

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Сучасні технології  
у промисловому виробництві**

**МАТЕРІАЛИ**

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
ВИКЛАДАЧІВ, СПІВРОБІТНИКІВ,  
АСПІРАНТІВ І СТУДЕНТІВ  
ФАКУЛЬТЕТУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ  
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
(Суми, 18–21 квітня 2017 року)**

**ЧАСТИНА 1**

**Конференція присвячена Дню науки в Україні**

Суми  
Сумський державний університет  
20 17

УДК 001.891 (063)  
С91

Редакційна колегія:

відповідальний редактор – кандидат технічних наук, доцент  
О. Г. Гусак;

заступник відповідального редактора – кандидат технічних наук,  
доцент В. Г. Євтухов

Члени редакційної колегії:

кандидат хімічних наук, доцент С. Б. Большанина; кандидат  
технічних наук, доцент С. М. Ванєєв; доктор технічних наук,  
професор В. О. Залога; кандидат технічних наук, професор  
І. Б. Карінцев; кандидат технічних наук, професор  
І. О. Ковальов; кандидат технічних наук, доцент  
А. В. Загорулько; доктор технічних наук, професор  
К. О. Дядюра; доктор технічних наук, професор Л. Д. Пляцук;  
доктор технічних наук, професор В. І. Склабінський

С91 **Сучасні** технології у промисловому виробництві:  
матеріали науково-технічної конференції викладачів,  
співробітників, аспірантів і студентів факультету техніч-  
них систем та енергоефективних технологій (м. Суми,  
18–21 квітня 2017 р.) : у двох частинах / редкол.:  
О. Г. Гусак, В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський  
державний університет, 2017. – Ч. 1. – 183 с.

**УДК 001.891 (063)**

До збірника ввійшли тези та матеріали доповідей, у яких наведені  
результати наукових досліджень студентів, аспірантів та викладачів  
факультету технічних систем та енергоефективних технологій СумДУ та  
інших ВНЗ України. Збірник може бути корисним для викладачів, аспірантів  
і студентів ВНЗ, а також інженерів галузей загального та хімічного  
машинобудування.

© Сумський державний університет, 2017

## *Шановні пані та панове!*

Деканат та кафедри факультету технічних систем та енергоефективних технологій Сумського державного університету запрошують Вас узяти участь у роботі науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів.

Конференція відбудуватиметься з 18 по 21 квітня 2017 року.

Час та місце роботи секцій, які Вас цікавлять, наведені в програмі.

Адреса університету: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

Телефон для довідок 33-10-24.

## ***Відкриття конференції***

18 квітня 2017 р.

Початок о 12<sup>50</sup>, ауд. А 215.

**Програма і завдання конференції. Розповсюдження тез доповідей по секціях.**

**Голова оргкомітету**

**доц. Гусак О. Г.**

## ***Робота по секціях***

### **СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ»**

Голова – доц. Д. В. Криворучко.

Секретар – ст. викладач В. О. Колесник

20 квітня 2017 р.

Початок о 9<sup>50</sup>, ауд. Т-203.

1. Технологічні заходи забезпечення роботоздатності деталей тертя поліграфічного устаткування.

Доп.: Віцюк Ю. Ю., доцент, НТУУ «КПІ», м. Київ;  
Пташенчук В. В. ст. викладач, Луцький НТУ, м. Луцьк.

2. Сучасний методологічний підхід до технологічного керування точністю поверхонь обертання на операціях механічного оброблення.

Доп.: Денисюк В. Ю., доцент, Симонюк В.П., доцент,  
Луцький НТУ, м. Луцьк.

3. Позиціонування елементів системи «верстатний пристрій – заготовка».

Доп.: Дрофа К. А., студент гр.ТМм-62.  
Кер.: Іванов В. О., доцент; Павленко І. В., доцент.

4. Аналіз можливостей спрямованого формування показників якості деталей на механообробних операціях.

Доп.: Заблоцький В. Ю., доцент, Луцький НТУ, м. Луцьк.

5. Математичне моделювання процесу переналадження базуючого модуля.

Доп.: Кармаза А. І., студент гр. ТМ.м-62,  
Чигрин С. О., студент гр. КМ-31.  
Кер.: Іванов В. О., доцент, Павленко І. В., доцент,  
Дегтярьов І. М., викладач-стажист.

6. Класифікація опорних елементів верстатних пристроїв.  
Доп.: Кравченко Е. Ю., студент гр. ТМ.м-51,  
Чигрин С. О., гр. КМ-31 студент.  
Кер.: Іванов В. О., доцент, Павленко І. В., доцент.
7. Класифікація деталей типу шатунів.  
Доп.: Ломако П. М., студент гр. ТМ.м-51,  
Кер.: Іванов В. О., доцент.
8. Технологічне керування точністю поверхонь обертання на операціях механічного оброблення.  
Доп.: Олексин М. В., аспірант, Ештеїві А. М., аспірант.  
Кер.: Марчук І. В., ст. викладач, Луцький НТУ, м. Луцьк.
9. Вимірювання температури в зоні різання при обробленні переривчастим абразивним інструментом.  
Доп.: Мороз С. А, доцент, Пташенчук В.В., ст. викладач,  
Луцький НТУ, м. Луцьк.
10. Експериментальне дослідження процесу обкатування кулькою циліндричних поверхонь деталей машин.  
Доп.: Овилко Н. В., магістрант гр. ТМ.м-61,  
Сахно М. М., магістрант гр. ТМ.м-61.  
Кер.: Євтухов А. В., доцент.
11. Особенности моделювання шероховатой поверхності, оброблюваної методами поверхностного пластического деформування.  
Докл.: Одинцов А. В., магістрант гр. ТМ.м-61.  
Рук.: Євтухов А. В., доцент, Савчук В. И., доцент.
12. Про вибір критерію структурно-параметричної оптимізації технологічного процесу виготовлення деталі.  
Доп.: Отенко Я. Г.О, магістрант гр. ТМм-61,  
Лемешко Є. М., магістрант гр. ТМм-61.  
Кер.: Євтухов А. В., доцент.
13. Підвищення точності форми поверхонь глухих хромованих отворів шляхом оптимізації режимів обробки хонінгуванням.  
Доп.: Волченко В. В., магістрант гр. ТМмз-62с.  
Кер.: Савчук В. І., доцент.
14. Эффективность использования профильных соединений с равноосным контуром.  
Докл.: Дмитренко В. С., магістрант гр. ТМ.м-51.  
Рук.: Євтухов В. Г., доцент.

