухил, який сприяє стійкості, то критичну швидкість перекидання можна визначити за формулою:

$$V_{кр.пер.} = 3,6\eta_{kc} \sqrt{\frac{0,5B + h_g \cdot \tan \beta}{h_g \cdot \cos \beta} \cdot g \cdot R}, \quad (4)$$

де η_{kc} – коефіцієнт поперечної стійкості рухомого транспорту;

β – кут поперечного ухилу полотна дороги.

Незважаючи на складність і різноманіття дорожньо-транспортних пригод, всі вони практично стереотипні за механізмом виникнення (механічної взаємодії об'єктів) і складом, що дозволяє виділити відносно невелику кількість типових ситуаційних моделей при вивченні дорожньо-транспортних пригод і описати їх з точки зору теорії механічного руху складних систем.

Як приклад, наведемо визначення координат центра ваги та маси для спорядженого вантажного транспортного засобу без вантажу та з вантажем. У програмному продукті CAD - системи (SolidWorks) будується 3D - модель складного рухомого об'єкта у масштабі 1:10 (рис. 3).



Рисунок 3. Скріншот 3D-моделі транспортного засобу

Створюються графічні проекції складного рухомого об'єкта (рис. 4) та за допомогою опції CAD – системи визначається його маса та координати центру ваги для спорядженого вантажного транспортного засобу без вантажу (рис. 4) та з вантажем - насипний ґравій (рис. 5). Для чого за допомогою опцій CAD – системи вибирається вид вантажу, його питома вага, геометрична конфігурація, та місце його розміщення у складному рухомому об'єкті.



Масові характеристики: Зборка 4
Конфігурація: по замовчуванню
Система координат: -- по замовчуванню --

Маса = 875808,17 грамів
Об'єм = 875808168, кубічні міліметри
Площа поверхні = 38208810, квадратні міліметри
Центр ваги: (міліметри)
X = 733,34
Y = 252,69
Z = 131,75

Рисунок 4. Скріншот виду з боку складного рухомого об'єкта без навантаження та результати визначення маси та координат центру ваги



Маса = 2260085,79 грамів
Об'єм = 1493789250,12 кубічні міліметри
Площа поверхні = 43054491,73 квадратні міліметри
Центр ваги: (міліметри)
X = 207,22
Y = 255,65
Z = 235,56

Рисунок 5. Скріншот виду з боку складного рухомого об'єкта з навантаженням (ґравій) та результати визначення маси та координат центру ваги

3-D модель рухомого об'єкта імпортується у графічні проекції об'єкта у CAD - системі (кресленики) та за допомогою опції постановки розміру визначаються відстані розташування центру ваги у вертикальній та горизонтальній проекції об'єкта (рис. 6). Надалі проводиться розрахунок критичної швидкості руху перекидання при повороті складного рухомого об'єкта за формулами (3) або (4).

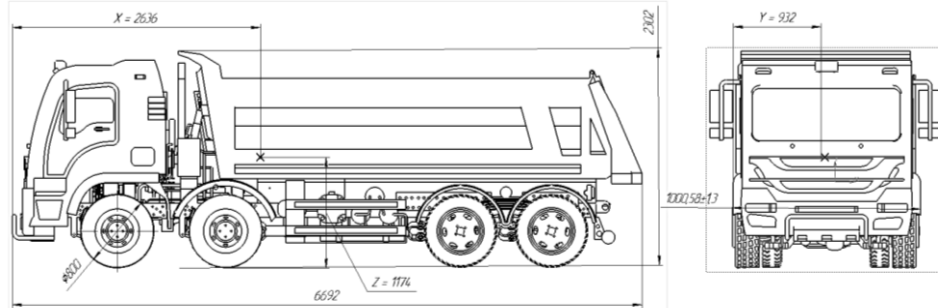


Рисунок 6. Кресленик рухомого об'єкта без вантажу у двох проекціях з яких визначають відстані від центру ваги об'єкта до основи

На діаграмі (рис.7) представлено результати порівняння зміни відстані від центру ваги досліджуваного об'єкта до основи для рекомендованих меж з результатами отриманими при застосуванні запропонованої методології. З наведеного прикладу, застосування методології для визначення висоти центру ваги до основи для спорядженої маси транспортного засобу без вантажу дало точну відстань висоти центру ваги до основи 1174 мм у порівнянні з рекомендованою 1000 мм., а з вантажем ще більшу відстань 1413 мм.

За допомогою програмного продукту MathCad, було проведено розрахунки критичних швидкостей руху в момент перекидання при проходженні криволінійного участка шляху, як без ухилу полотна (ф.3), так і з ухилом (ф.4). Було побудовано графік (рис. 8) для різних висот центра ваги та різних радіусів скруглення шляху та з різними кутами ухилу полотна.

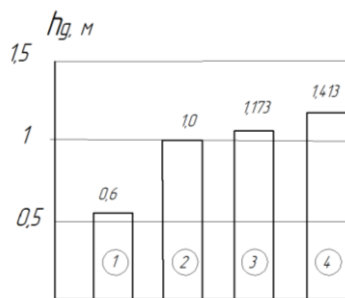


Рисунок 7. Діаграма зміни відстані від центру ваги об'єкта до основи: 1 – нижнє значення відстані рекомендованого діапазону; 2 – верхнє значення відстані рекомендованого діапазону; 3 – величина відстані розрахована за запропонованою методологією для спорядженого транспортного засобу; 4 – величина відстані розрахована за запропонованою методологією для навантаженого транспортного засобу (гравій)

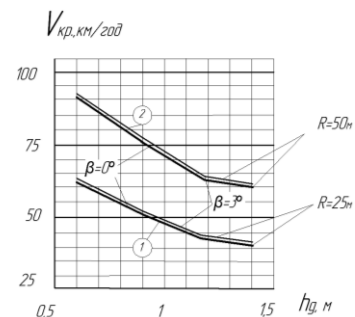


Рисунок 8. Графік зміни критичної швидкості визначеною за формулами (3) та (4) для різних відстаней центру ваги об'єкта до основи h_g і від зміни різних параметрів: R – радіуса скруглення шляху; β – кута ухилу полотна шляху; 1 – крива розрахована за ф. (3); 2 – крива розрахована за ф. (4)

З аналізу графічних залежностей (рис. 8) встановлено, що чим вище розташований центр ваги автомобіля і чим вужча база, тим вища вірогідність бічного перекидання транспортного засобу при повороті, що має поперечний ухил. Наявність вантажу в кузові, особливо великогабаритного, збільшує висоту центру ваги, знижуючи тим самим стійкість.

Тому для проведення аналізу події, що сталася з певним транспортним засобом, запропоновано методологію визначення критичних параметрів руху з урахуванням ваги транспортного засобу, виду вантажу та місця його розташування у кузові, що дає точне визначення центра ваги та його координат, а в кінцевому результаті дає підвищення точності отриманих результатів.

Висновки. Таким чином, застосування запропонованої методології визначення масових та кінематичних характеристик складного рухомого об'єкта в процесі експертного дослідження за допомогою програмного продукту SolidWorks, дає можливість скоротити витрати часу на визначення масових характеристик у порівнянні з натурними дослідженнями та підвищити точність розрахунків відстані розташування центру ваги у вертикальній та горизонтальній проекції об'єкта для конкретного випадку, завдяки заміні проведення натурних експериментів на комп'ютерний аналіз та впливу суб'єктивних факторів при вимірюванні, що дає можливість з більшою точністю розрахувати кінематичні характеристики об'єкта.

Аналіз результатів розрахунків висоти центра ваги та критичної швидкості перекидання на повороті, відповідно до рекомендованого діапазону, показав, що для реальних значень висоти центра ваги, отриманих за запропонованою методологією, критична швидкість нижче на 9 км./год. відповідно до верхньої границі діапазону при рівному полотні шляху і радіусі повороту 50 м., а також нижче на 9 км./год. при полотні шляху з нахилом під кутом β при радіусі повороту 50 м., а кут нахилу дороги $\beta = 3^\circ$ збільшує критичну швидкість на 2 км./год.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стоян Ю. Г., Яковлев С. В. Математичні моделі та оптимізаційні методи геометричного проектування. Київ : Наук. думка. 1986. 268 с.
2. Стоян Ю. Г. Яковлев С. В. Конфігураційний простір геометричних об'єктів. *Кібернетика та системний аналіз*. 54, вип. 5, 2018. С. 715–722.
3. Яковлев С. В. Метод штучного розширення простору в задачах оптимального пакування геометричних об'єктів. *Кібернетика і системи Аналіз*. Вип. 53(5). 2017. С. 725–732.
4. Математичні методи оптимізації та інтелектуальні комп'ютерні технології моделювання складних процесів і систем з результат просторових форм об'єктів / Грицик В. В. та ін. Донецьк: ПП "Наука і освіта". 2011. 650 с.
5. Яковлев С. В., Гиль Н. И., Комяк В. М. Елементи теорії геометричного проектування / Під ред. В. Л. Рвачева. Київ : наук. думка, 1995. 241 с.
6. Комбинаторные конфигурации в оптимизационных задачах балансной компоновки / Гребенник И. В., та ін. *Кібернетика и системный анализ*. Т. 54, № 2. 2018. С. 55–67.
7. Коваленко А. А., Романова Т. Є., Стецюк П. І. Балансова задача компонування 3D-об'єктів: Математична модель та методи розв'язання. *Кібернетика та системний аналіз*. 2015. Вип. 51, № 4. С. 556–565.
8. Інструменти математичного моделювання пакування довільних об'єктів проблеми. / Дж. Беннелл, Г. та ін. *Літопис. Дослідження операцій*. Springer, Нідерланди, Том. 179. № 1. 2010. С. 343–368.
9. Wang Y. S., Shi Y. J., Teng H. F. An improved scatter search for circles packing problem with the equilibrium constraint. *Chinese J Comput*. № 32. 2009. pp. 1214–1221. DOI: 10.3724/SP.J.1016.2009.01214.

10. G. Fasano, J. D. Pinte'r (Eds.), Model Development and Optimization for Space Engineering: Concepts, Tools, Applications, and Perspectives. *Modeling and optimization in space engineering*. Series: Springer optimization and its applications. Vol. 73, 2012 pp. 1–32.

11. Optimization Models for the Three-Dimensional Container Loading Problem with Practical Constraints. / L. Junqueira, R. Morabito, D. S. Yamashita, H. H. Yanasse. *Modeling and optimization in space engineering*. Series: Springer optimization and its applications. Vol. 73, 2015. pp 271–294, 2013. Doi: 10.1007/978-1-4614-4469-5_12.

УДК 656.085

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ АВАРІЙНОЇ МОРСЬКОЇ СИТУАЦІЇ

Клевцов К.М., Матвіюк С.Г., Веретеннік А.О.
Херсонська державна морська академія

Оцінювання поточної ситуації в об'єкті управління спрямована на встановлення стійкості його роботи в умовах та обставинах що є необхідним елементом постановки завдань визначення стану системи за результатами спостереження в просторах стану і сигналів. У цьому об'єкті перебуває у просторі станів, а спостерігач – у просторі сигналів. Форма опису ситуації у просторі станів найдостовірніша при використанні фізичних законів і закономірностей, визначальних протягом досліджуваних процесів за заданих умов. Ці закони кожному за ланки системи чи ділянки процесу представляються як математичні моделі і описуються, зазвичай, у початкових завданнях диференціальними рівняннями. Тому така форма математичного опису об'єктів в оцінці ситуації є природною [1-3].

Розробка методики оцінки аварійної морської ситуації (АМС) передбачає використання системного підходу, що характеризує тенденції уявлення знань у вигляді евристичних рішень, логічних побудов та працездатності суднових технічних засобів.

Для вирішення цього завдання передбачається достатність наявності інформації про хронологію АМС, що міститься в матеріалах та результатах її розслідування. Створення методики передбачає за компонентною оцінкою АМС евристичного, логічного та фізичного характеру (див. рисунок).

Це завдання вирішується за рахунок створення функціональної складової у вигляді евристичної компоненти, та подається як інформація, що формується за свідченнями та поясненнями учасників події та/або свідків, із засобів об'єктивного контролю (реєстратори, відео-аудіо обладнання та ін.). Особливістю евристичної компоненти є встановлення ролі і характеру дій операторів у ситуації для подальшого використання людського ресурсу.

Якщо використовувати принцип ненульового допустимого ризику [5], приймається 100% рівень загрози, який є вихідною точкою подальшого прийняття стратегії управління антиподією. Для визначення стану об'єкта у вихідній точці (аварії) використовується сценарний метод, який відрізняється від інших методів присутністю людини-оператора/спостерігача в процесах управління ситуаціями створюваного сценарію, оцінюється спостерігання за об'єктом і кількість учасників, що беруть участь у процесі операторів. Для формування сценарію протиаварійного управління застосовуються стратегічні прийоми, що характеризують правильність прийняття плану дій.

Враховуючи практичний досвід та результати оцінки спостереження визначається обсяг використовуваного людського ресурсу фактично, а також скільки та якої якості його необхідно використовувати при управлінні АМС.

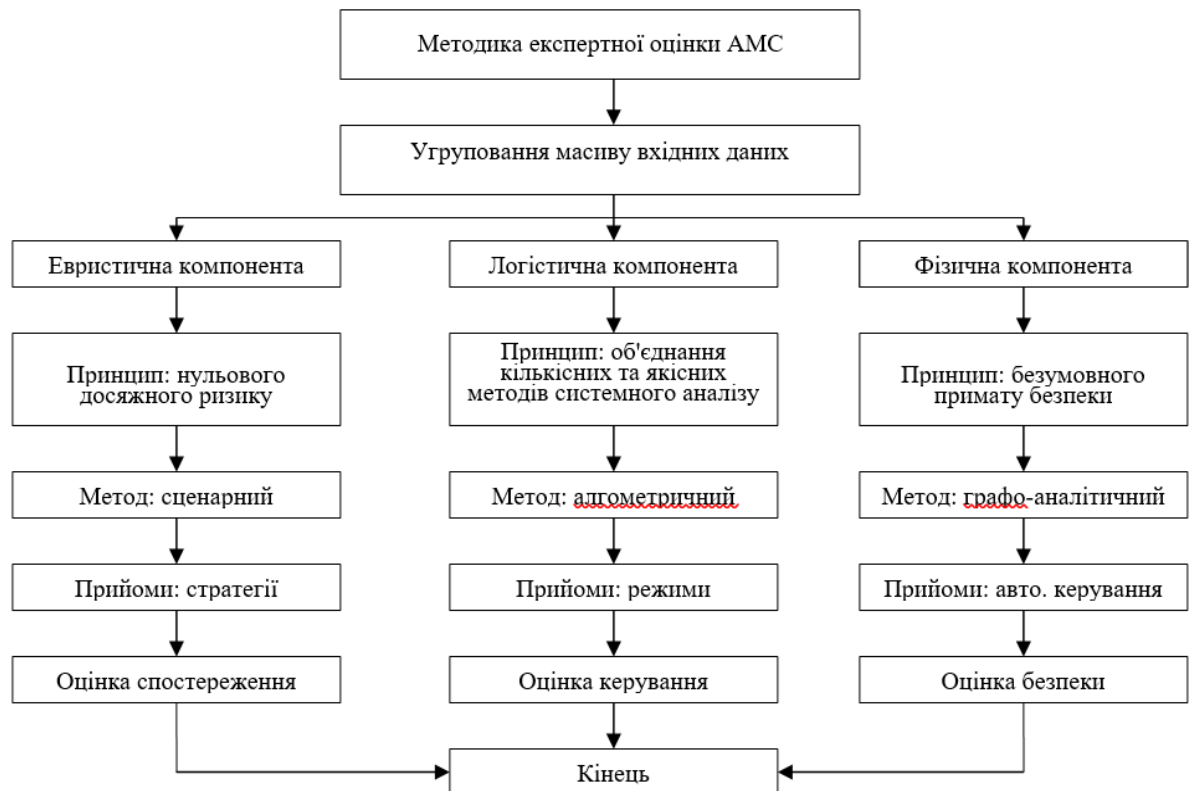


Рисунок – Схема формування спеціального програмного продукту АМС [4]

Логічна компонента містить декларативну та оперативну інформацію про режими та технологічні процеси, що призвели до АМС. Характерною особливістю логічної компоненти є встановлення правильності побудови послідовності операцій у застосуванні наявних сил у механізмі протидії. Для забезпечення процесу управління використано принцип об'єднання кількісних та якісних методів, за допомогою якого визначається обсяг та достатність матеріального ресурсу для протидії АМС. Визначення правильності здійснення управління за закладеними алгоритмами в технологічних процесах задля досягнення поставленої мети, використовується алгоритмічний метод. Правильність вибору задіяного прийому визначається режимом управління: аварійний, номінальний, маневрений. В результаті оцінки встановлюється ступінь керованості об'єкта за конкретного режиму роботи судна та/або його технічних засобів.

Спеціальними математичними моделями описується фізична компонента з урахуванням випадкових процесів задля забезпечення надійності роботи технічних засобів, балансу зусиль і матеріальних ресурсів. Особливістю фізичної компоненти є оцінка можливості максимального протидії АМС з використанням математичних моделей заснованого на законах фізики. Використання принципу безумовного примату безпеки передбачає формування механізму безпеки, використання якого не створює додаткових проблем для надзвичайної ситуації.

Графоаналітичний метод застосовується для реалізації цього завдання, за допомогою якого визначається надійність та безпека технічного засобу та наявності сил та ресурсів для протидії загрозливим явищам. Для цього використовуються прийоми, задіяні у забезпеченні автоматичного керування, регулюванні, діагностиці, що показують, наскільки об'єкт безпечний і надійний. За результатами формування оцінки безпеки визначається кількість використаного енергетичного ресурсу, його працездатність та готовність його максимального застосування у існуючій ситуації. За допомогою

об'єднання компонент із закладеними у них принципами, методами, прийомами та оцінками формується сценарій АМС. Таким чином, ідентифікуючи вхідну незалежну інформацію за матеріалами розслідування, відбувається розосередження її на компоненти для визначення правильності дій спостерігачів, операторів та працездатності системи технічного контролю (СТК). І на підставі цього визначається: яка кількість людей була задіяна, що призвело до аварії; скільки засобів управління було задіяно і призвели до аварії; які СТК були задіяні і також призвели до аварії.

Висновки

Науковим результатом вирішення першої допоміжної задачі є метод оцінки поточної ситуації на керованому об'єкті, що встановлює тенденції її розвитку та термін настання можливого АМС та відрізняється етапами евристично-імовірнісної ідентифікації, графоаналітичної формалізації та супровід за показовим законом зміни поточної ситуації за часом.

Науковим результатом другого допоміжного завдання є методика сценарної оцінки АМС з фізичної, логічної та евристичної складових, яка побудована на методах графоаналітичного подання фізичних законів, алгоритмізації дій учасників транспортного процесу та прийняття рішень для виявлення системної спроможності енергетичного, матеріального та управлінського впливу на поточну ситуацію з нормалізації стану об'єкта.

У міру формування сценаріїв АМС для різних ситуацій вони направляються в спеціальний програмний продукт АМС і розподіляються за категоріями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривой А.Ф. Методы математического моделирования в задачах судовождения: учебное пособие [Текст] / А.Ф. Кривой. – Одесса: ОНМА, 2015. – 86 с.
2. Ланчуковский В.І. Безпечне управління судновими енергетичними установками [Текст]: Підручник. / В. І. Ланчуковский. – Одеса: Астропринт. – 2004. – 232 с.
3. Kongsberg AutoChief® C20 MAN BW MC Engines Fixed Pitch Propeller Instruction Manual 316458/C October 2008.
4. Горб С.И. Анализ системы ДАУ "KaMeWa" судов типа "Socol" [Текст] / С.И. Горб, Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2008. – Вып. 14. – Одесса: ОНМА. – С. 21–34.
5. Обертюр К.Л. Инверсный метод сценарного анализа в процессе выбора решений по управлению борьбой с пожарами на морском судне. [Текст] / К.Л. Обертюр. – Судовождение науч. техн. сб. – 2013. – № 23. – Одесса: ОНМА. – С. 83–89.

УДК 656.085

ПРОБЛЕМА БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Клевцов К.М., Матвіюк С.Г., Веретеннік А.О.

Херсонська державна морська академія

Світовий обсяг перевезень торговим флотом охоплює близько 90% загального обсягу світової торгівлі [1, 2]. У процесі перевезення вантажів, судна різних типів та призначень під керуванням екіпажу повинні забезпечувати безпеку людей та вантажів.

Механізмом боротьби з небезпекою перевезень, оцінюється аварійністю, яка повинна зводитися до мінімуму та відноситься до обмеження в управлінні. Координацію діяльності щодо забезпечення безпеки судноплавства покладено на Міжнародну морську

організацію (ММО), що входить до складу Організації об'єднаних націй (ООН). Статистика про аварійність судів розподілена за окремими факторами та представлена на різних рівнях: світовому, державному та регіональному.

Загальна статистика аварійності судів свідчить про динаміку щорічного зростання. Аварійна морська подія (АМП) характеризується як подія, яка сталася внаслідок помилок і прорахунків при експлуатації судна, і спричинила або могла спричинити людські жертви, або заподіяти шкоду здоров'ю людей, загибель судна, або втрату його мореплавного стану, а також забруднити навколишнє середовище. Аварійна морська ситуація (АМС) відрізняється від АМП місцем наступу у встановленому водному просторі, обмеженим природними, штучними або умовними межами, які забезпечують в окремому районі судноплавності безпечне маневрування та/або стоянку суден. За видами наступу АМС класифікуються на дуже серйозні аварії; серйозні аварії та морські інциденти.

Дуже серйозні АМС характеризуються наступним: загибелі судна або такому конструктивному руйнуванню, після якого проведення відновного ремонту є недоцільним і вимагає залишення судна в морі екіпажем та пасажирями; наявності людських жертв, загибель чи зникнення людини з судна; зникнення судна безвісти, тобто. за відсутності будь-яких відомостей про місцезнаходження судна протягом трьох місяців, а при загрозі його затримання внаслідок воєнних дій, – протягом шести місяців; сильного забруднення навколишнього природного середовища самим судном або внаслідок пошкодження судном підводних трубопроводів, берегових споруд.

Серйозні АМС, які не кваліфікуються як дуже серйозні аварії, але які спричинили: серйозні тілесні ушкодження людині, а також пожежу, вибух, посадку на міліну, торкання, льодове або штормове ушкодження, утворення тріщини у корпусі судна; конструктивне ушкодження, що призвело до втрати судном мореплавства; усунення вантажу або зміна його фізико-хімічних властивостей, що також призвело до втрати судном мореплавного стану; поломку, внаслідок якої виникла потреба у буксируванні судна чи наданні йому технічної допомоги, у тому числі з берега; забруднення навколишнього природного середовища самим судном або внаслідок пошкодження судном підводних трубопроводів, берегових споруд.

До морських інцидентів належать АМС, які призвели до: серйозного пошкодження судна, його конструкції або заподіяння шкоди навколишньому середовищу; пошкодження засобів навігаційного забезпечення, що призвело до виведення їх із експлуатації; пошкодження судових пристроїв та корпусу судна, яке не викликало втрату морехідного стану; пошкодження буксирної лінії без втрати об'єкта, що буксирується; дотику ґрунту без пошкодження судна.

До інцидентів належать АМС, що виникають внаслідок помилок та прорахунків при експлуатації судна, які спричинили або могли спричинити незначні експлуатаційні ушкодження: судну, його конструкції, обладнанню, береговим та підводним об'єктам або плавучим об'єктам, що не є судами; судном – засобам навігаційного забезпечення, які не призвели до виведення їх із експлуатації; судном – підводним інженерним спорудам, які призвели до забруднення навколишнього природного середовища; судном – береговим спорудам (причалам, хвилерізам), що призвело до забруднення довкілля.

Практичні дослідження показують [3], що: загальна кількість щорічних АМС на морському транспорті зростала на 16%; на 5% збільшувалася кількість дуже серйозних аварій, пов'язаних із загибеллю судів та людей; на 18 % – кількість серйозних аварій, пов'язаних із тяжкими тілесними ушкодженнями людей, пожежами, вибухами, посадкою на міліну, льодовими чи штормовими ушкодженнями; на 15 % – кількість морських інцидентів та інцидентів (несерйозних аварій), пов'язаних із заподіянням серйозного пошкодження судну, його конструкції або шкоди навколишньому середовищу, а також

незначними експлуатаційними пошкодженнями судна, конструкції, обладнання, збитком береговим та підводним об'єктам.

Дані державного статистичного рівня (України) свідчать про щорічне зниження загальної аварійності судів на 14 % після ліквідації Держфлотінспекції України.

Показники загальної аварійності судів свідчать про щорічне зростання серйозних аварійних ситуацій понад 15 %, які найчастіше відбуваються у портових водах у період заходу та виходу суден із портів, у прибережних водах та відкритому морі.

Морські перевезення представляють собою циклічний характер: подача під навантаження; вантажно-перевантажувальні операції; вихід із порту; перехід; подача під розвантаження; розвантаження судна. АМС за етапами рейсу судна характеризуються навалами, посадками на мілину, поломками обладнання, пов'язаними з морськими якостями суден, навігаційними умовами плавання, їх технічним станом, а також режимом праці та відпочинку екіпажів.

Розподіл АМС залежно від місця її настання: у портових водах – 69,3 %; прибережні води (12 м. миль) – 13 %; у відкритому морі – 17,7% [3].

АМС з навігаційних причин відбуваються – близько 50 %, технічних – 35 % та організаційних – 15 %.

АМС за територіальною ознакою відбуваються:

- у портових водах відзначаються посадки на мілину – 99,8 %, втрата контролю управління – 93,7 %, пошкодження судна та головного двигуна – 86,2 %, втрата стійкості – 76,9 %, затоплення – 76,6 %, пожежі/вибухи – 75,9 %;

- у відкритому морі – дрібні ушкодження – 50,8 %;

- у прибережних водах – зіткнення суден – 43 %, затоплення – 14 % [3].

Розподіл АМС відбувається у наступній послідовності: на переході – 29,7 %; на підході судна до порту – 22,8%; на початку та наприкінці морського переходу – 16 %; при швартуванні та постановці на якор – 12,8 %; при виході судна із порту – 9,4 %.

Як показує практика перебування судна в портових водах становить 5 – 10 % від тривалості рейсу, то доцільно розглянути АМС щодо питомої аварійності, яка стосується часу перебування судна на окремих етапах рейсу: при виході судна з порту – 42 %; на підході судна до порту – 31%; при швартуванні та постановці на якор – 14 %; на переході – 9 % на початку та наприкінці переходу – 4 % [3].

З метою встановлення безпеки процесу морських перевезень використані статистичні дані, подані у звітах страхової компанії P&I Club [4]. Загальні причини настання АМС наступні: навігаційні – 41%; управління судном – 19%; технічні – 20%.

Методи розслідування аварій полягають у відтворенні хронологічного ланцюга подій до події з глибиною рівня окремих сцен. Таким чином, розслідування АМС спрямоване на їх профілактику щодо недопущення, та не визначає шляхи протидії їм.

Динамічна модель системи прийняття рішень ситуаційного характеру з урахуванням методів теорії катастроф, представлений на рисунку.

Модель знань про методи та моделі теорії катастроф реалізована на базі комплексної концептуальної сучасної онтології описує динамічну базу знань при функціонуванні у режимі реального часу, що містить елементи, онтології на основі розширення стандартних процедур на основі розширення стандартних процедур комплексної онтології та метаонтології. Тобто інформаційна структура у класифікації властивостей може бути уточнена шляхом виділення, властивостей структури з управління та структура за даними. Це призводить до виділення в класифікації компонентів усередині класу інформаційний зв'язок підкласів зв'язків передача команд і передачі даних, яким можуть бути присвоєні відповідні позначення.

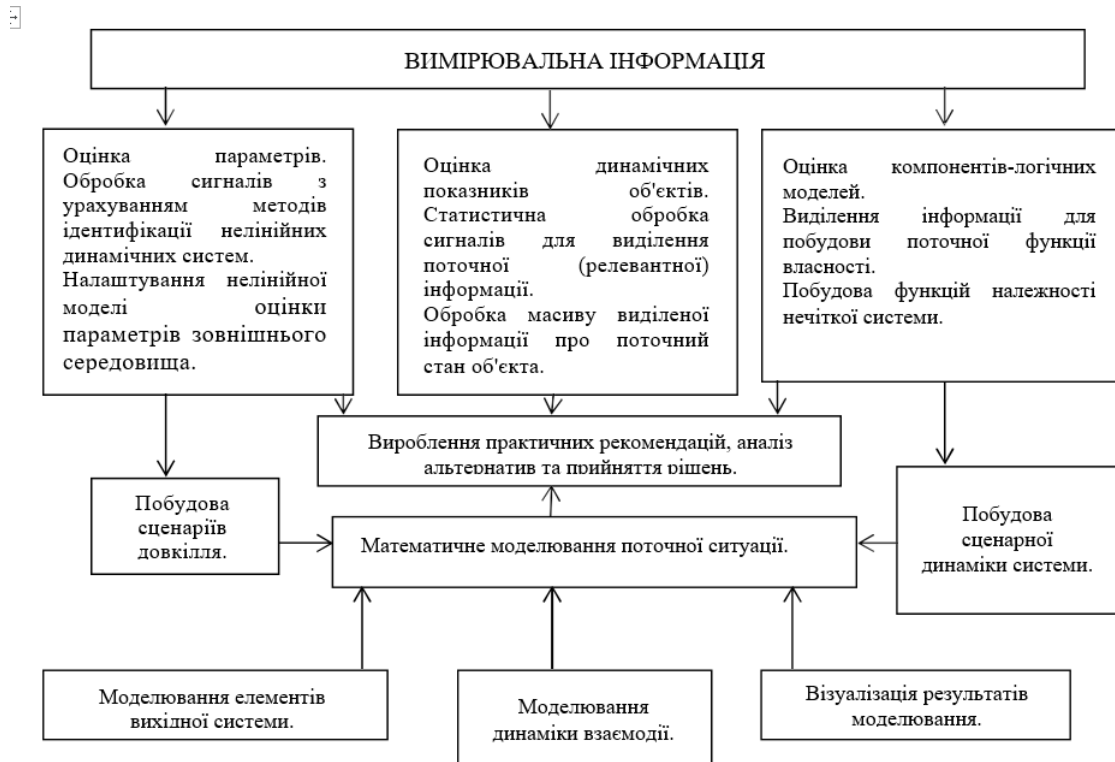


Рисунок – Динамічна модель системи прийняття рішень ситуаційного характеру з урахуванням методів теорії катастроф [5]

Пропонований підхід вирішує завдання стратегічного характеру за допомогою вибору та прийняття рішень, що характерно для завдань екстремального та позаштатного ситуаційного стану судна.

Використання системного підходу при формалізації завдання побудови динамічної бази знань онтології покращує інтерпретовані характеристики системи та спрощує її використання для аналізу та моделювання в екстремальних та позаштатних ситуаціях.

Висновки

Інформаційний пошук довів, що доцільно використовувати філософський метод сходження від загального до особистого через приватне.

В результаті спостереження встановлено наступне:

- загальна аварійність судів постійно зростає, причому частка серйозних АМС становить близько 20%;
- найбільш часто серйозні АМС відбуваються в портових водах у момент заходу і виходу суден, і становлять близько 60%;
- загальна аварійність судів у відкритому морі, близько 20%;
- загальна аварійність судів у прибережних водах близько 10%.

На підставі проведеного огляду визначено проблемні питання щодо зниження АМП та шляхи їх можливого вирішення, зокрема, сучасної теорії автоматичного управління, теорії катастроф та використовуючи системний аналіз разом із основними принципами безпеки складних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року (консолідований текст з манільськими поправками). – К.: ВПК “Експрес-Поліграф”, 2012. – 568 с.
2. Международная ассоциация квалификационных обществ лтд. [Электронный

ресурс]: <http://www.iacs.org.uk/>

3. Державна служба статистики України / Україна у цифрах у 2022 році / статистичний збірник за редакцією О.Г. Осауленка / [Електронний ресурс] <http://www.ukrstat.gov.ua/> Держстат України, 2022 / Дата останньої модифікації: 24/09/2022.

4. The UK P&I Club highlights sudden loss of power as a cause of claims. Bulletin. [Електронний ресурс] 01.10.2012; <http://www.ukpandi.com/knowledge-developments/article/the-uk-p-i-club-highlights-sudden-loss-of-power-as-a-cause-of-claims-5546/>

5. Нечаев Ю.И. Теория катастроф: современный подход при принятии решений [Текст] / Ю.Н. Нечаев. – СПб: Арт – Экспресс, 2011. – 392 с.

УДК 621.1:621.3

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Пастухов Д. С.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Автоматизація залізничного транспорту є критично важливим елементом розвитку сучасної транспортної інфраструктури, що забезпечує підвищення ефективності перевезень, безпеки та екологічності. Сучасні технології, що інтегруються в цю галузь, відкривають нові горизонти для оптимізації роботи залізничних систем, зменшення витрат і покращення якості обслуговування пасажирів. Огляд технологій наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Основні технології автоматизації залізничного транспорту

Технології	Опис
Системи підтримки прийняття рішень (СППР)	Автоматизують технічне обслуговування та ремонт, аналізують дані з сенсорів для попередження збоїв і несправностей.
Інтернет речей (IoT)	Інтеграція сенсорів у залізничну інфраструктуру для постійного моніторингу і прогнозування потенційних проблем.
Штучний інтелект (ШІ)	Обробляє великі обсяги даних, оптимізує маршрути та управління залізничним трафіком, знижує експлуатаційні витрати.
5G технології та обслуговування пасажирів	Забезпечують високошвидкісний доступ до інформації, автоматизовані системи продажу квитків і бронювання місць.
Управління вагонопотоками на сортувальних гірках	Автоматизовані системи знижують вплив людського фактора і підвищують продуктивність, зменшують ймовірність помилок.
Екологічні інновації	Використання електричних і водневих поїздів, регенеративне гальмування для зниження викидів CO ₂ та енергоспоживання.
Роботи та дрони	Використовуються для моніторингу та обслуговування залізничної інфраструктури, підвищують безпеку та ефективність.
Доповнена (AR) і віртуальна реальність (VR)	AR використовується для інтерактивної інформації для пасажирів, VR – для навчання персоналу.