15. Удосконалення технології виробництва деталі «кришка торцева» насосу ЦН 63-1400.

Доп.: Калиновський Д. Ю., магістрант гр. ТМ.м-61.

Кер.: Евтухов В. Г., доцент.

16. Оптимізація технологічного процесу виготовлення деталі «Shaft A210-8710С».

Доп.: Бова І. О., магістрант гр. ТМ.м-61.

Кер.: Евтухов В. Г., доцент.

17. Дослідження теплових процесів при свердлуванні з внутрішнім підводом мастильно-охолоджувальної рідини.

Доп.: Кононенко О. С., студент.

Кер.: Анісімов В. В., асистент,

Анісімов В. М., професор, ДВНЗ УДХТУ, м. Дніпро.

18. Вплив азототитаноалітування твердого сплаву ВК8 на його експлуатаційні властивості.

Доп.: Миколайчук О. І., Савчук О. В., студенти гр. ФТ-31.

Кер.: Калашніков Г. Ю., аспірант,

Хижняк В. Г., професор, НТУУ «КПІ», м. Київ.

19. Система пошуку електронних видань стандартів для ріжучого інструмента «свердло».

Доп.: Ахтирцев В. М., магістрант гр. ТМ.м-51.

Кер.: Руденко О. Б., ст. викладач.

20. Основні напрями верстки при створенні електронного видання для підвищення зручності користування ним.

Доп.: Подлесний А. В., магістрант гр. ТМ.м-51.

Кер.: Руденко О. Б., ст. викладач.

21. Определение усилий, развиваемых винтовым клином вспомогательной опоры.

Докл.: Юрченко В. С., магістрант гр. ТМм-61.

Рук.: Кушников П. В., доцент.

22. Определение жесткости фрезы с помощью ручного пружинного динамометра.

Доп.: Тонченко А. С., магістрант гр. ТМм-61.

Кер.: Кушников П. В., доцент.

23. Автоматизированная система выбора заготовок из проката для изготовления деталей на обрабатывающих центрах. Рациональный выбор заготовок для фрезерной обработки.

Докл.: Заманов М. С., студент гр. МШ-316.

Рук.: Добротворский С. С., профессор, НТУ «ХПИ», г. Харьков.

24. Проблемы обработки глубоких отверстий в деталях типа метчик бурильный универсальный.

Докл.: Белоусов Н. А., студент гр. МШ-13В.

Рук.: Иванова М. С., доцент, НТУ «ХПИ», г. Харьков.

25. Улучшение рабочих характеристик среднемодульных зубчатых передач, полученных на зубофрезерном станке с числовым программным управлением.

Докл.: Сеница Ю. А., студент.

Рук.: Клочко А. А., профессор, НТУ «ХПИ», г. Харьков.

## **СЕКЦІЯ «ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ»**

Голова – проф. В. О. Залого.

Секретар – доц. М. М. Коротун

20 квітня 2017 р.

Початок о 9<sup>50</sup> ауд. Т203.

1. Вдосконалення процесів складальних робіт.

Доп.: Кочура В. Ю., магістрант, гр. ТМ.мз-62с.

Кер.: Швець С. В., доцент.

2. Моделювання умов експлуатації спіральних свердел.

Доп.: Лиштван А. В., магістрант, гр. ТМм-61.

Кер.: Швець С. В., доцент.

3. Метод скінчених елементів при точінні конструкційних сталей.

Доп.: Лавренко М. В., магістрант, гр. ТМм-61.

Кер.: Швець С. В., доцент.

4. Конструювання та виготовлення чотирьохкоординатного гоніометра.

Доп.: Басов Б. С., студент, гр. ІМ-51.

Кер.: Криворучко Д. В., професор, Коротун М. М., доцент.

5 Використання нечіткої логіки при виборі металообробного обладнання.

Доп.: Жигаєва Д. Ю., магістрант, гр. ВІм-51.

Кер.: Алексеев О. М., професор.

6. Використання генетичних алгоритмів для планування випуску продукції інструментального виробництва.

Доп.: Требухов Д. В., магістрант, гр. ВІМ-51.  
Кер.: Алексєєв О. М., професор.

7. Автобалансування шпиндельного вузла верстата.

Доп.: Холявка С. В., магістрант, гр. ВІМ-61.  
Кер.: Коротун М. М., доцент,  
Шаповал Ю.В., викладач – стажист.

8. Исследование точности изготовления деталей на зубообрабатывающих станках, работающих методом обкатки.

Докл.: Михно И. В., магістрант, гр. ВІМ-51.  
Рук.: Емельяненко С.С., доцент.

9. Исследование схем шпиндельных узлов металлорежущих станков.

Докл.: Пимоненко А. В., магістрант, гр. ВІМ-51.  
Рук.: Емельяненко С. С. доцент.

10. Технологія обробки круглої зовнішньої різьби.

Доп.: Агєєва Є. А., студентка, гр. ВІ-31.  
Кер.: Довгополов А. Ю., аспірант, Некрасов С. С., доцент.

## **СЕКЦІЯ «СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ»**

Голова – проф. В. О. Залога.  
Секретар – доцент О. В. Івченко

21 квітня 2017 р.

Початок о 9<sup>00</sup>, ауд. ЛА 208.

1. Застосування менеджменту ризику в органах сертифікації систем управління.

Доп.: Батюк Н. І., студент гр. СТ.м-61.  
Кер.: Савченко Е. С., аспірант, Івченко О. В., доцент.

2. Оцінка ефективності застосування інтегрованих систем управління на підприємстві.

Доп.: Павлова А. С., студент, Єстаф'єва Є. О., аспірант.  
Кер.: Дядюра К. О., професор.



3. Метрологічне забезпечення підготовки промислового виробництва.  
Доп.: Єфіменко Н. А., професор, ЧНУ, м. Черкаси.
4. До питання стабілізації метрологічних параметрів міксерів донорської крові.  
Доп.: Кайдик О. Л., доцент, Терлецький Т. В., доцент,  
Луцький НТУ, м. Луцьк.
5. Определение сложности тестовых заданий для повышения качества образования студентов инженерных специальностей.  
Докл.: Коновалова Н. А., аспирант.  
Рук.: Алексеев А. Н., профессор.
6. Повышение эффективности процессов деятельности торгово-сервисного предприятия.  
Докл.: Кривошея С. А., аспирант.  
Рук.: Дядюра К. А., профессор.
7. Удосконалення нормативної документації на комбіновані матеріали для пакування харчових продуктів.  
Доп.: Кузьменко А. В., студент гр. СТ.мз-62с.  
Кер.: Денисенко Ю. О., ст. викладач.
8. Системний підхід до вдосконалення організації охорони праці на машинобудівному підприємстві.  
Доп.: Мартиненко Т. В., студент гр. СТ.мз-62с.  
Кер.: Денисенко Ю. О., ст. викладач.
9. Валідація, як метод забезпечення якості у фармацевтичній промисловості.  
Доп.: Медушевський С. В., аспирант, ЧНУ, м. Черкаси.
10. Сучасні проблеми сертифікації систем управління лісовим господарством.  
Доп.: Павлова А. С., студент, група СТ.м-61,  
Дмитрієва Н. В., інженер.  
Кер.: Івченко О. В., доцент.
11. Застосування FMEA – аналізу для поліпшення якості продукції.  
Доп.: Приходько О. М., аспирант.  
Кер.: Ванько В. М., професор, НУ «Львівська політехніка»,  
м. Львів.
12. Степень соответствия требованиям международных стандартов ISO 9001 и ISO 14001.  
Докл.: Раджаб Заде Мортеза, профессор, Иран,  
Сущенко Н. В., инженер, СумГУ, г. Сумы, Украина.  
Рук.: Залога В. А., профессор, СумГУ, г. Сумы, Украина.

13. Дослідження показників якості олії при зберіганні після дезодорації.  
Доп.: Старинський А. А., студент гр. СТ.м-61.  
Кер.: Денисенко Ю. О., ст. викладач.
14. Удосконалення нормативного забезпечення вимірювань при виробництві труб.  
Доп.: Тимошенко Б. М., студент гр. СТ.м-61.  
Кер.: Денисенко Ю. О., ст. викладач.
15. Аналіз способів технологічного забезпечення регламентованих показників якості функціональних поверхонь.  
Доп.: Дахнюк О. П., аспірант.  
Кер.: Ткачук А. А., ст. викладач, Луцький НТУ, м Луцьк.
16. Оцінювання ризиків при виготовленні майонезу.  
Доп.: Цебро С. В., студент гр. СТ.м-61.  
Кер.: Денисенко Ю. О., ст. викладач.
17. Актуальність управління ризиками у системі управління охороною праці.  
Доп.: Черняк О. М., аспірант.  
Кер.: Тріш Р. М., професор, УІПА, м. Харків.
18. Удосконалення процесного підходу для управління якістю продукції машинобудівного підприємства  
Доп.: Яшина Т. В., аспірант, СумДУ, м. Суми.  
Кер.: Динник О. Д., доцент, КІ СумДУ, м. Конотоп,  
Залога В. О., професор, Івченко О. В., доцент,  
СумДУ, м. Суми.

## **СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

Голова – проф. К. О. Дядюра.  
Секретар – доц. О. П. Гапонова

15 квітня 2015 р.

Початок о 9<sup>50</sup>, ауд. Ц-218.

1. Дослідження закономірностей формування структури та експлуатаційних властивостей зносостійких композиційних матеріалів.  
Доп.: Прийменко Б. Ю., магістрант гр. МТм-51.  
Кер.: Дядюра К. О., професор.
2. Вакуумно-дугове модифікування поверхні різальних інструментів.  
Доп.: Воскобойник М. В., магістрант гр. МТм-51.  
Кер.: Дядюра К. О., професор.