Одним з основних досягнень є впровадження систем підтримки прийняття рішень (СППР), які використовуються для автоматизації технічного обслуговування та ремонту залізничного обладнання. СППР забезпечують можливість аналізу великих масивів даних, зібраних з сенсорів, що розташовані на різних компонентах інфраструктури. Завдяки СППР, здійснюється глибокий аналіз результатів роботи, що дозволяє не тільки ідентифікувати потенційні технічні збої, але й передбачати їх задовго до фактичного виникнення. Таким чином, підвищується надійність залізничної мережі, що є критично важливим фактором у забезпеченні безпеки пасажирських та вантажних перевезень.

Інтеграція технологій інтернету речей (IoT) є іншим важливим аспектом сучасної автоматизації. IoT дозволяє інтегрувати численні сенсори в різні елементи залізничної інфраструктури, такі як колії, вагони, сигнальні пристрої та інші ключові компоненти. Постійний моніторинг стану обладнання за допомогою сенсорів дозволяє не тільки відстежувати параметри його роботи, але й аналізувати їх у реальному часі, що значно підвищує ефективність управління системою. Оперативний доступ до таких даних дозволяє залізничним операторам швидко реагувати на зміни в стані інфраструктури, забезпечуючи більш точне планування та виконання графіків руху поїздів. Це також сприяє зменшенню затримок і підвищенню якості обслуговування пасажирів [1].

Штучний інтелект (ШІ) відіграє ключову роль в удосконаленні автоматизації залізничного транспорту. Застосування ШІ дозволяє аналізувати величезні масиви даних і здійснювати прогнозування майбутніх технічних станів інфраструктури. Це стає можливим завдяки здатності ШІ виконувати складні моделювання і обчислення, що підтримують процес прийняття рішень на різних етапах управління. Наприклад, завдяки ШІ можна не лише керувати трафіком і оптимізувати маршрути поїздів, але й знижувати загальні експлуатаційні витрати шляхом мінімізації неефективних операцій. У довгостроковій перспективі це дозволяє створити більш гнучку, стійку та економічно ефективну транспортну систему.

Особливу увагу привертають інновації в обслуговуванні пасажирів. Технології п'ятого покоління (5G) забезпечують стабільний доступ до інформації з високою швидкістю передачі даних. Це відкриває можливості для інтеграції автоматизованих систем продажу квитків, управління доступом за допомогою біометричних даних та створення зручних інтерфейсів для бронювання місць. Автоматизація таких процесів не лише спрощує взаємодію пасажирів з системою, але й зменшує навантаження на персонал, підвищуючи загальний рівень обслуговування та забезпечуючи комфортні умови для подорожей.

Окремо варто зазначити автоматизацію управління вагонопотоками на сортувальних гірках, що є одним з найскладніших технічних процесів в залізничній логістиці. Сортувальні гірки об'єднують інтелектуальні системи моніторингу та управління, що дозволяють суттєво зменшити вплив людського фактора на результати роботи. Системи автоматичного розпізнавання вагонів, керування швидкістю їхнього переміщення та контролю стану вантажів сприяють підвищенню продуктивності і зниженню ймовірності помилок.

Не менш важливу роль у розвитку залізничного транспорту відіграє екологічна модернізація [2]. Використання електричних та водневих поїздів є важливим кроком у напрямку зниження викидів шкідливих речовин, таких як CO₂, що значно впливає на глобальний клімат. Екологічні ініціативи включають також інтеграцію регенеративного гальмування та використання відновлювальних джерел енергії, що підвищує енергоефективність систем і відповідає міжнародним стандартам сталого розвитку.

Дрони та роботизовані системи є перспективними технологіями, що широко використовуються для моніторингу та обслуговування залізничної інфраструктури. Вони дозволяють проводити регулярні інспекції колій і об'єктів інфраструктури з мінімальними

витратами часу і ресурсів. Роботизовані системи, зокрема, можуть виконувати обслуговування важкодоступних ділянок, що робить процеси безпечнішими і ефективнішими.

Останні досягнення в області доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR) також відкривають нові можливості для залізничної галузі. AR може бути використана для надання інтерактивної інформації пасажиром, наприклад, про стан поїздів або маршрути, а VR стає ефективним інструментом для навчання залізничного персоналу. Застосування таких технологій значно скорочує витрати на навчання та підвищує рівень підготовки працівників, забезпечуючи їхню готовність до виконання складних завдань.

Таким чином, впровадження інноваційних технологій в автоматизацію залізничного транспорту забезпечує комплексний підхід до покращення ефективності, безпеки та екологічності роботи залізничних систем. Ці технології дозволяють не лише вдосконалювати існуючі системи, але і встановлювати нові стандарти для майбутнього розвитку залізничного транспорту, створюючи надійну основу для подальшого прогресу в цій важливій сфері.

ЛІТЕРАТУРА

1. Скрипінський О. Л. Забезпечення розвитку підприємств залізничного транспорту на основі інноваційних трансформацій. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2023. № 81-82. С. 414–422.
2. Мних О. Б. Стратегічний контекст збалансованого розвитку підприємств залізничного транспорту на основі цифровізації. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2020. № 69. С. 135-146.

УДК 667.021.1

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРА ДЛЯ ПОЛЕГШЕННЯ ПУСКУ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ АВТОМОБІЛЯ З U-ПОДІБНИМ РІДИННИМ ТЕПЛООБМІННИКОМ

Клюєв О.І., Русанов С.А., Шатохіна І.А., Толкач К.Ю., Александріді І.Г.
Херсонський національний технічний університет,
м. Херсон - м. Хмельницький, Україна

Робочі характеристики теплоаккумуляторів для полегшення пуску двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) на автотранспорті визначаються швидкістю й рівномірністю нагрівання двигуна автомобіля під час передпускових заходів. Під час проведення дослідних випробувань теплових акумуляторів необхідно, у першу чергу, враховувати особливості теплообміну в системі охолодження двигуна, а також зовнішньої поверхні блоку циліндрів. Треба враховувати, що висока потужність тепло акумулятора в якості цільової функції науково-конструкторського пошуку, як правило, приводить до збільшення вартості конструкції, збільшення габаритів, що ускладнює встановлення теплоаккумулятора на автомобіль та в цілому знижує конкурентність продукції. Тому теплова ємність теплоаккумулятора повинна бути погоджена з масою, середньою питомою теплоємністю двигуна, швидкістю руху рідини усередині контуру (тепловіддачею), режимами роботи (простій, зарядка, розрядження) тощо.

Використання в теплоаккумуляторі в якості теплоакумулюючого матеріалу високотепломістких речовин на основі фазового переходу тверде тіло - рідина дозволяє крім теплоти фазового переходу використовувати теплоту нагрівання твердої й рідкої фази. Основною перевагою конструкцій з теплоаккумуляторами фазового переходу є висока питома теплова ємність, що обумовлює компактність конструкції й сталість їх температури розряду, що забезпечує більшу ефективність у порівнянні із системами акумулювання нагрітого теплоносія.

У дослідженнях, що проводяться на кафедрі транспортних систем і технічного сервісу Херсонського національного технічного університету, в теплоаккумуляторах в якості фазоперехідної речовини використовується теплоакумулюючий матеріал – парафін, якій нагрівається до повного фазового переходу. Низка конструкцій, що були розроблені та представлені науково-конструкторським доробком кафедри, представляє собою теплоаккумулятори капсульного типу, теплоаккумулятори у вигляді теплообмінника «труба в трубі», кожухотрубчастих теплообмінників, та ін. [1-3]. В якості прикладу на рис.1 схематично зображено тепловий акумулятор на стенді, який складається із герметичного корпусу 1, у якому розміщений трубчастий електронагрівач (ТЕН) 2. Внутрішня порожнина корпусу заповнена фазоперехідним теплоакумулюючим матеріалом (парафіном) 3, а також охолоджуючою рідиною (тосол) 11 та містить U-подібний рідинний теплообмінник заряду-розряду 4 теплого акумулятору з оребренням 5. Представлені також трубна решітка 6; колекторна камера 7; патрубок 8 для введення охолоджуючої двигун рідини у тепловий акумулятор, оснащений електромагнітним клапаном заряду-розряду 9; патрубок 10 для виведення охолоджуючої двигун рідини з теплового акумулятора в резервуар 13. Схема роботи стенду для випробування теплоаккумулятору наступна. Вмикається ТЕН (2), який нагріває охолоджуючу рідину герметичного корпусу 3 до 70 °С (температура вища за температуру плавлення фазоперехідного теплоакумулюючого матеріалу). Далі відкривається електромагнітний клапан (9) і рідина починає рухатися з резервуару (12) через теплоаккумулятор з U-подібним рідинним теплообмінником заряду-розряду, після чого охолоджуюча рідина поступає в резервуар 13. Регулювання витрати рідини робиться за допомогою крану 14. За рахунок різниці температур в охолоджуючій рідині в резервуарах оцінюємо ефективність теплоаккумулятора.

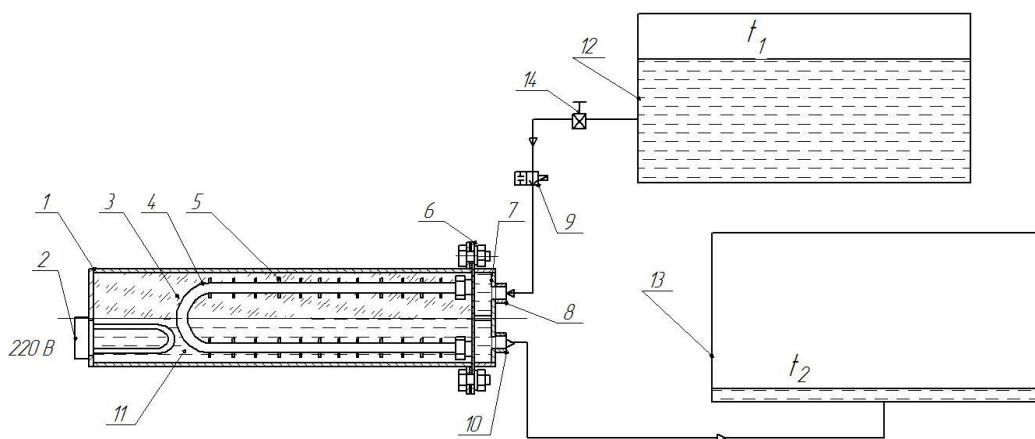


Рис 1. Схема стенда для випробування ТА

- 1 - теплоаккумулятор; 2 - електронагрівач; 3 - теплоакумулюючий матеріал;
4 - U-подібний рідинний теплообмінник заряду-розряду; 5 - оребрення;
6 - трубна решітка; 7 - колекторна камера; 8,10 - патрубок; 9 - електромагнітний клапан;
11- охолоджуючая рідина; 12,13 - резервуари; 14 - кран.

ЛІТЕРАТУРА

1. Klara Luniaka, Serhii Rusanov, Oleksandra Kliuieva and Oleh Kliuiev Simulation of the heat accumulator operation of the internal combustion engine preheating system E3S Web Conf. Volume 323, 2021 // V International Scientific and Technical Conference Modern Power Systems and Units (MPSU 2021).
2. Ключев О.І., Русанов С.А., Шатохіна І.А. Нові конструкції теплових акумуляторів для передпускової підготовки двигунів внутрішнього згорання автомобілів // Вісник ХНТУ № 1(88), 2024 р. С. 77-81.
3. Ключев О.І., Русанов С.А., Аппазов Е.С., Луняка К.В., Коновалов Д.В., Мацків Б.М. Тепловий акумулятор системи передпускового прогріву двигуна внутрішнього згорання. Патент на корисну модель № 137780 від 11.11.2019. Бюл. № 21.

УДК 629.078

МІСЬКА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА ТА ЇЇ СТРУКТУРНІ ЕЛЕМЕНТИ

Луб'яний П.В.

Херсонський національний технічний університет

Моспан Н.В.

Представництво «Дорнієр Консалтинг Інтернешенал ГмбХ»

Місто та система міського транспорту є взаємозалежними об'єктами. Структура землекористування, щільність населення та соціально-економічні характеристики впливають на вибір транспортної системи; в той же час, наявність певних транспортних систем змінює доступність земельних ділянок і, отже, вартість землі, викликаючи зміну структури землекористування та форми міста [1].

Більшість дослідників трактують поняття транспортної системи (ТС) як сукупність елементів та взаємодії між ними, які формують як попит на поїздки в певній місцевості, так і надання транспортних послуг для задоволення цього попиту [2]. Тобто транспортні системи складаються не лише з фізичних та організаційних елементів, але й з попиту на поїздки з одного місця в інше. Цей попит на поїздки у свою чергу є результатом взаємодії між різними економічними та соціальними видами діяльності, розташованими в певній місцевості. Власне, перевезення визначають структуру та розвиток транспортних систем міст.

Для ідентифікації транспортних систем визначаються елементи і зв'язки, що її формують. Процес ідентифікації складається з трьох етапів [2]:

- визначення просторових характеристик;
- визначення часових інтервалів;
- визначення компонентів попиту на поїздки.

Процес визначення просторових характеристик складається з трьох фаз:

- визначення району дослідження;
- зонування території;
- ідентифікація основної мережі.

Ці три фази обов'язково передують побудові будь-якої моделі транспортної системи, оскільки вони визначають просторовий масштаб системи та рівень її просторової агрегації.

При визначенні часових інтервалів потрібно пам'ятати, що характеристики попиту та пропозиції в подорожах змінюються залежно від вибраного діапазону часу (день, тиждень, місяць тощо). Загалом можна виділити три види часових змін характеристик системи:

- Довгострокові зміни чи тенденції на глобальному рівні. Відхилення в довгостроковому періоді часто є результатами структурних змін в соціально - економічних показниках.

- Циклічні (сезонні) зміни, що виникають протягом періоду аналізу. Ці зміни повторюються циклічно і їх можна спостерігати шляхом порівняльного аналізу кількох циклів.

- Зміни між періодами. Це випадкові коливання попиту та пропозиції протягом певних стабільних періодів, спричинені важко прогнозованими чинниками (наприклад, ДТП чи проведення масового заходу в місті).

Визначення компонентів попиту на поїздки відіграє центральну роль в аналізі та моделюванні транспортних систем, оскільки більшість транспортних проєктів намагаються задовольнити цей попит.

Поїздки населення, зазвичай, не є самоціллю, а допоміжною діяльністю, пов'язаною з трудовою, навчальною діяльністю, потребами в покупках чи відпочинку тощо. Відповідно, поїздка – це акт переміщення з одного місця в інше з використанням одного чи кількох видів транспорту з метою здійснення однієї чи кількох видів діяльності. Отже, потік попиту можна визначити як кількість користувачів з певними характеристиками, що споживають певні послуги, пропоновані транспортною системою за певний період часу [3].

Основою функціонування транспортної системи міста є взаємозв'язок між попитом та пропозицією (рис. 1) [3]:



Рисунок. 1. Взаємозв'язок між попитом та пропозицією в транспортній системі

Як видно з рис. 1, основним елементом транспортної системи, який характеризує пропозицію, є мережа міського пасажирського транспорту (МПТ), тобто «пов'язана територіально і в часі сукупність маршрутів усіх або окремих видів міського пасажирського транспорту, які обслуговують міські пасажирські перевезення в межах заданої маршрутної мережі».

Для того, щоб мережа міських пасажирських перевезень (МПП) забезпечувала задоволення попиту, вона має відповідати певним основним вимогам [4]:

- відповідати розподілу пасажиропотоків за напрямками і забезпечувати максимально можливу прямолінійність та безпересадковість переміщень і мінімальні витрати часу на поїздки;

- бути максимально скоординованою в просторі і часі між маршрутами різних видів МПТ та з системою приміського та міжміського транспорту;

- бути гнучкою до коригування та оптимізації при змінах пасажиропотоків, викликаних розвитком міста чи іншими чинниками.

Пропонується така система прийняття рішень щодо вдосконалення маршрутної мережі МПП [4] (рис. 2):



Рисунок.2. Система прийняття рішень щодо вдосконалення маршрутної мережі МПП

При формуванні чи вдосконаленні маршрутної мережі виділяють два основних підходи:

- на основі матриці кореспонденцій (інформації про кількість пасажирів, які виконують чи бажають виконати переміщення між парою транспортних районів за певний період часу;
- на основі конфігурації існуючої маршрутної мережі.

При застосуванні другого підходу отримані результати є простішими до впровадження, оскільки базуються на вже існуючій маршрутній мережі і не вимагають кардинальної зміни маршрутів та, відповідно, значних капіталовкладень. Проте перший підхід більше відповідає запитам населення. Незалежно від обраного підходу, маршрутизація міських пасажирських перевезень має кілька обов'язкових етапів [4]:

1. Моделювання маршрутної мережі міста (з допомогою різноманітних спеціалізованих програмних продуктів).
2. Визначення потреб населення у перевезеннях.
3. Формування множини маршрутів, які є конкурентоздатними між собою.
4. Вибір раціонального набору маршрутів.

Оцінити стан пасажирської мережі та своєчасно приймати рішення щодо вдосконалення роботи міського пасажирського транспорту можна з допомогою інформаційної логістичної системи міського пасажирського транспорту. Структурно ця система складається з двох блоків – бази даних та банку моделей (рис.3).



Рисунок 3. Структура інформаційної логістичної системи міських пасажирських перевезень

Попит на транспорт за своєю суттю є динамічним і змінюється залежно від технологічних, просторових, соціальних та демографічних чинників, до яких можна віднести рівень добробуту населення і володіння транспортними засобами (ТЗ), наявність та якість місць для паркування, щільність ВДМ, вартість поїздки (ціни на паливе, наявність платних доріг, вартість паркування тощо), зручність та швидкість переміщення різними режимами руху (приватним чи громадським транспортом, пішохідного та велосипедного руху), схеми забудови землі, звички та очікування подорожуючих.