3. Підвищення експлуатаційних властивостей ріжучого інструменту при нанесенні покриттів магнетронним розпиленням.  
Доп.: Сметанін Р. С., магістрант гр. МТм-51,  
Надточій К. Ю., студентка гр. МТ-31.  
Кер.: Говорун Т. П., доцент.
4. Покриття на основі TiN/ZrN для виробів машинобудування і різального інструменту.  
Доп.: Перерва В. І., Голофост М. С. студенти гр. МТ-41.  
Кер.: Говорун Т. П., доцент.
5. Зносостійкі покриття для ріжучих інструментів на основі Мо, Сг та N.  
Доп.: Горбачова Т. Ю., студентка гр. МТ-41.  
Кер.: Говорун Т. П., доцент.
6. Карбохромування у порошковій суміші при одночасному насиченні вуглецем і хромом.  
Доп.: Міняйло А. М., Власова А. С. магістранти гр. МТм-51.  
Кер.: Дегула А. І., доцент.
7. Формування комплексних боридних шарів на інструментальних сталях.  
Доп.: Єчко Л. А., студентка гр. МТ-41,  
Охріменко В. О., студент гр. МТ-31.  
Кер.: Гапонова О. П., доцент.
8. Особливості структуроутворення бор-хромових та бор-мідних покриттів на інструментальних сталях.  
Доп.: Охріменко В. О., студент гр. МТ-31.  
Кер.: Гапонова О. П., доцент.
9. Дослідження впливу режимів термічної і термомеханічної обробок на експлуатаційні властивості штампових сталей.  
Доп.: Самсоненко Т. Ю., магістрант гр. МТм-51.  
Кер.: Гапонова О. П., доцент.
10. Дослідження зносостійкості деталей та матеріалів триботехнічного призначення, що працюють в умовах підвищених температур, після хіміко-термічної обробки, дифузійної металізації, нанесення покриття методом катодно-іонного бомбардування і електроіскрового легування.  
Доп.: Бібік В. І, магістрант гр. МТм-51.  
Кер.: Руденко Л. Ф., ст. викладач.

11. Дослідження і розробка методів підвищення працездатності матеріалу колеса насоса ГЦН, що працює в умовах кавітації, корозії і радіаційному середовищі.

Доп.: Рибальченко Ю. О., магістрант гр. МТм-51.  
Кер.: Руденко Л. Ф., ст. викладач.

12. Комплексний підхід до підбору матеріалів і методу зміцнення основних вузлів сальникового ущільнення кисневого компресора.

Доп.: Устименко М. С., магістрант гр. МТм-51.  
Кер.: Руденко П. В., асистент.

13. Технології забезпечення економіко-технологічних процесів.

Доп.: Кочура В. О., студент гр. МТ-31.  
Кер.: Руденко П. В., асистент.

14. Розробка перспективного методу виготовлення матриці.

Доп.: Безкостий І. М., студент гр. МТ-31.  
Кер.: Руденко Л. Ф., ст. викладач.

15. Дослідження експлуатаційних властивостей покриттів отриманих іонно-плазмовим азотуванням.

Доп.: Булига К. С., магістрант гр. МТм-51.  
Кер.: Марченко С. В., доцент.

16. Застосовування хіміко-термоциклічної обробки для валів зі сталі 25ХГТ.

Доп.: Мірошніченко О. М., магістрант гр. МТм-51,  
Лупирь О. В., студент гр. МТ-31.  
Кер.: Говорун Т. П., доцент.

17. Перспективність застосування силхромів при виготовленні впускних клапанів ДВЗ.

Доп.: Чернякова М. Р., студентка гр. МТ-31.  
Кер.: Харченко Н. А., доцент.

18. Подушка гідропляти, умови роботи та методи зміцнення.

Доп.: Руденко П. Л., студент гр. МТ-31.  
Кер.: Руденко П. В., асистент.

19. Технології забезпечення економіко-технологічних процесів.

Доп.: Василега В. А., студент гр. МТ-31.  
Кер.: Марченко С. В., доцент.

20. Удосконалення технології підвищення зносостійкості деталей машин електроіскровим легуванням.

Доп.: Ніколаєнко А. С., студент гр. МТ-31.  
Кер.: Гапонова О. П., доцент.

## СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ НАУКИ»

Голова – доц. С. Б. Большаніна  
Секретар – ст. лаб. О. Г. Дерев'янку

20 квітня 2017 р.

Початок о 13<sup>30</sup>, ауд. Ц-308.