Інформація про попит на транспортні потреби мешканців міста є основою для розробки заходів, спрямованих на вдосконалення організації пасажирських перевезень. Відповідно, точність прогнозування попиту на перевезення безпосередньо впливає на правильність вирішення завдань з транспортного планування.

Для вирішення завдань, пов'язаних з прогнозуванням, найчастіше використовуються методи моделювання процесу формування пасажиропотоків

Висновки

1. Транспортна система визначається більшістю дослідників як комплекс елементів, які формують попит на переміщення та надають транспортні послуги для задоволення цього попиту. Наявність даних щодо характеристик попиту та використання математичних моделей для його оцінки і прогнозування дозволяє оцінити стан пасажирської мережі та своєчасно приймати рішення щодо вдосконалення роботи міського пасажирського транспорту.

2. До параметрів мережі міських пасажирських перевезень відносять попит на переміщення та його розподіл в часі і просторі, інтервали в русі транспортних засобів на маршрутах, пасажиромісткість і ступінь заповнення салону ТЗ та довжину маршрутів ГПТ. Вдосконалення параметрів МПП відбувається на основі матриць кореспонденцій між транспортними районами. Однією зі складових розрахунку є врахування характеристик транспортних районів, які відрізняються від типових. Такими районами, зокрема, є території вузлів зовнішнього транспорту. Визначення критеріїв вибору користувачами виду транспорту для міжміських переміщень є важливим як для планування роботи ВЗТ, так і для оцінки привабливості транспортних районів, що їх окреслюють.

3. Застосування випадкових корисних моделей дозволить визначити ймовірності вибору користувачами виду вузла зовнішнього транспорту та певного режиму переміщення містом. Дослідження поведінки користувачів ВЗТ при переміщенні міською територією дозволить врахувати ці переміщення при формуванні матриці кореспонденцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sustainable Approaches to Urban Transport. Edited by D. Mohan, G. Tiwari. – Boca Raton: CRC Press, 2019. – 329 p
2. Понкратов Д. В. Вибір пасажирями шляху пересування у містах: монографія / Д. В. Понкратов, Г. І. Фалецька. – Харків: ХНУМГ ім О.М. Бекетова, 2015. – 164 с.
3. В. Д. Макаренко, П. В. Луб'яний, О. А. Войтович. Якість пасажирських транспортних послуг на основі нефінансових показників. ВІСНИК ХНТУ № 1(84), 2023 р. С. 48 – 55.
4. Войтович О. А., Кузьменко І. О, Луб'яний П.В. Доступність пасажирського транспорту для населення з огляду формування тарифу. Науковий вісник Херсонської державної морської академії Науковий журнал № 1–2 (26–27) Херсон 2023 р. С. 107 - 120

УДК 629.078

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИБОРУ НАСЕЛЕННЯ СПОСОБУ ПЕРЕМІЩЕННЯ

Макарічев О.В., Кузьменко І.О.

Херсонський національний технічний університет

Литвиненко І.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Ключовим фактором в аналізі попиту та ринку є встановлення вихідних посилок, що визначають поведінку споживача. Поведінка споживача є тією «пружиною», що приводить у дію весь ринковий механізм економіки. Будь-яке виробництво товарів та послуг результативне лише тією мірою, якою споживач приймає вироблений їм набір ринкових цінностей і оплачує його. Тому не дивно, що цьому фундаментальному питанню – теорії поведінки споживача постійно приділяється підвищена увага. Дослідження у цій галузі ведуться з часів Адама Сміта, але досі немає єдиної теорії та навіть єдиних підходів до її розробки.

Неокласицизм вводить поняття корисності у теорію вибору. Основні ідеї неокласицизму у сфері поведінки споживача над ринком було запроваджено Ф. Еджуортом, У. Парето та І. Фішером. Як базові для цього підходу розглянемо дві теорії.

Класична теорія вартості передбачає, що товари (послуги) обмінюються (прямо або за допомогою грошей) при рівності їх вартості (заходів вкладеної в них живої та минулої праці). Обмін своєї праці на чужу передбачає вибір споживачем того варіанта обміну, що дає найбільшу економію своєї праці. З погляду теорії переміщень міського населення це означає, що людина обирає той спосіб переміщення, який має найменшу вартість. Очевидно, що це не так. Критика теорії вартості загальновідома та головним недоліком її визнається відрив вартості товару (послуги) від її корисності. Можна навести безліч прикладів, коли понятійний апарат теорії вартості дає грубі помилки оцінки поведінки споживачів над ринком. Попри це, дана теорія ще має чимало прибічників.

Теорія корисності. В основі цієї теорії лежить принцип спадної корисності. Цей принцип у тому, що більше споживання даного блага, тим менше приріст корисності, одержуваний від одиничного приросту даного блага. Цього принципу достатньо, щоб (принаймні формально) виникла ситуація оптимального вибору набору товарів (послуг). Очевидно, що споживач прагне так розподілити свої кошти, щоб сумарна величина корисності від набору товарів була максимальною. Наприклад, розглянемо ситуацію, коли

потенційний суб'єкт переміщення може обирати між поїздками на таксі та автобусі. Нехай вартість проїзду таксі дорівнює 100, а автобусі 25 одиниць. Суб'єкт переміщення передбачає витратити суму за певний період 1000 грошових одиниць і отримати за неї максимальну корисність.

(1)

де P_n - сумарна корисність від N поїздок на даному виді транспорту;

P_{np} - гранична корисність від цього виду транспорту;

V – швидкість зменшення корисності;

N – кількість подорожей.

Прийmemo граничну корисність таксі = 70, а автобуса = 50. Швидкість зменшення корисності прийmemo в обох випадках рівну 20.

Результати розрахунку виглядають наступним чином (таблиця 1.2):

Таблиця 1.2 Приклад розрахунку сумарної корисності

Число поїздок на таксі	Число поїздок автобусом	Вартість таксі	Вартість автобуса	Загальна вартість	Корисність таксі	Корисність автобуса	Сумарна корисність
1	36	100	900	1000	4,76	32,14	36,90
2	32	200	800	1000	9,09	30,77	39,86
3	28	300	700	1000	13,04	29,17	42,21
4	24	400	600	1000	16,67	27,27	43,94
5	20	500	500	1000	20	25	45
6 (макс)	16	600	400	1000	23,08	22,22	45,20
7	12	700	300	1000	25,93	18,75	44,68
8	8	800	200	1000	28,57	14,29	42,86
9	4	900	100	1000	31,03	8,33	39,36
10	0	1000	0	1000	33,33	0	33,33

Максимальну корисність суб'єкт може отримати, витративши свою 1000 грошових одиниць на 6 поїздок на таксі та 16 поїздок на автобусі. Будь-який інший набір дає меншу величину сумарної корисності. Непридатність такого підходу для оцінки вибору населенням способу пересування явно впливає з наведеного прикладу. По-перше, суб'єкт переміщення зовсім не ставить собі за мету витратити певну суму, отримавши за неї якийсь максимальний набір корисності від переміщень. Кількість переміщень його з корисності результатів переміщень, а чи не їх самих. Його завдання розподілити цю кількість за видами, мінімізуючи свої втрати та витрати. Тобто, у разі, спрацьовує головна причина теорії корисності – прагнення споживача отримання максимальної кількості цієї корисності. Немає сенсу максимізувати кількість поїздок, швидше навпаки, є прагнення їх обмежити необхідним мінімумом. По-друге, абсолютно незрозуміло чому, наприклад, 10-а поїздка на таксі менш корисна порівняно з першою? Зниження корисності можна пояснити для процесів, пов'язаних з насиченням. Задоволення потреб у їжі та воді, матеріальних благах тощо. Проте, досить великий спектр товарів та послуг не спостерігається процесу насичення. Це стосується й вибору населенням способу переміщення. Взагалі, корисність переміщення формується над самому переміщенні, а визначається метою і результатом даного переміщення. Тому його корисність ніяк не пов'язана з порядковим номером цієї транспортної послуги, що унеможливає використання теорії граничної корисності в аналізі міських пасажирських систем.

Висновки. Вибір способу пересування належить категорії звичної купівельної поведінки. І тут з ланцюжка стадій прийняття рішення випадає пошук інформації та оцінка варіантів, оскільки рішення приймається з урахуванням звичок, вироблених багаторазовим повторенням. Реакція на придбання послуги також втрачає свою важливість, оскільки споживач знає, що він отримає і не чекає чогось нового. Таким чином, вибір способу переміщення є рутинною процедурою із запрограмованою поведінкою споживача. Лише за зміни транспортної ситуації (реорганізація маршрутної мережі, різкі зміни якості обслуговування, вартості проїзду, зміна місця роботи або проживання суб'єкта тощо) включається повний механізм вироблення рішення про вибір.

ЛІТЕРАТУРА

1. В. Д. Макаренко, П. В. Луб'яний, О. А. Войтович. Якість пасажирських транспортних послуг на основі нефінансових показників. ВІСНИК ХНТУ № 1(84), 2023 р. С. 48 – 55.
2. Войтович О. А., Кузьменко І. О., Луб'яний П.В. Доступність пасажирського транспорту для населення з огляду формування тарифу. Науковий вісник Херсонської державної морської академії Науковий журнал № 1–2 (26–27) Херсон 2023 р. С. 107 - 120
3. Луб'яний П.В., Антоняк П.О. Формування раціональної схеми оплати за надання послуг по перевезенню пасажирів в містах. Синергія науки і бізнесу у повоєнному відновленні херсонщини. 2023. Вип. 1. С. 302–306.
4. Понкратов Д.П. Формалізація взаємозв'язку між показниками рівня заповнення міських пасажирських транспортних засобів. Комунальне господарство міст. 2020. Вип. 152. С. 196–203.

УДК 621.9.06

МЕТОДОЛОГІЯ АПРОКСИМАЦІЇ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ТРАНСПОРТНОЇ МАКРОМОДЕЛІ

Мосьпан В.М., Войтович О.А.
Херсонський національний технічний університет

Транспортна макромодель є одним із найбільш ефективних інструментів для планування сталого відновлення та розвитку транспортних систем міст. У першу чергу це пояснюється тим, що задача сталого відновлення та розвитку транспортних систем, навіть на рівні малих міст, має велику кількість варіантів вирішення, які не може бути якісно досліджено експертним шляхом. Наразі існує значна кількість програмних продуктів, які можуть використовуватися для розробки транспортних макромоделей міст. До основних програмних продуктів слід віднести VISUM, CUBE, TransCAD.

Як правило, будь-яка транспортна макромодель складається із двох основних суб-моделей, а саме: транспортної пропозиції та попиту. Суб-модель пропозиції представляє собою інфраструктуру об'єкту планування та формується із відтинків вулично-дорожньої мережі, транспортних районів, зупинок, маршрутів громадського транспорту, видів рухомого складу, їх розкладів руху, тощо [1]. Суб-модель попиту містить інформацію про кількість пересувань між транспортними районами, які представляються у вигляді матриць кореспонденцій.

У переважній більшості випадків, для розрахунку та/або верифікації матриць пасажирських кореспонденцій використовуються результати натурних обстежень обсягів

перевезень по маршрутах громадського транспорту [2]. Оскільки результати обстеження є вибірковими, для коректного розрахунку транспортного попиту існує потреба у застосуванні ефективної методології апроксимації. У даному випадку складність застосування типових методологій полягає у тому, що в процесі обстеження обсягів перевезень по маршрутах громадського транспорту не можливо врахувати частку пасажирів, що здійснює пересування із пересадкою.

Одним із шляхів вирішення даного виклику є проведення додаткового опитування пасажирів щодо їх мобільності, тобто пунктів відправлення/прибуття, маршруту руху, пересадок, тощо [3,4]. Отримані результати опитування може бути використано в якості вихідних даних для наступної запропонованої методології апроксимації обсягів перевезень пасажирів по маршрутах громадського транспорту.

Першим етапом розрахунків є визначення обсягу пасажироперевезень G на маршруті $line$ за одиницю часу i шляхом використання наступної формули:

$$G_{line}^i = N_{line}^i \cdot AP_{line}^i \quad (1)$$

де N_{line}^i – кількість рейсів, які було виконано рухомим складом на маршруті $line$ протягом одиниці часу i , од.; AP_{line}^i – середня кількість перевезених пасажирів за рейс на маршруті $line$ протягом одиниці часу i , пас.

Наступним етапом є визначення загального обсягу перевезень пасажирів громадським транспортом протягом одиниці часу i . Даний показник може бути визначено наступним чином:

$$tG_{put}^i = \sum_{s=1}^n G_{line}^i \quad (2)$$

де tG_{put}^i – обсяг перевезень пасажирів на маршрутах громадського транспорту протягом одиниці часу i , пас.; n – кількість маршрутів громадського транспорту, од.

Далі, на основі результатів опитування пасажирів, доцільно визначити коефіцієнт пересаджуваності TR для одиниці часу i шляхом використання формули:

$$TR_i = \frac{hG_{put}^i}{htG_{put}^i} \quad (3)$$

де hG_{put}^i – кількість пересувань, які здійснено опитаними пасажирями протягом одиниці часу i , од.; htG_{put}^i – кількість опитаних пасажирів протягом одиниці часу i , од.

Беручи до уваги вищевказане, загальний обсяг перевезень громадським транспортом G_{put}^i із урахуванням коефіцієнту пересаджуваності протягом одиниці часу i може бути визначено наступним чином:

$$G_{put}^i = tG_{put}^i \cdot TR_i \quad (4)$$

де G_{put}^i – загальний обсяг перевезень громадським транспортом із урахуванням коефіцієнту пересаджуваності протягом одиниці часу i , пас.

Висновки. Використання запропонованої методології апроксимації обсягів пасажироперевезень з урахуванням коефіцієнту пересаджуваності дозволяє отримати достовірну інформацію щодо транспортного попиту, яка є необхідною для створення репрезентативної транспортної макромоделі. Застосування отриманих результатів також

матиме позитивний вплив на ефективність планування маршрутів громадського транспорту, якість транспортних послуг та сприяти сталому відновленню та розвитку транспортних систем міст.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ortuzar J.D. Modelling transport/ J.D. Ortuzar, L.G. Willumsen// Chichester Wiley. – 2006. – 499 p.
2. McNally M.G. The four step model/ M.G. McNally// Institute of transportation studies. University of California. – 2007. – 18 p.
3. Konstadinos G.G. Travel behavior and demand analysis and prediction university of California/ G.G. Konstadinos// Working paper. University of California. – 2007. – 46 p.
4. Oppenheim N. Urban travel demand model: from individual choices to general equilibrium/ N. Oppenheim// New York: John Wiley & sons Inc. – 1994. – 480 p.

УДК 656.02

ПОШУК ЕФЕКТИВНОЇ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ ЗАДАНИХ УМОВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖУ

Славич В.П., Білоущенко Д.Ю.

Херсонський національний технічний університет

Транспортні задачі – це тип задач в дослідженні операцій, що стосуються оптимізації транспортування товарів або послуг з декількох постачальників до декількох споживачів з метою мінімізації витрат або максимізації прибутку. Існують різні моделі транспортних задач, і вибір моделі залежить від конкретної ситуації. Різні умови перевезень можуть вимагати застосування різних моделей транспортної задачі через те, що ці умови впливають на специфічні аспекти і обмеження, які потрібно враховувати при плануванні і оптимізації перевезень. Основні фактори, що можуть змусити застосовувати різні моделі, включають:

1. Типи ресурсів і обмежень:

Обмеження по кількості. У деяких випадках, ресурси можуть бути обмежені не лише кількісно, але і якісно (наприклад, типи вантажів або специфічні умови зберігання).

Часові обмеження. Різні сценарії можуть вимагати врахування часу доставки або термінів перевезень.

2. Вартість перевезень:

Однорідність вартості. Моделі можуть відрізнятися, якщо вартість перевезення є постійною для всіх маршрутів або змінюється залежно від відстані, ваги чи типу вантажу.

Перемінні витрати. Вартість може залежати від різних факторів, таких як витрати на паливо, плата за мито, додаткові збори тощо.

3. Типи транспорту:

Мультиmodalьний перевезення. Врахування різних видів транспорту (автомобільний, залізничний, морський, повітряний) потребує різних моделей для оптимізації.

Обмеження транспортних засобів. Різні види транспорту можуть мати свої обмеження по вантажопідйомності, швидкості, доступності маршрутів.

4. Географічні особливості:

Різні маршрути. Врахування різних географічних умов (гори, річки, дороги) може впливати на вибір моделі транспортної задачі.

Зональні обмеження. Можуть бути обмеження по доступності деяких територій або потреба в спеціальних дозволах.

5. Тип вантажу:

Чутливість вантажу. Для вантажів, які потребують особливих умов зберігання або транспортування, потрібні спеціалізовані моделі.

Змішаний вантаж. Вантажі, які потребують різних умов перевезення або спеціальної упаковки, можуть вимагати комплексних моделей.

6. Вимоги до обслуговування:

Клієнтські вимоги. Різні моделі можуть бути потрібні в залежності від специфічних вимог клієнтів, таких як частота постачання або особливі умови договору.

В залежності від умов ситуації на перевезення вантажу доцільно застосовувати відповідну з наступних моделей транспортних задач.