1. Мембранний електроліз в процесах регенерації розчинів, що містять  $\text{Cr}^{6+}$ .  
Доп.: Рибалко М. А., Ляховка А. В., студенти гр. I-62.  
Кер.: Большаніна С. Б., доцент.
2. Синтез плівок на основі альгінату та желатину з додаванням стрептоциду.  
Доп.: Ковшун А. В., Сандюк А. Ф., студенти гр. ЛС 613;  
Кириченко О. М., зав. навч. лабораторії.  
Кер.: Большаніна С. Б., доцент.
3. Очищення гальванічних розчинів.  
Доп.: Кириченко О. М., зав. навч. лабораторії.
4. Синтез гранулированных біоматеріалов на основе альгината и гидроксипатита с добавлением ионов серебра.  
Докл.: Чубур В. С., Умник И. В., Сипко И. А.,  
студенты гр. ТС-41.  
Рук.: Воробьева И. Г., доцент.
5. Утворення плівок на основі альгінату натрію, желатину та фурациліни з додаванням іонів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Zn}^{2+}$ .  
Доп.: Руденко К. О., Голубов В. І., студенти гр. ЛС 611;  
Кириченко О. М., зав. навч. лабораторії.  
Кер.: Яновська Г. О., асистент.
6. Синтез гранульованих біоматеріалів на основі альгінату та гідроксипатиту з додаванням іонів магнію.  
Доп.: Мосьпан А. Б., студентка гр. ТС-41.  
Кер.: Яновська Г. О., асистент.
7. Механізм утворення амелоїду білком S100A9.  
Доп.: Сулскіс Д., студент, Вільнюський університет,  
м. Вільнюс, Литва;  
Морозова-Рош Л. А., професор, Університет Умео,  
м. Умео, Швеція.  
Кер.: Яцішин І. О., асистент, СумДУ, м. Суми, Україна.
8. Розрахунок концентрації розчинів сульфатної кислоти.  
Доп.: Мосьпан А. Б., студентка гр. ТС-41.  
Кер.: Лебедев С. Ю., доцент.

9. Морфологія поверхні плівок  $Zn_2SnO_4$  отриманих хімічним методом спреї-піролізу.

Доп.: Салогуб А. О., студентка гр. ФЕ.м-61;  
Кер.: Опанасюк А. С., професор.  
Манжос О. П., доцент.

10. Хімія гемоглобіну.

Доп.: Кіяшко Ю. М., Тверезовська А. І., студенти гр. ЛС 612.  
Кер.: Ліцман Ю. В., доцент.

11. Причины необычных вкусовых пристрастий.

Докл.: Бадер Моса Мохаммад Ахмад, студент гр. ЛС 626.  
Рук.: Дыченко Т. В., ст. преподаватель.

12. Синтез 7-амино-3-трет-бутил-8-(2Н-тетразол-5-ил)пиразоло[5,1-с]1,2,4-триазин-4(6R)-она и кинетические исследования.

Докл.: Григорьева Е. В., Ефремова А. Н., студенты гр. ХО-316.  
Рук.: Миронович Л. М., профессор, ЮЗГУ, г. Курск, Россия.

13. Определение растворения лекарственного препарата метронидазола.

Докл.: Агафонова О. А., магистрантка.  
Рук.: Миронович Л. М., профессор, ЮЗГУ, г. Курск, Россия.

## **СЕКЦІЯ «ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ, КОМП'ЮТЕРНА МЕХАНІКА»**

Голова – проф. В. А. Марцинковський.  
Секретар – зав. лаб. С. О. Міщенко

19 квітня 2017 р.

Початок об 11<sup>25</sup>, ауд. Н-112.

1. Различные приемы нахождения центра тяжести в сложных, плоских сечениях. Сопоставление усилий в плоском кронштейне.

Докл.: Моисеенко В. С., ученица,  
Трифонов К. Д., ученик, Центр детского и  
юношеского творчества, г. Белополье.  
Рук.: Смирнов В. А., директор, Центр НТТУМ,  
СумГУ, г. Сумы.

2. Изучение условий прочности и типов задач деформации поперечного изгиба и осевого сжатия, растяжения.

Докл.: Тарасенко Д. ученица, школа № 5, Центр  
внешкольного образования, г. Лебедин.  
Рук.: Смирнов В. А. директор, Центр НТТУМ,  
СумГУ, г. Сумы.

3. Определение опорных реакций в жестком закреплении пространственного ломаного бруса.

Докл.: Яковчук В. В., ученица, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье,  
Безкровная А., ученица, школа № 5, Центр  
внешкольного образования, г. Лебедин.  
Рук.: Смирнов В. А., директор, Центр НТТУМ,  
СумГУ, г. Сумы.

4. Методика определения опорных реакций в плоских системах произвольно расположенных и сходящихся сил.

Докл.: Пономаренко А. Д. ученик, Усик А. М., ученик,  
Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье.  
Рук.: Смирнов В. А., директор Центра НТТУМ,  
СумГУ, г. Сумы.

5. Дослідження впливу тріщин на міцність корпусу відцентрового компресора.

Доп.: Тимченко Д. В., студентка гр. КМ.м-61.  
Кер.: Гудков С. М., доцент.

6. Комп'ютерне моделювання і числовий розрахунок динаміки ротора відцентрового компресора.

Доп.: Вербовий А. Є., студент гр. КМ-31.  
Кер.: Павленко І. В., доцент.

7. Урахування тертя на криволінійних ділянках при дослідженні руху матеріальної точки.

Доп.: Голохвост О. О., студент гр. 304-х, МК СумДУ.  
Кер.: Павленко І. В. доцент, СумДУ.

8. Метод послідовних наближень в задачах нарисної геометрії.

Доп.: Капанайко В. С., студент гр. ІМ-51.  
Кер.: Павленко І. В., доцент.

9. Застосування комп'ютерних засобів для дослідження динаміки механічної системи «верстатний пристрій – заготовка».

Доп.: Курилов Б. М., студент гр. КМ.м-51.  
Кер.: Павленко І. В., доцент, Іванов В. О., доцент.

10. Дослідження прогину балки шляхом розв'язання нелінійного рівняння пружної осі.

Доп.: Олійник Я. О., студент гр. 304-х, МК СумДУ.  
Кер.: Павленко І. В., доцент, СумДУ.

11. Вивчення законів механіки із застосуванням віртуального ігрового середовища.  
Доп.: Радько А. Д., студент гр. 302-о, МК СумДУ.  
Кер.: Павленко І. В., доцент, СумДУ.
12. Чисельне моделювання напружено-деформованого стану опорних елементів верстатних пристроїв.  
Доп.: Чигрин С. О., студент гр. КМ-31,  
Кравченко Е. Ю., студент гр. ТМ.м-51.  
Кер.: Павленко І. В., доцент, Іванов В. О., доцент.
13. Исследование устойчивости вращения ротора центробежного компрессора на магнитном подвесе.  
Докл.: Тартагашев М. Д., студент гр. КМ-31.  
Рук.: Симоновский В. И., профессор.
14. Анализ нелинейных колебаний ротора центробежного насоса.  
Докл.: Санин А. И., студент гр. КМ.м-51.  
Рук.: Симоновский В. И., профессор.
15. Исследование особенностей динамики ротора турбокомпрессора ГПА.  
Докл.: Грицун Д. В., студент гр. КМ.м-61.  
Рук.: Симоновский В. И., профессор.
16. Чисельне дослідження взаємодії газодинамічних сепараційних елементів з газорідним потоком.  
Доп.: Дем'яненко М. М., студентка гр. КМ.м-51,  
Старинський О. Є., студент.  
Кер.: Павленко І. В., доцент, Ляпощенко О. О., доцент.
17. Комп'ютерний аналіз статичних і динамічних характеристик лабіринтних та лункових ущільнень роторів компресорів.  
Доп.: Масалітін І. О., студент гр. КМ.м-51.  
Кер.: Загорулько А. В., доцент.
18. Аналіз несучої здатності армованих та неармованих цеглових елементів.  
Доп.: Закорко В., учень, ПТУ № 6,  
Дем'яненко М. М., студентка гр. КМ.м-51, СумДУ.
19. Розрахунок статичних характеристик модифікованої конструкції автоматичного осьового розвантаження ротора відцентрованого насоса.  
Доп.: Гахун А. О., студент, гр. КМ-31.  
Кер.: Совенко Н. В., доцент.



20. Врахування випадкової зміни параметрів системи «ротор - шпаринні ущільнення» на вібраційні характеристики відцентрового насоса.

Доп.: Бідненко І. Г., студентка гр. КМ-31.

Кер.: Савченко Є. М., доцент.

21. Дослідження причин руйнування робочих коліс відцентрового компресора з урахуванням нестаціонарності потоку.

Доп.: Гребенюк М. О., студентка гр. КМ.м-51.

Кер.: Савченко Є. М., доцент.

22. Вивчення особливостей проектування деталей на стадії технічного, техробочого та робочого проекту за допомогою 3d-принтеру.

Доп.: Новіков В., учень ДНЗ Сумського хіміко-технологічного центру професійно-технічної освіти.

Кер.: Лісовенко Д. В., асистент.

23. Напружено-деформований стан склопластикових труб та їх з'єднань.

Доп.: Леоненко Є. М., студент гр. КМ.м-61,

Литвинов С. О., студент КМ.м-61.

Кер.: Дейнека А. В., ст. викладач.

24. Динамічний розрахунок ротора відцентрового насоса з урахуванням багаташпаринного ущільнення.

Доп.: Позовний О. О., студент гр. КМ.м-51.

Кер.: Марцинковський В.А., професор.

## **СЕКЦІЯ «ОПР МАТЕРІАЛІВ ТА МАШИНОЗНАВСТВО»**

Голова – проф. І. Б. Карінцев.

Секретар – доц. Д. О. Жигилій

21 квітня 2017 р.

Початок о 13<sup>25</sup>, ауд. М-112.

1. Зачем нужен сопромат. (О роли общенаучных дисциплин в учебном процессе)

Докл.: Каринцев И. Б., профессор.

2. О региональном центре «Технология».

Докл.: Каринцева А. И., зав. лабораторией.

3. Гнучкі дротові вали та їх застосування.

Доп.: Куліков О. А., студент гр. ГМ-42.

Кер.: Стрелец В. В., доцент.

4. Редукторы лифтовых подъемников.  
Докл.: Васильченко Д. Р., студент гр. ГМ-41.  
Рук.: Стрелец В. В., доцент.
5. Некоторые способы передачи движения на значительные расстояния.  
Докл.: Ворожка А. С., студент гр. ГМ-41.  
Рук.: Стрелец В. В., доцент.
6. Підвищення ККД черв'ячної передачі.  
Доп.: Васянович С. О., студент гр. ВІ-41.  
Кер.: Некрасов С. С., доцент.
7. Моделирование процессов повзучести та релаксації напружень в практиці сучасних чисельних розрахунків.  
Доп.: Новіков С. О., студент гр. ХМ-31.  
Кер.: Жигилій Д. О., доцент.
8. Динаміка повздовжньо-стругального верстата.  
Доп.: Тюленев А. Е., студент гр. К-31.  
Кер.: Жигилій Д. О., доцент.
9. Математичні моделі розрахунків кутових флангових швів.  
Доп.: Захарченко Д. І., учень, Сумський центр професійно-технічної освіти.  
Кер.: Жигилій Д. О., доцент, СумДУ.
10. Моделирование таврового зварного з'єднання штуцера методом скінченних елементів.  
Доп.: Савченко М. О., учень, Сумський центр професійно-технічної освіти.  
Кер.: Жигилій Д. О., доцент, СумДУ.
11. Моделирование зварного з'єднання з кутовими лобовими швами кронштейна методом скінченних елементів.  
Доп.: Терещенко В. Ю., учень, Сумський центр професійно-технічної освіти.  
Кер.: Жигилій Д. О., доцент, СумДУ.
12. Методика расчета многопролетной шарнирно-консольной балки.  
Докл.: Иземенко В. В., ученик,  
Центр внешкольного образования, г. Лебедин.  
Рук.: Смирнов В. А., директор, НТТУМ, СумГУ, г. Сумы.