Модель з фіксованими витратами на транспортування (Basic Transportation Problem):

Ситуація – потрібно транспортувати товари з кількох постачальників до кількох споживачів, і витрати на транспортування від кожного постачальника до кожного споживача є фіксованими.

Приклад: транспортування товарів з кількох складів до кількох роздрібних магазинів, де вартість доставки від складу до магазину є однаковою і не змінюється в залежності від кількості перевезених товарів.

Модель з варіативними витратами на транспортування (Generalized Transportation Problem):

Ситуація – витрати на транспортування залежать від кількості перевезених товарів. Модель включає лінійні витрати, які змінюються пропорційно до обсягу вантажу.

Приклад: транспортування товарів, де вартість за одиницю товару може змінюватися в залежності від обсягу перевезених товарів, наприклад, знижки на великі обсяги.

Модель з обмеженнями на вантажопотік (Transportation Problem with Additional Constraints):

Ситуація – задані додаткові обмеження, які необхідно врахувати при плануванні транспортування, наприклад, обмеження на максимальну кількість товарів, які можуть бути доставлені з одного постачальника до одного споживача, або обмеження на загальний обсяг вантажу, що може бути перевезений.

Приклад: транспортування медичних постачань до лікарень, де є обмеження на кількість товарів, які можуть бути доставлені кожного разу з певного складу, або максимальний обсяг доставки через певні маршрути.

Модель з нестандартними витратами (Specialized Transportation Problems):

Ситуація – витрати на транспортування не є рівномірно розподіленими або є якісь нестандартні умови, наприклад, витрати на транспортування можуть змінюватися залежно від часу доби або погодних умов.

Приклад: транспортування товарів в умовах, де ціна на транспортування змінюється в залежності від дня тижня або сезону року.

Модель з використанням комбінацій методів (Mixed Integer Programming for Transportation Problems):

Ситуація – рішення транспортної задачі вимагає використання як цілочисельних, так і неперервних змінних. Це може бути корисно в ситуаціях, коли потрібно вирішити оптимальну кількість транспортування і вибір маршрутів.

Приклад: оптимізація маршруту для вантажівок, де деякі рішення (наприклад, вибір маршруту) повинні бути цілочисельними (тільки цілі маршрути), а інші можуть бути дробовими (обсяги вантажу).

Модель з динамічним плануванням (Dynamic Transportation Problems):

Ситуація – транспортна задача включає в себе зміну обставин або потреб з часом. Це може включати зміни у витратах, попиті або пропозиції.

Приклад: плани постачання для сезонного бізнесу, де попит на товари змінюється з часом, і потрібно коригувати плани транспортування відповідно до змін у попиті або пропозиції.

Висновки. Таким чином, вибір моделі залежить від специфіки задачі, яка виникає в процесі перевезення вантажу від постачальників до споживачів. Для найбільш ефективного рішення транспортної задачі, важливо враховувати всі обмеження та вимоги, які можуть бути специфічними для кожної конкретної ситуації. Загалом, вибір моделі транспортної задачі визначається конкретними умовами і потребами, які повинні бути враховані для досягнення максимальної ефективності в перевезеннях. Тому важливо адаптувати модель до конкретних обставин, щоб забезпечити оптимальне планування і виконання транспортування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дуна Н., Матвієнко А. Перспективи розвитку українського ринку автомобільних вантажоперевезень: євроінтеграційний аспект. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2022. № 44. С. 21–29.
2. Іванов С.В. Транспортно-логістичні кластери в контексті розвитку транспортної системи України та окремо взятого економічного району. Економічний вісник Донбасу. 2018. № 1 (51). С. 15-22.
3. Павленко О.В., Шрамепко Н.Ю., Северін О.О., Горбачов П.Ф., Калініченко О.П. Математичні методи оптимізації транспортних процесів: навчальний посібник. – Харків: Видавництво ЗНАДУ, 2008. – 204 с.
4. Славич В.П. Гібридна модель задачі про максимальний потік вантажу у матричній постановці із додатковими обмеженнями. Проблеми інформаційних технологій. 2012. №02(012). С. 100 – 103.
5. Славич В.П., Доброва К.Д. Модель та метод знаходження опорного та оптимальних планів модифікованої транспортної задачі у випадку групування постачальників вантажу. Прикладні питання математичного моделювання. Херсон. 2020. Т. 3. №1. С. 187 – 193.
6. Славич В.П., Єльник В.В. Оптимізація процесу доставки вантажу газопостачального підприємства. Вісник ХНТУ. 2023. №2(85). С. 84 – 89.

СЕКЦІЯ 6 «ПРОБЛЕМИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТА МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ, CAD/CAM/CAE»

УТОЧНЕНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ ТРУБОПРОВОДУ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ANSYS WORKBENCH

Дейлід Д. С.^{1,а}, Іщенко О.А.^{2,а,б}

Студент¹, доктор філософії²

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»^а, ТОВ «ППП-ЦЕНТР»^б

ddeylid228@gmail.com¹, ishchenko-oa@ipp-centre.com.ua²

В роботі показано проведений розрахунок тривимірної моделі типу трубопровід із врахуванням залишкових напружень за стандартом API. Задачі такого типу мають подальше важливе значення також при конструюванні механізмів, оскільки залишкові напруження при зварюванні впливають на їх подальше використання. Таким чином необхідно створити таку процедуру, що дозволяє врахувати залишкові напруження в конструкціях.

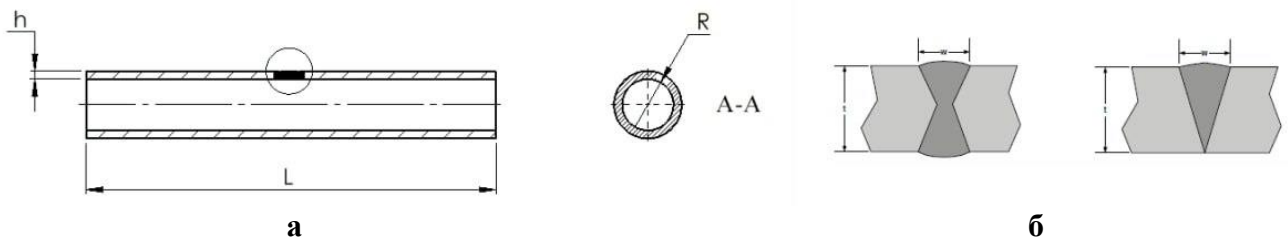


Рис.1. Розрахункова схема задачі: а) геометричні розміри трубопроводу, б) геометричні розміри зварного з'єднання

Оскільки розрахунок методом скінченних елементів (СЕМ) в середовищі ANSYS Workbench не передбачає автоматичного врахування залишкових напружень, то їх можна підвантажити в розрахункову модель у вигляді бази даних.

Тому була поставлена задача змоделювати трубопровід (рисунок 1а), враховуючи залишкові напруження, які виникли при його монтажі. Розміри наступні: товщина стінки $h = 16$ мм, внутрішній радіус $R = 50$ мм, а довжина труби $L = 400$ мм. Матеріал - Structural Steel, обраний з бібліотеки матеріалів програмного комплексу Ansys. Модель має закріплення типу консольне защемлення по всій довжині труби.

Геометрія розрахункового елемента була створена у тривимірному середовищі Solidworks з подальшим підвантаженням моделі у програмний комплекс Ansys.

Наступним кроком є створення скінченно-елементної моделі. Для представленого дослідження СЕМ створена у модулі ICEM CFD програмного середовища Ansys. Цей модуль дозволяє створити структуровану скінченно-елементну модель, що в подальшому допомагає отримати більш точні результати в порівнянні з автоматичним генератором СЕ, який також присутній у програмному комплексі.

СЕМ оцінювалася за таким основними показниками якісних характеристик як Skewness та Orthogonal quality. Таким чином у згенерованій сітці маємо 28200 вузлів та 23000 елементів.

Для тестування процесу подальшого прикладання бази даних напружень, було обрано таку ж процедуру валідації балки в роботі авторів [1]. Також прикладені граничні умови, що були в зазначеній попередній роботі адже для них попередньо провели процес валідації та встановлено допустиму кількість елементів при забезпеченні їх хорошої якості.

Прикладення бази даних напружень.

У цьому досліді навантаження на модель прикладене за допомогою модуля External Data, що є додатковим модулем в Ansys. Він використаний з міркувань отримання напруження, що змінюється згідно стандарту API [2] в окружному та осьовому напрямках на певну відстань. Розміри зварного з'єднання також обирались за стандартом API (рисунок 1б). На торцевих частинах моделі напруження дорівнює нулеві.

Для вихідних даних був створений масив чисел у програмі Excel. Його було підвантажено до Static Structural і отримано результати. Після їх інтерполяції на створену СЕМ частини трубопроводу, можна звернути увагу, що напруження розподілені по довжині моделі нерівномірно (рисунок 2а-2б). Подібну картину отримали і при інших налаштуваннях інтерполяції програмного комплексу Ansys.

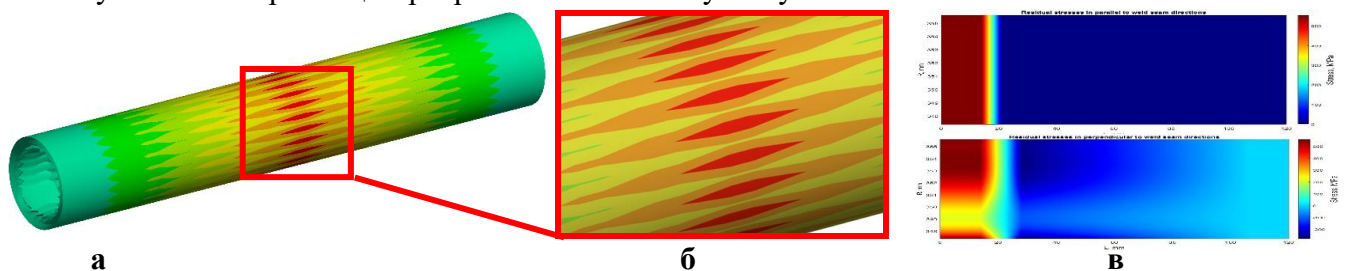


Рис.2. Отриманий результат при підвантаженні даних: а-вигляд на всю модель, б-збільшене зображення з похибкою у інтерполяції, в-за допомогою прив'язки до вузлів

Оскільки на фото видно певні похибки у проведенні інтерполяції, щоб запобігти цьому і отримати більш точні результати, використано програмний код Matlab. Його перевагами є ефективна робота з масивами чисел, у даному випадку з напруженням і інтерполяція даних. За допомогою нього створено бази для подальшого підвантаження даних напружень у осьовому та коловому напрямках і імпортовано в СЕМ.

Ключовим моментом було створення в Matlab таких баз, що дозволяє розподілити напруження по вузлам СЕМ, як показано на рисунку 2в.

Підсумовуючи, створено функцію в програмному коді Matlab, яка дає більш правильну картину залишкових напружень в трубопроводі в двох напрямках. З іншого боку такий розрахунок є продовженням розрахунків на міцність трубопроводів з дефектами, де накладання залишкових напружень збільшує консервативність розрахунків.

Список використаних джерел

- 1) Порівняльний аналіз балки аналітично та методами скінченних елементів в 1d та 3d постановці [Електронний ресурс] / Д. С. Дейлід, О. С. Мусієнко, О. А. Іщенко // КІП ім. І. Сікорського. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://imm-mmi.kpi.ua/imm2024/paper/view/30672/17664>.
- 2) API. Recommended practice for fitness-for-service. API 579. Washington, DC: American Petroleum Institute, 2016.
- 3) Ansys. Ansys for students. URL: <https://www.ansys.com/academic/students>.

УДК 539.4:621.7-4

ПРОВЕДЕННЯ ТОПОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЕТАЛІ В СЕРЕДОВИЩІ ANSYS

Тимошенко О.В., Мусієнко О. С., Демешко Я. В., Сроднікова Р. Д.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Новітні технології, такі як адитивні методи та штучний інтелект, значно змінюють підходи до проектування в машинобудуванні.

В умовах стрімкого розвитку технологій та підвищення вимог до ефективності конструкцій, питання оптимізації стає першочерговим. Завдяки математичному моделюванню та чисельним методам можна досягти оптимального розподілу матеріалу в деталях складної форми, що зменшує масу конструкцій. Такий підхід до проектування відповідає сучасним стандартам сталого розвитку. Дослідження оптимізації конструкції деталі є актуальним, дозволяючи покращити експлуатаційні характеристики без суттєвих витрат на розробку нових матеріалів [1-3].

Метою даного дослідження є покращення конструкції деталі шляхом застосування топологічної оптимізації. Для досягнення бажаного результату було визначено кілька етапів.

На першому етапі було створено тривимірну модель деталі за допомогою SolidWorks (рисунок 1).

Другим етапом було проведено експериментальне дослідження по визначенню максимального навантаження, яке може витримати деталь. Встановлено, що ця сила складає 4868,5 Н.

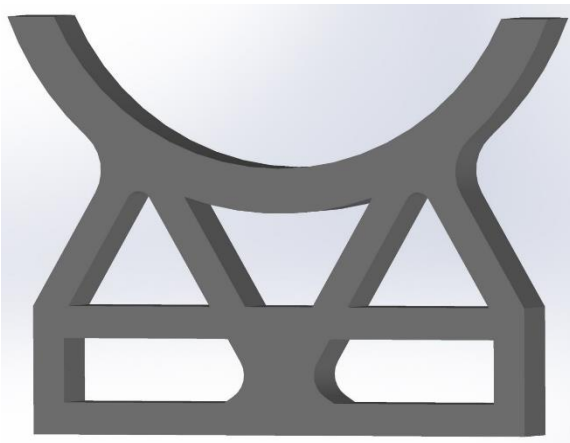


Рисунок 1 - Тривимірна модель деталі

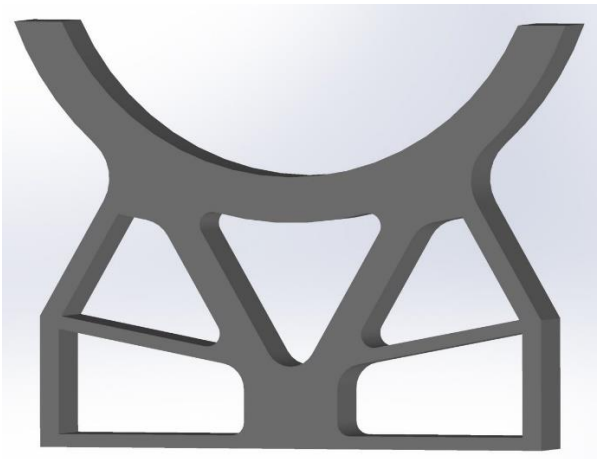


Рисунок 2 - Оптимізована модель деталі

На третьому етапі виконано розрахунок статичної міцності деталі методом скінченних елементів за допомогою програмного комплексу ANSYS Workbench. Деталь виготовлена з PLA пластику за технологією лиття. Були задані такі механічні характеристики: модуль Юнга - 3750 МПа, коефіцієнт Пуассона – 0,35 [4]. Граничні умови розташували відповідно до експерименту. В результаті отримано розподіл еквівалентних за Мізесом напружень та зони концентрації напружень.

Четвертий етап полягав у проведенні топологічної оптимізації за допомогою модулю «Topology Optimization» в ANSYS Workbench. Результати статичного аналізу

імпортується в модуль, де задаються параметри для оптимізації: зменшення маси конструкції на 21% та обмеження для збереження зовнішнього контуру конструкції.

На заключному етапі було розроблено новий варіант конструкції деталі (рисунок 2) на основі результатів досліджуваного методу. Після цього було проведено чисельну перевірку нової конструкції на статичну міцність. В результаті оцінили доцільність впровадження оптимізованої конструкції в практичне використання.

Результати моделювання показали, що вихідна конструкція деталі мала надмірну вагу при значному запасі міцності. Топологічна оптимізація дозволила зменшити масу конструкції на 21% та забезпечити достатню міцність.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило ефективність застосування топологічної оптимізації для покращення конструкції деталі. Отримана оптимізована модель дозволяє зменшити масу на 21% при збереженні необхідних міцнісних характеристик. Це відкриває можливості для подальшого впровадження оптимізованої конструкції у виробництво, що сприятиме підвищенню економічної ефективності. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення впливу різних матеріалів та умов навантаження на результати оптимізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стукалець І. Г. Топологічна оптимізація деталей машин та обладнання в середовищі SolidWorks Simulation // Herald of Lviv University of Trade and Economics. Technical Sciences. – № 38, 2024. – С. 5. – УДК 621.7-216
2. Полюшко В., Єрошенко А. Проведення топологічної оптимізації кронштейна та підготовки до 3D-друку // Technical Sciences and Technologies. – № 3(21), 2020. – С. 79–88. – УДК 621.7-4. – DOI: 10.25140/2411-5363-2020-3(21)-79-88.
3. Zhu J.-H., Zhang W.-H., Xia L. Topology Optimization in Aircraft and Aerospace Structures Design // CIMNE, Barcelona, Spain. – 2015. – Received: 30 January 2015 / Accepted: 7 April 2015 / Published online: 14 April 2015.
4. Farah S., Anderson D.G., Langer R. Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications — A comprehensive review // Advanced Drug Delivery Reviews. – 2016. – DOI: 10.1016/j.addr.2016.06.012.

УДК 004.92

ЗАСТОСУВАННЯ 3D СКАНУВАННЯ ПРИ РЕВЕРС-ІНЖИНІРИНГУ

Марченко С.К., Плівак О.А., Семінська Н.В., Джулій Д.Ю.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Для ефективного використання матеріалу, а також ресурсів при експлуатації виробів поступово ускладнюються завдання, які ставляться перед конструктором, а форми деталей стають все складнішими, на допомогу цьому приходять нові методи проектування, наприклад, такі як генеративний дизайн. Але при ремонтному виробництві буває, що взагалі відсутня документація або 3D моделі деталей, а їх форма може бути дуже складною. Одним із сучасних методів вирішення цієї проблеми є реверс-інжиніринг з застосуванням 3D сканування.

Для сканування було використано два сканери від SHINING 3D: стаціонарний – Autoscan Inspec та переносний – FreeScan Combo. Технічні характеристики Autoscan Inspec: площа сканування – 100x100x75 мм; метод сканування – оптичний; точність,

заявлена виробником до 10 мкм; роздільна здатність камер 5.0 Мп. Технічні характеристики FreeScan Combo: швидкість сканування – 1860000 пікселів/с; точність сканування, заявлена виробником, до 20 мкм; два режими сканування: лазерний (Laser mode) та оптичний (IR mode).

Для сканування деталей на Autoscan Inspec деталь розміщується на поворотному столі, а процес сканування відбувається за наперед заданою програмою, тому для однотипних деталей це може бути перевагою в швидкості процесу. В результаті отримуємо хмару точок, яка буде містити також і утримуюче пристосування, а також може мати відблиски, особливо, для глянцевих поверхонь, в цьому випадку рекомендується використовувати спеціальні матуючі спреї. Ці, зайві, елементи можна виправити на цьому етапі, видаливши їх. За потреби можна додати додаткові положення до відсканованих даних, а для отримання хмари точок деталі з усіх положень використовується декілька положень сканування, які об'єднуються в одну хмару точок, процес суміщення може бути автоматичним або ручним (за 3–ма точками). Після цього хмара точок опрацьовується за заданими параметрами і можна отримати тривимірну модель в форматі stl, яку уже можна друкувати або виконувати інші маніпуляції в CAD системах.

Для сканування габаритних деталей використовуються ручні сканери типу FreeScan Combo. Лазерний режим сканування забезпечує високу точність, але вимагає спеціальних маркерів для сканування (мінімум 4 штук в полі видимості). Сканування в цьому режимі може виконуватись 26 перехресними лініями для швидкого сканування, 7 паралельними лініями для більш точного сканування та однією лінією для отримання даних про глибокі отвори та западини. Сканування в IR mode є більш простим, при цьому страждає роздільна здатність, але уже не потрібні спеціальні маркери, орієнтація відбувається за уже відсканованими даними. Відмітимо, що в цьому режимі можливе сканування живих об'єктів, програмне забезпечення вводить корективи на дрібні рухи, що можуть при цьому виникати. Як і в попередньому випадку для отримання повної моделі деталі може знадобитися виконання декількох сканів з різних сторін та положення деталі з подальшим їх об'єднанням в програмному забезпеченні.

Отримані скани можна відразу роздрукувати або за методами реверс–інжинірингу зробити повноцінну модель деталі в одній з CAD систем для подальшого аналізу або модифікації.

Висновки. Отже, використання технології 3D сканування є дуже корисним для економії часу та спрощення задач при моделюванні, особливо, в ремонтному машинобудуванні, для конкретних задач потрібно обирати відповідний спосіб сканування, сканер та режим його роботи.

УДК 621.09

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ КАЛІБРОВАНИХ ВАЛКІВ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

Таратута К.В., Проценко В.М., Востоцький С.М, Білецький В.Р.
Запорізький національний університет

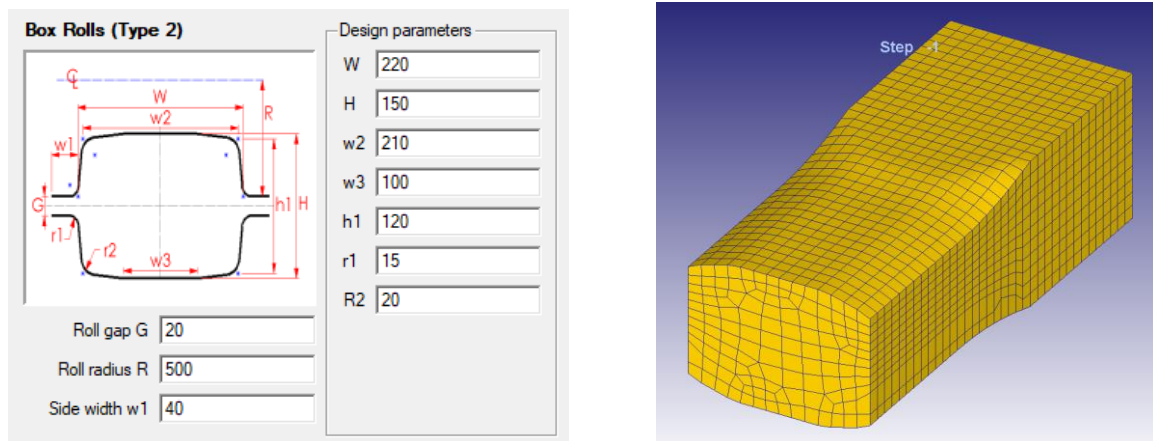
Валки прокатних станів виконують пластичну деформацію металу під час прокатки. Під час пластичної деформації металу валки сприймають тиск, що виникає при обтиску металу. Прокатні валки виконують з гладкою бочкою та каліброваним. Калібр по своєму поперечному перерізу відповідає формі прокату, який отримується після

деформації. За призначенням калібри поділяють на обтискні (витяжні), чорнові (підготовчі) та чистові (обробні). Обтискні калібри діляться на ящичні, квадратні ромбичні, овали, круглі [1].

У поточній роботі розглядаються валки з обтискними ящичними калібрами (рис. 1), що здійснюють пластичну деформацію заготовки температурою 1050 °С.

Моделювання напружено-деформаційного стану прокатних валків обтискних та заготівельних станів необхідно для визначення оптимального розташування калібрів та підвищення якості готового прокату за рахунок зменшення пружних деформацій.

Для моделей були задані механічні властивості валків, що використовуються для виробництва сортових заготовок, із сталі марки 35ХГСА.

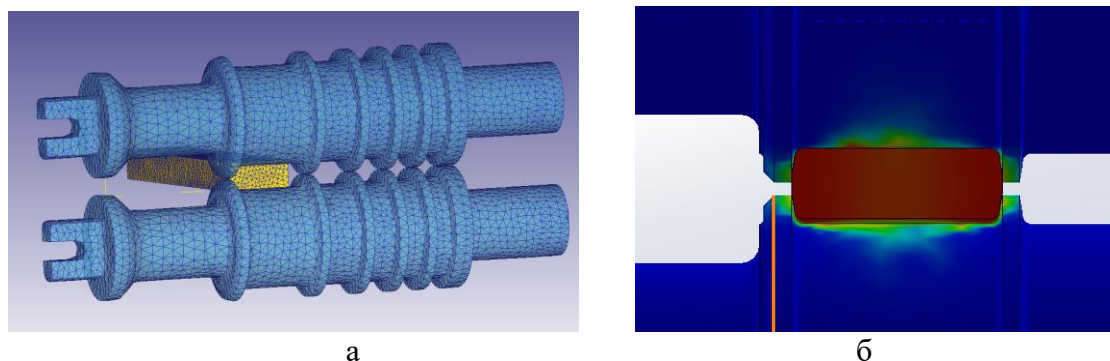


а – геометричні параметри калібра , б – заготовка в процесі деформації
Рисунок 1 – Параметри ящичного калібра та заготовки

Особливістю моделювання та розрахунків прокатних валків є урахування теплового впливу з боку заготовки. Нагрівання валків відбувається за рахунок енергії, що віддає заготовка та за рахунок пластичної деформації. Причому останній фактором можна умовно не враховувати при гарячій прокатці через його незначний вплив на нагрівання валків. Зазвичай при гарячій прокатці відбувається охолодження валків водою. Умови охолодження та нагрівання валків неоднакові по довжині валка. Ще більше це спостерігається при прокатці у калібрах, коли зона контакту валка і заготовки обмежена калібром.

Температурні напруження є функцією температурних полів, що знаходяться при вирішенні диференційного рівняння теплопровідності.

Отримані під час розрахунку дані представлені як рисунки системи валків з картинами температурних полів (рис. 2).



а – тривимірна модель прокатних валків, б – температурне поле у калібрі під час захоплення металу валками

Рисунок 2 – Температурне поле у калібрі прокатних валків при деформації заготовки розмірами 220х150 мм.

Висновки. Об'єкт дослідження – прокатні валки з ящичними калібрами, що здійснюють пластичну деформацію заготовки попередньо нагрітої до температури 1050 °С. Встановлено, що найбільше на міцність та стійкість валків впливають контактні та температурні напруження. Зазначені напруження можуть досягати межі втомної міцності металу. Найбільш небезпечні контактні напруження у поверхневому шарі валків на глибині 5-10мм.

ЛІТЕРАТУРА

6. Ніколаєв В.О.. Калібрування прокатних валків: Навчальний посібник. – Запоріжжя : ЗДІА. 2015. 163 с.
7. Явтушенко О.В., Проценко В.М., Корнілов О.О. Розрахунок валків прокатних станів на міцність і деформацію у програмному комплексі «AUTOCAD MECHANICAL». МЕТАЛУРГІЯ. 2018. № 2 (40). С. 85–90.
8. Mishchenko A. V. Development of the ideology of calibrations of the tool for cold rolling of pipes from alloys based on titanium. Metal and Casting of Ukraine. 2020. Vol. 317-319, no. 10-12. P. 64–73. URL: <https://doi.org/10.15407/steelcast2019.10.064> (date of access: 10.09.2024)
9. Приходько І.Ю., Бобирь С.В., Воробей С.О. Прогнозування живучості прокатних валків. Метал та лиття України. № 30, 2022, № 2 (329), 103-108

УДК 621.396.67

ОСОБЛИВОСТІ РОЗГОРТАННЯ МЕРЕЖ 5G НА ОСНОВІ ІСНУЮЧОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Ткачук А.А., Степанець А.В.
Луцький національний технічний університет

Як і в попередніх поколіннях, організація стандарту 3GPP визначає базову мережу 5G (5GC) і мережу радіодоступу 5G (5G NR). 5G NR складається з одного типу об'єкта – станції en-gNB. Архітектура протоколу нового радіоінтерфейсу (NR) має схожість з радіоінтерфейсом Long-Term Evolution (LTE). Цей інтерфейс підтримує сигналізацію керування радіоресурсами, що передається в радіоканалі сигналізації, і пакети Інтернет-протоколу, що передаються в радіоканалі даних. Інтерфейс NR представляє новий протокол адаптації даних служби, який інкапсулює IP-пакети. Ланцюг передачі інтерфейсу NR має ідентичну структуру з інтерфейсом LTE для низхідної та висхідної лінії зв'язку. У розділі описано основні відмінності в технічних характеристиках інтерфейсів LTE та NR. Як і в попередніх поколіннях, організація стандарту 3GPP визначає базову мережу 5G (5GC) і мережу радіодоступу 5G (5G NR) [1]. Однак на відміну від попередніх поколінь, які одночасно розгортали базову мережу та мережу радіодоступу, п'яте покоління дозволяє інтегрувати елементи четвертого покоління (4G) у різних конфігураціях, а саме:

- автономна (SA) конфігурація: підключення мережі радіодоступу до базової мережі налаштовується для площини користувача та площини керування;
- конфігурація non-standalone (NSA): підключення мережі радіодоступу до базової мережі налаштовується лише для площини користувача.

На рисунку 1 показано п'ять варіантів розгортання 5G, які реалізують описані вище типи конфігурації [2].

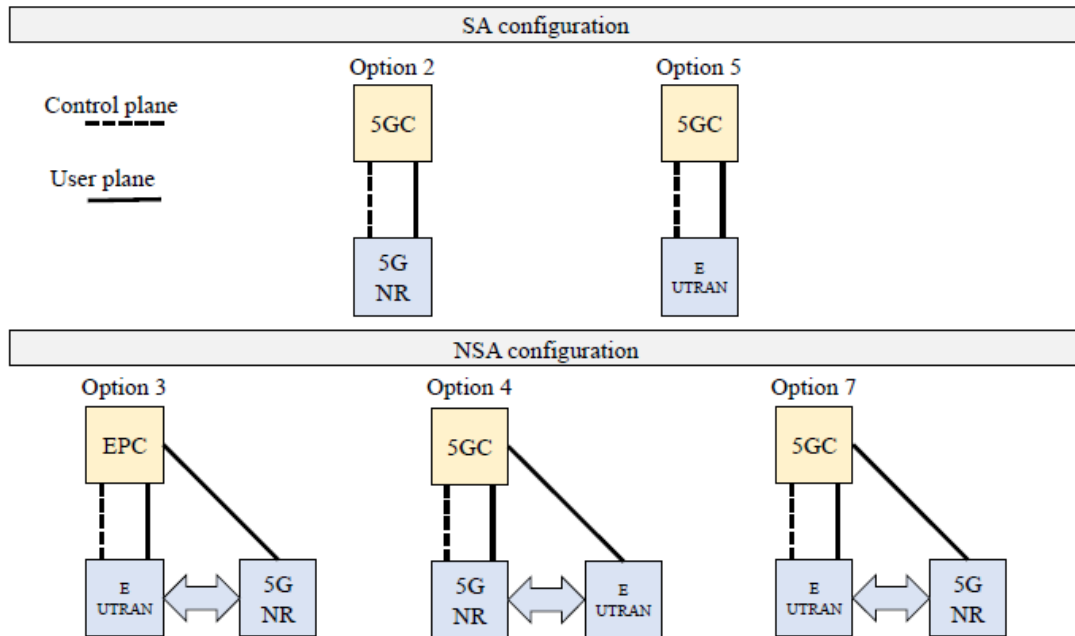


Рисунок 1 – Типи конфігурацій SA та NSA

Варіант 2 відповідає конфігурації SA, для якої 5G NR підключається до 5GC.

Варіант 5 відповідає конфігурації SA, для якої вдосконалена універсальна наземна мережа радіодоступу (E-UTRAN) підключається до 5GC. Конфігурація NSA реалізує архітектуру подвійного підключення (DC), яка має наступні характеристики:

- головна мережа радіодоступу підключається до базової мережі для площини керування та площини користувача;
- вторинна мережа радіодоступу підключається до базової мережі лише для площини користувача;
- головна мережа радіодоступу контролює вторинну мережу радіодоступу.

Варіант 3 відповідає конфігурації NSA EN-DC (E-UTRA-NR DC) для E-UTRAN є головною мережею радіодоступу, а 5G NR – головною вторинною мережею радіодоступу. Підключення здійснюється на розширеному пакетному ядрі (EPC).

Варіант 4 відповідає конфігурації NSA NE-DC (NR-E-UTRA DC) для 5G NR є головною мережею радіодоступу, а E-UTRAN – головною вторинною мережею радіодоступу. Підключення здійснюється на 5GC.

Варіант 7 відповідає конфігурації NSA NGEN-DC (NG-RAN E-UTRANR DC), для яких E-UTRAN є головною мережею радіодоступу, і 5G NR є вторинною мережею радіодоступу. Підключення здійснюється на 5GC.

Розглянемо розгортання мережі 5G кількома способами на основі варіанту 3. Основна перевага варіанту 3 полягає в тому, що він вимагає лише розгортання 5G NR [3]. Оскільки 5G NR збільшить наявну пропускну здатність E-UTRAN. Цей варіант дозволяє гнучке розгортання, коли збільшення пропускну здатності необхідно. Можливість розгортання 5G NR має можливість використання спектру вище 6 ГГц, чий смуги частот

дозволяють передавати високі швидкості передачі даних. 5G NR складається з одного типу об'єкта, станції en-gNB (E-UTRA-NR DC наступного покоління Node B) (рис. 2).

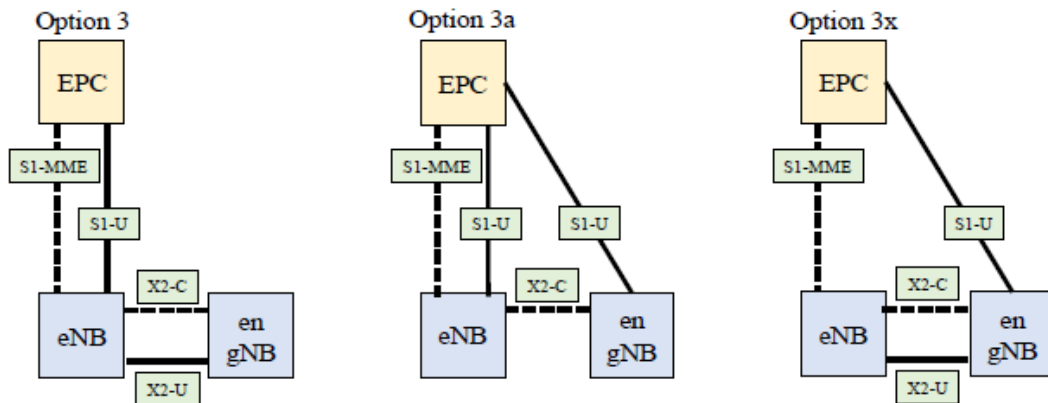


Рисунок 2 – Функціональна архітектура

Для рівня керування об'єкт en-gNB підключається до базової станції розширеного вузла (eNB) через інтерфейс X2-C. Для рівня користувача об'єкт en-gNB може підключатися до базової мережі через інтерфейс S1-U або до об'єкта eNB через інтерфейс X2-U:

- для варіанту 3 об'єкт eNB підключається до базової мережі через S1-U інтерфейс, а об'єкт en-gNB з'єднується з об'єктом eNB через інтерфейс X2-U;
- для варіанту 3a об'єкти eNB та en-gNB підключаються до базової мережі через інтерфейс S1-U;
- для варіанту 3x об'єкт en-gNB підключається до магістралі через інтерфейс S1-U, а об'єкт eNB підключається до об'єкта en-gNB через інтерфейс X2-U.