13. Построение эпюр внутренних силовых факторов в плоских статически определимых системах.

Докл.: Филатов В. В., ученик, школа № 6.  
Рук.: Смирнов В. А., директор, НТТУМ, СумГУ.

14. Сопоставление величин нормальных и касательных напряжений при различном положении площадок в бруске, находящемся под деформацией осевого растяжения и сжатия.

Докл.: Шокун Я. О., ученица, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье;  
Петренко И. В., ученица,  
Центр внешкольного образования, г. Лебедин;  
Рук.: Смирнов В. А., директор, НТТУМ, СумГУ, г. Сумы.

15. Сопоставление величин главных центральных и главных моментов инерции для плоских несимметричных стержней.

Докл.: Пинчук С. М., ученица,  
Центр внешкольного образования, г. Лебедин;  
Николаенко Д. Р., ученик, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье;  
Рук.: Смирнов В. А., директор, НТТУМ, СумГУ, г. Сумы.

16. Подбор поперечного сечения изгибаемых элементов, составленных из прокатных профилей.

Докл.: Киктенко Д. Е., ученик, школа №6, г. Сумы;  
Сергеев В. С., ученик, Центр внешкольного образования, г. Лебедин;  
Рук.: Смирнов В. А., директор, НТТУМ, СумГУ, г. Сумы.

**ТЕХНОЛОГІЯ  
МАШИНОБУДУВАННЯ**

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

*Віцюк Ю. Ю., доцент, НТУУ «КПІ», м. Київ;*

*Пташенчук В. В., ст. викладач, Луцький НТУ, м. Луцьк*

Вдосконалення роботи вузлів тертя є важливим завданням, оскільки саме від їх роботи залежить надійність, безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність поліграфічного обладнання в цілому [1], тому створення нових підшипникових матеріалів з прогнозованими, запроєктованими фізико-механічними і технологічними властивостями, вивчення і розроблення методів, засобів і технологій їх використання є актуальним завданням та потребує комплексу досліджень.

Метою роботи є встановлення впливу технологічних режимів виготовлення на структуру і властивості композиційних високошвидкісних матеріалів на основі міді, що містять тверді змащувальні речовини - графіт.

В результаті виготовлення за розробленими та відпрацьованими технологічними режимами, що включають в себе підготовку вихідної сировини з оптимізацією складів матеріалів, як головних елементів конструкції підшипників, змішування, пресування, спікання та закінчуючи оптимізацією режимів формування конструкції готової деталі, композиційних високошвидкісних матеріалів на основі міді Cu – 10%С (ДГр10) утворилася складна гетерогенна структура композитів, котра є найкращою для забезпечення високих властивостей.

Таблиця – Триботехнічні властивості досліджуваних підшипників і бронзи  
БрОЦС6-6-3

№ п/п	Марка матеріалу	Швидкість, об./хв.	Навантаження, Р, МПа	Коефіцієнт тертя, f	Лінійне зношення, мкм/км	Масове зношення, мг/км	Температура зразка, °С
1	БрОЦС6-6-3 (лита)	100	3,0	0,098	124	+3,28	370
2	ДГр10	200	7,5	0,18	35	-0,7	140

Як видно з таблиці, нові матеріали за функціональними властивостями перевищують відомі, які застосовуються з рідким мастилом, і як наслідок забезпечують зростання роботоздатності поліграфічного устаткування.

### Список літератури

1. Патент України № 40139 МПК(2009), С22С9/02, С22С9/00, С22С1/00, С22С1/04, С22С1/05 Антифрикційний композиційний матеріал/ Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш, В. В. Холявко, Ю. Ю.Віцюк, О. О. Мельник, опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6.

## СУЧАСНИЙ МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ ТОЧНІСТЮ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ НА ОПЕРАЦІЯХ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ

*Денисюк В. Ю., доцент; Симонок В. П., доцент,  
Луцький НТУ, м. Луцьк*

Покращення якості виробів машинобудування може здійснюватись за різними напрямками. Одним із напрямків є впровадження систем регулювання з метою підвищення технологічної надійності верстатів, тобто підвищення точності оброблення. Суттєвою перевагою цього методу є те, що з'являється можливість компенсації багатьох чинників економічнішими засобами порівняно з такими, як збільшення жорсткості технологічної системи, оброблення на режимах із меншою продуктивністю, оброблення з використанням більшої кількості проходів, застосування ручних методів компенсації зношування різального інструменту, підтримання необхідної жорсткості верстату й точності його елементів шляхом періодичних ремонтів тощо [2]. Перераховані методи пов'язані або з втратою циклової продуктивності, або зі значними втратами непродуктивного характеру.