Основа en-gNB ділиться на два типи модулів (рис. 3):

- централізований підрозділ (en-gNB-CU);
- одна або кілька розподілених одиниць (en-gNB-DU).

В даному випадку en-gNB-CU підключено до об'єкта eNB через X2-C і X2-U інтерфейс і до EPC через інтерфейс S1-U. Кожен en-gNB-DU підключається до en-gNB-CU через інтерфейс F1, включаючи інтерфейс F1-C для площини керування та інтерфейс F1-U для площини користувача.

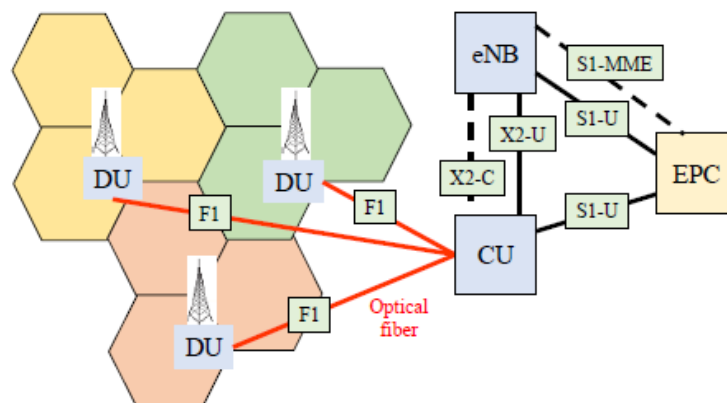


Рисунок 3 – en-gNB архітектура

Процедура зміни вторинного вузла повинна ініціалізуватися або основою eNB, або вихідною основою en-gNB. Вона використовується для передачі мобільного контексту вихідної сутності en-gNB до цільової сутності en-gNB.

Процедура зміни вихідної сутності en-gNB починається з обміну повідомленнями X2-AP SgNB Addition Request і SgNB Addition Request Acknowledge між eNB і цільовими сутностями en-gNB. Якщо виділення ресурсу від цільової сутності en-gNB було успішним, основа eNB ініціює звільнення ресурсу для вихідної сутності en-gNB шляхом обміну повідомленнями X2-AP SgNB Release Request і SgNB Release Request.

Висновки. Якщо описані процедури відбуваються успішно, то об'єкт eNB ініціює нову конфігурацію на мобільному рівні в повідомленні RRC ConnectionReconfiguration, що містить повідомлення конфігурації NR RRC, згенероване цільовим об'єктом en-gNB. Мобільний пристрій застосовує нову конфігурацію та надсилає повідомлення RRC ConnectionReconfigurationComplete. Об'єкт eNB інформує цільовий об'єкт en-gNB за допомогою повідомлення X2-AP SgNB Reconfiguration Complete, що процедура повторного налаштування пройшла успішно. Мобільний пристрій синхронізується на PCell цільового об'єкта en-gNB і виконує процедуру довільного доступу.

ЛІТЕРАТУРА

1. P. Bakhovskyy, A. Tkachuk, M. Yevsiuk, O. Zabolotnyi, O. Moroz and O. Satsyk, "Development and Interaction of the VTF Concept with IoT Platforms on the Example of the 5G Standard," 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Athens, Greece, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/DESSERT61349.2023.10416439.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10416439>
2. Kozlovskiy, V., Kozlovskiy, V., Toroshanko, A., Toroshanko, O., & Yakumchuk, N. (2023). Overload and Traffic Management of Message Sources With Different Priority of Service. *Informatyka, Automatyka, Pomiar y W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, 13(3), 33-36. <https://doi.org/10.35784/iapgos.3505>
3. Tkachuk, A., Zablotskiy, V., Zabolotnyi, O., Cagáňová, D., Yakymchuk, N.: Basic Stations Work Optimization in Cellular Communication Network. In: D. Cagáňová et al. (eds.), *Advances in Industrial Internet of Things, Engineering and Management*, EAI / Springer Innovations in Communication and Computing, pp. 1-19 (2021) https://doi.org/10.1007/978-3-030-69705-1_1

СЕКЦІЯ 7 «РОЗВИТОК НАУКИ ПРО ЖИТТЯ І ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ»

УДК 37.026.7

РЕВОЛЮЦІЯ В ОСВІТІ: ЯК ВЕЛИКІ МОВНІ МОДЕЛІ МОЖУТЬ ПЕРЕТВОРИТИ НАВЧАННЯ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ УКРАЇНИ

Сімінченко І.П. Поніч Д.П.

Херсонський національний технічний університет

Великі мовні моделі представляють значний прорив у сфері штучного інтелекту. Хоча їх використання викликає певні критичні погляди та заборони в окремих громадах і регіонах, ці технології залишаються важливими і мають великий потенціал. У цій тезі розглянуто потенційні переваги та виклики застосування великих мовних моделей в освіті з перспективи студентів та викладачів. Ми окреслимо сучасний стан великих мовних моделей та їх застосування, а також розглянемо, як ці моделі можуть бути використані для створення навчального контенту, підвищення залучення студентів і персоналізації навчання.

Вступ

Великі мовні моделі, такі як GPT-4, значно покращили обробку людської мови. Вони здатні генерувати текст, відповідати на питання і виконувати інші мовні завдання з високою точністю. Ключовим досягненням є використання архітектур трансформерів і механізму уваги, які значно поліпшили здатність моделей обробляти довгі залежності в текстах. Іншим важливим розвитком є попереднє навчання на великих наборах даних, яке дозволяє моделі бути тонко налаштованою для конкретних завдань.

Однак існують обмеження, зокрема недостатня інтерпретованість і етичні проблеми, такі як упередженість та ризики зловживання. Вживання великих мовних моделей в освіті може забезпечити значні переваги, включаючи покращення читання, письма, математики і науки, а також персоналізовані навчальні матеріали.

Ще одне важливе досягнення — використання попереднього навчання, коли мовна модель спочатку навчається на великому наборі даних, а потім доопрацьовується для конкретного завдання. Це виявилось ефективним методом для покращення результатів у широкому спектрі мовних завдань. Наприклад, Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT) (Devlin et al., 2018) є попередньо навченим трансформерним енкодером, який можна доопрацьовувати для різних NLP-завдань, таких як класифікація речень, відповіді на питання та розпізнавання іменованих сутностей. Насправді, так звана здатність до навчання з невеликою кількістю прикладів великих мовних моделей бути ефективно адаптованими до подальших завдань або навіть до інших, здається, несумісних завдань (наприклад, у контексті трансферного навчання), була емпірично спостережена і вивчена для різних завдань природної мови.

Основна модель зазвичай відноситься до будь-якої моделі, навченої на широких даних, яку можна адаптувати до широкого спектру подальших завдань. Ці моделі зазвичай створюються за допомогою глибоких нейронних мереж і навчаються за допомогою самоконтрольованого навчання на багатьох немаркованих даних.

Термін був введений нещодавно Стенфордським інститутом штучного інтелекту, орієнтованого на людину (HAI). Однак немає чіткої різниці між тим, що ми називаємо базовою моделлю, і тим, що кваліфікується як велика мовна модель (LLM).

Незважаючи на це, LLM зазвичай навчаються на даних, пов'язаних із мовою, як-от текст. Але основна модель зазвичай навчається на мультимодальних даних, поєднанні тексту, зображень, аудіо тощо. Що ще важливіше, базова модель призначена служити основою або основою для більш конкретних завдань (Рис.1).

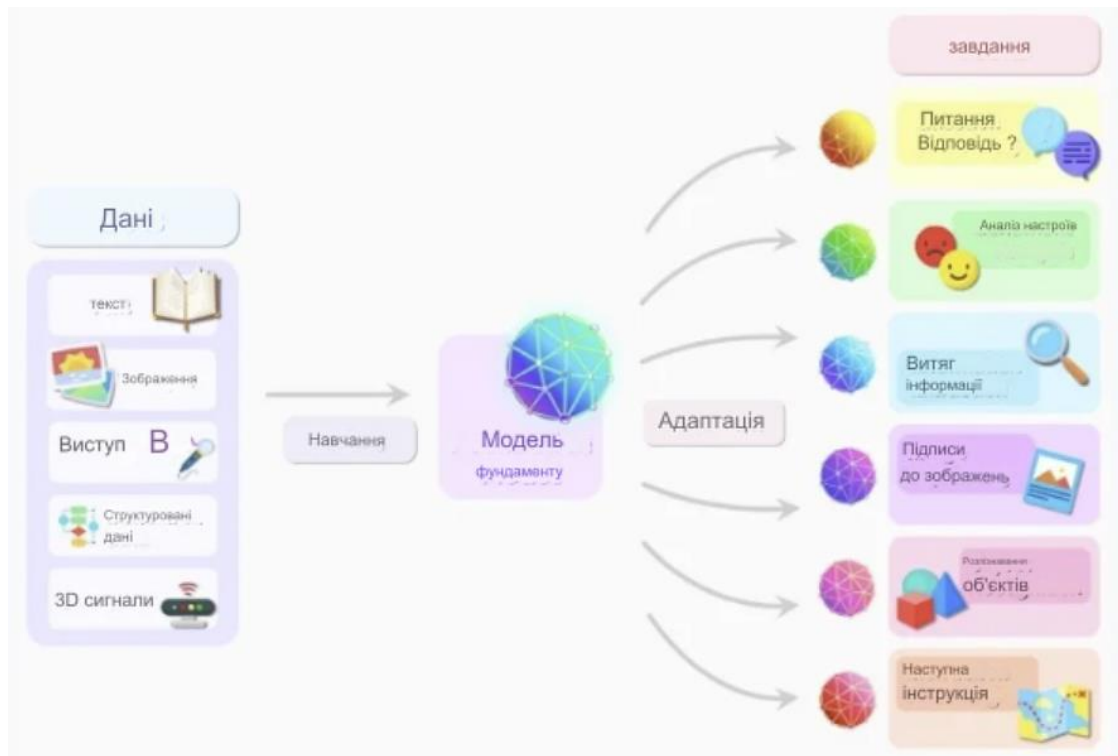


Рис.1 Структура ВММ.

Застосування у вищій освіті

Для студентів вищих навчальних закладів великі мовні моделі можуть суттєво полегшити дослідження і написання наукових робіт. Моделі можуть допомогти створювати резюме та плани текстів, що спростить розуміння основних ідей і організацію думок. Вони також можуть бути використані для розвитку критичного мислення, аналізу інформації та генерації нових дослідницьких тем.

У груповому та дистанційному навчанні мовні моделі можуть полегшити групові обговорення, надаючи структуру для дискусій та персоналізовані рекомендації. Вони можуть також допомогти в спільному написанні проєктів, надаючи поради щодо стилю та редагування. Для дистанційного навчання вони здатні автоматично генерувати питання і завдання, адаптуючи матеріал до рівня знань студентів.

Для підтримки студентів з особливими потребами моделі можуть інтегруватися з технологіями перетворення мови в текст або тексту в мову, що допоможе у створенні інклюзивних навчальних стратегій. Однак важливо використовувати ці моделі разом із фахівцями, які можуть адаптувати технології до специфічних потреб студентів.

Професійний розвиток викладачів

Великі мовні моделі можуть підтримати викладачів у створенні планів лекцій, включаючи інклюзивні елементи, та в розробці персоналізованих навчальних матеріалів. Вони також можуть допомогти викладачам у вивченні нових методологій і технологій навчання, покращити матеріали для викладання і знайти інформацію для професійного розвитку.

Викладачі можуть використовувати ці моделі для полегшення процесу оцінювання, автоматично виділяючи сильні і слабкі сторони студентських робіт і перевіряючи на плагіат. Це може заощадити час і дозволити зосередитися на наданні індивідуального зворотного зв'язку.

Висновки

Великі мовні моделі мають потенціал значно покращити освітній процес як для студентів, так і для викладачів, забезпечуючи нові можливості для навчання, досліджень і професійного розвитку. Незважаючи на виклики, такі як упередженість і потреба в людському контролі, ці технології можуть бути корисними інструментами при правильному використанні в українських вищих навчальних закладах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. OpenAI. 2024. (Apr 2024 Version). Available online: <https://openai.com/research/overview> (accessed on 18 April 2024).
2. Floridi, L.; Chiriatti, M. GPT-3: Its Nature, Scope, Limits, and Consequences. *Minds Mach.* **2020**, *30*, 681–694. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
3. Yan, L.; Sha, L.; Zhao, L.; Li, Y.; Martinez-Maldonado, R.; Chen, G.; Li, X.; Jin, Y.; Gašević, D. Practical and Ethical Challenges of Large Language Models in Education: A Systematic Scoping Review. *Br. J. Educ. Technol.* **2024**, *55*, 90–112. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
4. Prather, J.; Denny, P.; Leinonen, J.; Becker, B.A.; Albluwi, I.; Craig, M.; Keuning, H.; Kiesler, N.; Kohn, T.; Luxton-Reilly, A.; et al. The Robots Are Here: Navigating the Generative AI Revolution in Computing Education. In *Proceedings of the 2023 Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Turku, Finland, 10–12 July 2023; ACM: Turku, Finland, 2023; pp. 108–159. [[Google Scholar](#)]
5. Вступ до великих мовних моделей LLM <https://www.oksim.ua/2023/07/20/vstup-do-velykyh-movnyh-modelej-llm/>

УДК 378

АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ВІД ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ

Ткач В.О., Войтович О.А.

Херсонський національний технічний університет

Освіта, як і будь-який процес або результат діяльності людини, має визначену якість, яка має велике значення в забезпеченні конкурентоспроможності випускників при працевлаштуванні як в Україні, так і за її межами. Якість вищої освіти починається зі вступника і залежить вона від ключових компетентностей набутих у загальноосвітніх навчальних закладах та від побудови освітнього процесу у вищих навчальних закладах, особливо здобувачів інженерно-технічних спеціальностей.

Якість потенціалу виражається в таких характеристиках, як якість мети освіти, якість освітнього стандарту, якість освітньої програми, якість матеріально-технічної бази освітнього процесу, якість викладацького складу, якість учнів, якість інформаційно-методичної бази.

Якість результату освіти – усвідомлення професіоналізму, розпізнавання та реалізація індивідуальних здібностей та особливостей, працевлаштування, кар'єра та зарплата, оволодіння методологією самоосвіти, знання, практичні навички.

Якість освіти у вищих навчальних закладах залежить від базових знань студентів, отриманих у закладах повної загальної середньої освіти (особливо при вивченні фундаментальних дисциплін, що входять у цикл як загальних, так і фахових компетентностей) та від якісної організації освітнього процесу, гарантованого виконання базових стандартів, еталонів освітньо-професійних програм та дисциплін.

Якість підготовки студентів – якісний склад студентів, визначення підготовленості студентів – показник розвиненості індивідуальних здібностей, творчого потенціалу студента; рівень сформованості ключових компетентностей; подолання багатопланового розриву, що існує між середньою та вищою освітою, підвищення ролі механізмів навчально-професійної орієнтації й мотивації молоді, здатність задовольняти попит й очікування освітніх послуг і зацікавлених учасників освітнього ринку, прагнення до постійного вдосконалення навчального процесу.

Якість освітнього процесу – це збалансована відповідність певного освітнього рівня численним потребам, цілям, умовам, затвердженим освітньо-професійним програмам відповідно до стандартів спеціальностей (визначається для виявлення причин порушення цієї відповідності та управління процесом поліпшення встановленої якості). Виражається в системі показників (нормативів) знань, умінь, навичок, норм ціннісно-емоційного ставлення до світу і один до одного, яка відбиває ступінь задоволення очікувань різних учасників освітнього процесу, від освітніх послуг, а також ступінь досягнення висунутих перед освітою мети і завдань.

Проведено аналіз підготовки студентів з предметів загальноосвітніх навчальних закладів: Історія України, Математика, Фізика та Хімія та показників результатів навчання на 1 курсі – оцінювання дисциплін: Історія та соціальна культура України, Фізика, Вища математика, Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка, Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство. Аналіз якості освіти проводився серед студентів інженерно-технічних спеціальностей в умовах дистанційного навчання в період пандемії COVID-19 та під час воєнного стану.

Висновки. Навіть дистанційне навчання потребує постійної комунікації зі здобувачами вищої освіти, що забезпечують сприятливе середовище для формування необхідних компетенцій майбутнім фахівцям. Якість навчання здобувачів інженерно-технічних спеціальностей, як правило, залежить від ключових компетентностей набутих у загальноосвітніх навчальних закладах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анненкова І.П. Критерії і показники якості освіти у ВНЗ/ І.П. Анненкова // Наука і освіта. Одеса, – 2011. – № 8. – С. 4-7. Режим доступу до ресурсу: <https://scienceandeducation.pdpu.edu.ua>
2. Курило В.С. Моделювання системи критеріїв оцінки розвитку освіти в регіоні / В. С. Курило // Педагогіка і психологія. – 1999. – № 2. – С. 35–39.
3. Коротков Е. Концепція якості освіти [Електронний ресурс] / Коротков Е.. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: <https://osvita.ua/school/method/1342/>.
4. Гаращук О.В. Якісна освіта – інструмент сталого розвитку (зарубіжний досвід та українські реалії) / О.В. Гаращук, В.І. Куценко // Науковий вісник Ужгородського національного університету. – 2019. – Випуск 23, частина 1. – С.49-55
5. Завгородня Т. К. (2020). Зарубіжний досвід моніторингу якості вищої освіти в дослідженнях вітчизняних науковців. Педагогічний альманах, (45), 165-171. <https://doi.org/10.37915/pa.vi45.65>

УДК 621.9

ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ В МЕТАЛООБРОБЦІ: ТЕРМІНОЛОГІЯ І ПРОБЛЕМАТИКА

Сапон С.П., Данильченко Ю.М., Петраков Ю.В., Охріменко О.А.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Широкі можливості для моніторингу та управління процесами механічної обробки в режимі реального часу відкривають цифрові двійники (ЦД). При максимально досконалій реалізації ЦД можуть діагностувати стан та зміни параметрів і характеристик елементів технологічної оброблюючої системи та враховувати ці зміни в керуючих діях на процес обробки.

Вперше концепцію цифрових двійників озвучив Майкл Гривз в 2002 році у курсі для керівників з управління життєвим циклом продукту у Мічиганському університеті. Гривз запропонував попередню концепцію ЦД, що складається з трьох частин: фізичного продукту, віртуального продукту та зв'язків потоків даних між ними. Відтоді і дотепер зацікавленість наукової спільноти тематикою цифрових двійників має сталу експоненційну тенденцію до зростання.

За результатами пошуку в наукометричній базі даних Scopus за словосполученням «Digital twin» в ключових словах за період з 2004 по 2024 роки виявлено 24670 публікацій. Причому 18051 статей (73%) опубліковано з 2022 по 2024 роки. Лідером серед країн є Китай, який за кількістю публікацій майже вдвічі переважає США та Німеччину. Статистика публікацій в царині металообробки з терміном «Цифровий двійник» (Digital twin) також має тенденцію до зростання. Результати пошуку за словосполученням «Digital twin» разом з іншими ключовими словами в області металообробки за 2017-2024 роки показали беззаперечне лідерство Китаю. Серед 542 виявлених публікацій понад 200 є «китайськими».

Аналіз змісту деяких публікацій дозволив виявити певні протиріччя в термінології. Частина авторів цифровим двійником називає звичайну цифрову модель, в якій обмін даними між фізичним об'єктом та віртуальним аналогом відбувається тільки вручну, а оновлення стану та синхронізація в режимі онлайн між двома об'єктами неможливе. Деякі автори за ЦД вважають "цифрову тінь" (англ. digital shadow) в якій автоматизований обмін даними відбувається тільки в одному напрямку: від фізичного об'єкта до віртуального, тому реальна система не отримує зворотного зв'язку від свого віртуального аналога. А дійсний, справжній ЦД характеризується постійним, повним, автоматизованим, двонаправленим обміном даними між фізичним і віртуальним об'єктами в режимі реального часу. Значна кількість авторів вважає фізичний об'єкт складовим елементом ЦД, що викликає протиріччя, оскільки ЦД - це фактично копія реального фізичного об'єкта і сам фізичний об'єкт не може бути складовим елементом його копії. Грунтуючись на аналізі визначень ЦД, наведених різними авторами, запропоновано формулювання визначення поняття «цифровий двійник» для виробу, процесу або системи.

Цифровий двійник виробу (системи, процесу) - це віртуальне представлення виробу (системи, процесу) у вигляді цифрової моделі, яка максимально точно відображає його будову і функціонування, з'єднана постійно діючими двосторонніми інформаційними зв'язками з реальним фізичним об'єктом і (або) його складовими частинами та використовується для моделювання, аналізу, управління станом та поведінкою фізичного об'єкта (виробу, системи, процесу) в реальних умовах функціонування, у режимі реального часу протягом всього життєвого циклу виробу (системи, процесу).

На основі запропонованого визначення сформульовано концептуальні ознаки ЦД в галузі механічної інженерії. На прикладі цифрового двійника шпиндельного вузла представлено його концептуальну структуру та складові компоненти. Закцентовано увагу, що ЦД є інтегрованою мультифізичною, мультимасштабною, мультидисциплінарною, гіперреалістичною, динамічною, імовірнісною імітаційною моделлю, яку можна використати для моніторингу, діагностики, прогнозування й управління поведінкою об'єкта в реальних умовах його функціонування, у режимі реального часу протягом всього життєвого циклу виробу (системи), як фізичного об'єкта. Розкрито сутність функціональних характеристик ЦД, критерії які визначають виконання ЦД своїх функцій.

Проаналізовано сучасний стан, перспективність, проблематику створення і досліджень цифрових двійників в механічній інженерії, зокрема в області діагностики, процесів механічної обробки металів, різального інструменту, технологічного обладнання та його окремих компонентів. Суттєвою складністю при створенні ЦД процесів механічної обробки є необхідність у високоточному моделюванні, інтеграції, верифікації та взаємоузгодженості мультимасштабних, мультифізичних моделей, забезпечуючи при цьому їх взаємопов'язаність для оперативного обміну даними. До того ж створення ЦД будь-яких динамічних систем не може вважатися повністю завершеним процесом, оскільки модель ЦД буде постійно уточнюватися і оновлюватися до моменту припинення існування системи.

У підсумку слід відзначити низку проблемних моментів, які неминуче виникатимуть при створенні ЦД. По-перше, процеси механічної обробки в абсолютній більшості характеризуються стохастичністю, нелінійністю та певною невизначеністю зовнішніх та внутрішніх чинників, які на них впливають, тому побудова з високою точністю моделей, які формуватимуть архітектуру моделі ЦД у віртуальному просторі та необхідність постійної підтримки максимальної корельованості цифрової моделі з фізичним об'єктом є фундаментальною проблемою. Крім того виникнення невідповідностей між моделями та реальними об'єктами і процесами важко оперативно відстежувати і, як наслідок, ефект від використання моделей знижується. По-друге створення ЦД неможливе без фундаментальної бази знань про фізику процесів, що відбуваються у об'єкті протягом його експлуатації. При цьому враховувати необхідно не тільки різні фізичні процеси, а й їх взаємний вплив. А оскільки більшість сучасних систем металообробки містять механічні, електричні, гідравлічні (пневматичні) та інші компоненти повноцінне описання закономірностей їх функціонування і адекватне моделювання неможливе без міждисциплінарного моделювання. Третім проблемним моментом є необхідність забезпечення безперервного обміну інформацією між фізичним об'єктом та його цифровою моделлю з мінімальною затримкою між моментом виникнення явища, отриманням інформації про нього і управляючою дією. Регулярність оновлення інформаційних сигналів характеризує частота дискретизації. А оскільки цифрові моделі двійника повинні оновлюватися протягом усього життєвого циклу фізичного об'єкта, дані від сенсорів і моделей генеруються безперервно. Відповідно постає задача опрацювання, обміну та інтеграції безперервно зростаючих обсягів даних в режимі онлайн. Цей аспект є ключовим для реалізації ЦД, оскільки цифровим двійником може вважатися тільки система, що працює в режимі реального часу. Ще одним проблемним моментом в створенні ЦД процесів механічної є те, що джерел походження вібраційних сигналів може бути декілька, що породжує необхідність в розробці більш досконалих методів та алгоритмів обробки цифрових сигналів для точнішого визначення джерела їх походження і, як наслідок, стану процесу обробки та елементів технологічної оброблюючої системи.

Окреслені в даних тезах доповіді проблемні моменти при створенні ЦД є лише результатом опрацювання частини публікацій у відкритому доступі і не претендують на повноту і абсолютну істинність. Автори запрошують колег до відкритої конструктивної

дискусії стосовно термінології та до співпраці для подолання існуючої проблематики створення цифрових двійників в процесах механічної обробки матеріалів.

УДК 62-231:621.9.04

ПРОСТОРОВА ЖОРСТКІСТЬ ВЕРСТАТА З ДВОХКООРДИНАТНИМ МЕХАНІЗМОМ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

Кириченко А.М., Амірсеїдов М.Е.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Верстат з двохкоординатним механізмом паралельної структури (ДМПС) згідно [1] характеризується конструктивною простотою і не має обмежень на довжину робочої зони. Кінематичні залежності верстата з ДМПС проаналізовано у [2]. Оскільки просторова жорсткість механізмів паралельної структури визначає точність і продуктивність обробки на верстатах [3], актуальною задачею є теоретичне визначення жорсткості верстата з ДМПС та аналіз шляхів її підвищення.

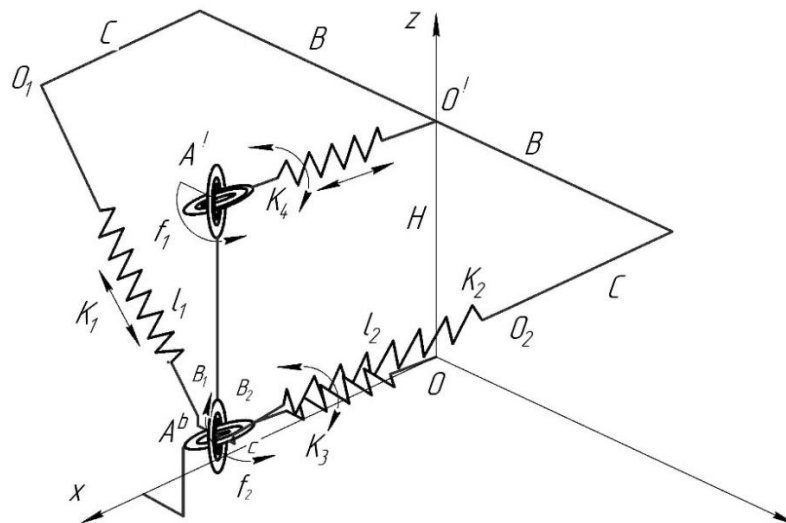


Рисунок 1 – Схема до розрахунку жорсткості верстата з ДМПС

Для визначення просторової жорсткості верстата з ДМПС використано метод синтезу жорсткості з простих пружин [4]. Ланки механізму можна представити у вигляді простих пружин, які працюють на стиск-розтяг та сприймають обертальні моменти у взаємно перпендикулярних площинах (рис. 1). Матриця жорсткості механізму паралельної структури, який складається з m ланок, дорівнює сумі матриць жорсткості усіх його ланок

$$K = \sum_{i=1}^m k_i \mathbf{w}_i \mathbf{w}_i^T \quad (1)$$

де k_i – коефіцієнт лінійної або крутильної жорсткості, $\mathbf{w}_i$ – шестивимірний вектор, який для лінійних пружин дорівнює $\mathbf{w} = \begin{bmatrix} n \\ r \times n \end{bmatrix}$, а для пружин кручення $\mathbf{w}_i = \begin{bmatrix} 0 \\ n_i \end{bmatrix}$ пружини, n_i – одиничний вектор, що задає напрямок пружини, r_i – вектор, що задає розташування довільної точки на лінії дії пружини – визначаються з геометричних співвідношень механізму та поточних координат робочого органа).

Для узагальненого ДМПС визначено кінематичні залежності, розраховано вектори напрямку штанг $\mathbf{n}_i$ та шестивимірні вектори $\mathbf{w}_i$, які разом з характеристиками жорсткості k_i ланок механізму дали можливість визначити матрицю просторової жорсткості, лінійну та крутильну жорсткість робочого органа у кожній точці робочого простору (рис. 2).

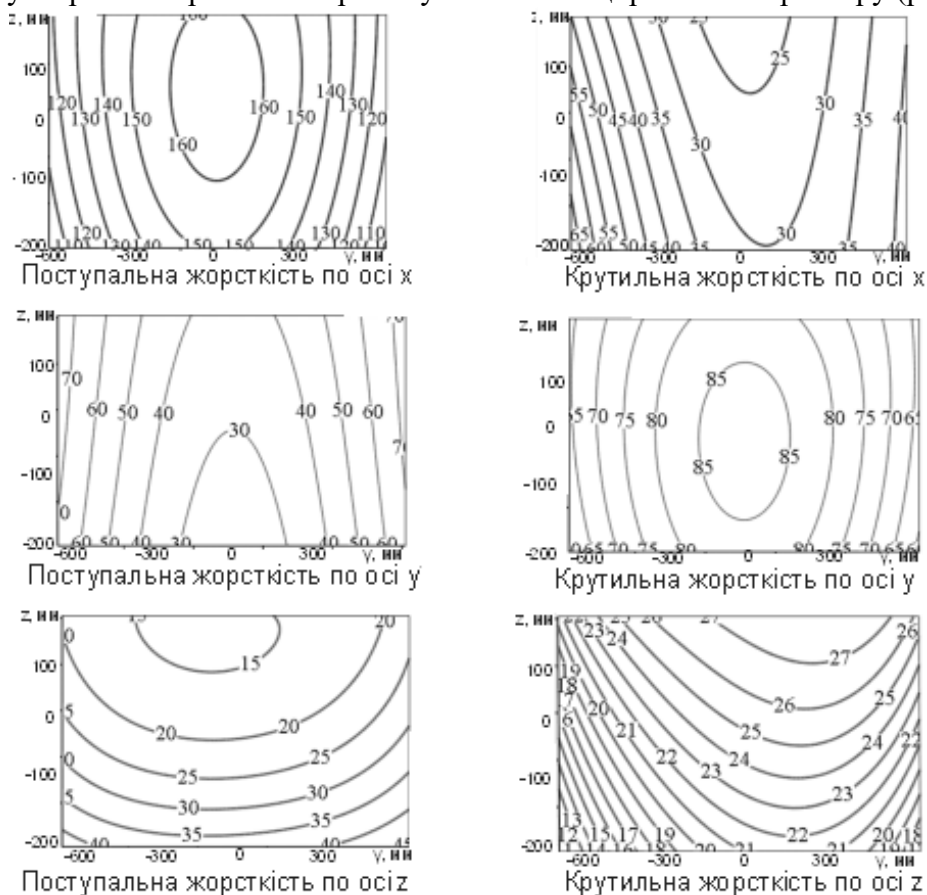


Рисунок 2 – Розподіл жорсткості у робочому просторі верстата з ДМПС

Висновки. За допомогою методу синтезу з простих пружин визначено матрицю просторової жорсткості, лінійну та крутильну жорсткість робочого органа у робочому просторі верстата з ДМПС. Встановлено, що найбільшими є поступальна жорсткість у напрямку осі X та крутильна жорсткість відносно осі Y. Необхідні подальші дослідження з визначення шляхів підвищення жорсткості та оптимізації розподілу жорсткості у робочому просторі верстата з ДМПС.

ЛІТЕРАТУРА

17. Пат. на корисну модель 35361 Україна, МПК В23В 41/00. Верстат / А.М. Кириченко, Ю.В. Лебедєв, С.М. Заїка, Л.В. Ленченко. – заявник і патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-т. – № u200805562 ; заявл. 29.04.2008 ; опубл. 10.09.2008 ; Бюл. № 17. – 2 с. : іл.
18. Кириченко А. М. Аналіз кінематики верстата з двохкоординатним механізмом паралельної структури «біпод» / А. М. Кириченко, Л. В. Ленченко, А. М. Заїка // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль : ТДТУ, 2008. – № 2. – С. 74-81.
19. Кириченко А. М. Показники жорсткості верстатного обладнання з паралельною кінематикою / А. М. Кириченко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві,

галузеve машинобудування, автоматизація. – Кіровоград : КНТУ, 2009. – Вип. 22. – С. 272-282.

20. Струтинський В. Б. Математичний апарат векторів шостого порядку для розрахунків жорсткості просторових механізмів паралельної структури / В. Б. Струтинський, А. М. Кириченко // Вісник Сумського державного університету. Серія «Технічні науки». – Суми : СумДУ, 2010. – № 2. – С. 142-154.

Наукове електронне видання

МАТЕРІАЛИ

***VIII-ої Міжнародної науково-практичної конференції
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ - 2024***

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

17–19 вересня 2024 року

(м. Херсон, м. Хмельницький)

ISBN 978-617-8187-33-0 (електронне видання)



Роботи друкуються в авторській редакції.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації.

Наукова редакція – Дмитрієв Д. О.

Адреса редакції:

Херсонський національний технічний університет
29016, Україна, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11
Тел. +380956744933

Підписано до видання 04.10.2024 р. Формат 60×84/8.
Гарнітура Times. Ум. друк. арк. 23,15. Обл.-вид. арк. 24,89.
Замовлення № 3116.

Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В.С.

Свідоцтво про внесення до державного реєстру суб'єктів видавничої справи:
серія ХС №48 від 14.04.2005 р., видано Управлінням у справах преси та інформації
73000, Україна, м.Херсон, вул. Соборна, 2,
тел. +38050-133-10-13, e-mail: printvvs@gmail.com