Основна задача підвищення точності, яка вирішується за допомогою автоматичних засобів контролю, полягає в утриманні розмірів деталей в межах поля допуску з деяким запасом технологічної точності. Таким чином, в автоматизованих переналаджувальних виробництвах вирішується така ж задача підвищення точності, як і за будь-якого іншого процесу оброблення деталей. Тому, похибки систем автоматизованого контролю розглядаються як похибки оброблення або як поле розсіювання розмірів деталей, виготовлених на верстаті, оснащеному системою автоматичного керування точністю оброблення. Частка похибки самої автоматизованої системи керування в загальному балансі сумарної похибки розмірів досить незначна і не перевищує 5 – 10%. Задача підвищення точності й забезпечення стабільності в технологічних системах носить комплексний характер, а тому вирішується тільки комплексним методом шляхом підвищення точності всіх елементів технологічної системи. Автоматизовані системи керування точністю оброблення є однією з найважливіших підсистем гнучких автоматизованих виробництв.

Шляхи підвищення точності оброблення можуть встановлюватись на основі аналізу багатьох факторів: деформація технологічної системи від сил різання; похибки налагодження; спрацювання різального інструменту; деформації заготовок від затискних сил; похибки встановлення різального інструменту; теплові деформації технологічної системи; залишкові напруження в заготовках; непостійність припусків на оброблення; геометричні верстатні похибки; вібрації технологічної системи; непостійність швидкості знімання припуску; похибки спрацювання; похибки корекції; похибки алгоритму. Інша можливість зменшення впливу перерахованих

факторів на точність оброблення заключається у включенні в технологічну систему ланки керуючого контролю [1, 2]. Але тут необхідно враховувати, що введення кожної нової ланки у систему верстат – інструмент – деталь – прилад може стати джерелом додаткових похибок. Таким чином, необхідно за можливості, уникати складних багатоконтурних систем регулювання, використовуючи одноконтурні системи, які базуються на прямих методах вимірювання, що дають можливість комплексної компенсації похибок оброблення технологічними методами.

Останнім часом намітився новий напрямок в процесі впровадження систем керування точністю оброблення, коли ставиться завдання створення оптимальних систем підналагодження на основі їх синтезу. Підналагоджувальні пристрої, синтезовані на основі оптимальних алгоритмів, вибирають величину підналагоджувального імпульсу, використовуючи всю наявну інформацію про попередні імпульси та розміри оброблених деталей, що особливо важливо, так як в реальних умовах процес змін у налагодженні верстату носить випадковий характер. Якщо б зміни рівня налагодження являли собою детермінований процес, то визначення рівня налагодження можна було б здійснити з будь-яким ступенем точності. Але дослідження показують, що в процесі оброблення виробів поряд із детермінованою, часто систематичною лінійною, присутня й випадкова складова, яка і визначає характер процесу. За таких обставин, величина рівномірної систематичної зміни налагодження, яка приходить на одну деталь, теж може змінюватись від реалізації до реалізації. Таким чином, лише статистична оцінка рівня налагодження верстату на кожному такті забезпечить ефективність керування точністю подібних процесів [3].

Впровадження засобів автоматизованого контролю та керування технологічним процесом може покращити якісні показники, але в той же час потребує додаткових затрат, які потім підвищують собівартість продукції. Тому, частопереналагоджувальне виробництво потребує послідовного процесного підходу, особливо на етапі його підготовки, з метою побудови такого технологічного процесу, який би гарантував необхідні показники якості, а економічна оцінка проводиться як на початку комплексного аналізу технологічної системи, так і після проведення досліджень та випробувань.

#### Список літератури

1. Марчук В. І., Денисюк В. Ю., Заблоцький В. Ю. Технологічне керування параметрами хвилястості поверхонь обертання на шліфувальних операціях: монографія. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2011. – 308 с.
2. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник / И. И. Болонкина, А. К. Кутай, Б. М. Сорочкин, Б. А. Тайц. – Л.: Машиностроение, 1983. – 368 с.
3. Управление процессом шлифования / А. В. Якимов, А. Н. Паршаков, В. И. Свирщев, В. П. Ларшин. – К.: Техніка, 1983. – 184 с.

## ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ «ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ – ЗАГОТОВКА»

*Дрофа К. А., студент; Іванов В. О., доцент; Павленко І. В., доцент*

У сучасному багатонаменклатурному виробництві значна увага приділяється верстатним пристроям (ВП), які використовуються для точного базування та надійного закріплення заготовок під час обробки на металорізальних верстатах. Враховуючи розширення технологічних можливостей сучасного обладнання [1], їх високу вартість та необхідність багатократного переналагодження при переході до обробки деталей іншої конфігурації або типорозміру, стрімкого розвитку набуває інтенсифікація виробництва [2]. Отже, скорочення витрат часу на оснащення операції є актуальною задачею на сьогодні.

У роботі проаналізовано конструкторсько-технологічні ознаки заготовок, що є основою при проектуванні ВП. Вперше введено поняття «зона безпеки», що дозволяє на стадії проектування ідентифікувати місця на заготовці, які не бажано використовувати для контакту з установлювальними та затискними елементами. Розроблено методику позиціонування елементів системи «ВП – заготовка» з урахуванням геометричних параметрів оброблюваних поверхонь та конструктивно-технологічних ознак функціональних елементів, що дозволяє автоматизовано обирати оптимальні точки контакту заготовки з функціональними елементами та може бути використана у системах автоматизованого проектування ВП. Такий підхід дозволяє скоротити витрати часу на їх проектування, підвищити якість компонувань ВП.

Подальша робота спрямована на розроблення алгоритмів для просторового позиціонування функціональних елементів ВП, що використовуються для типових деталей машинобудування. За результатами проведеної роботи планується розробити та впровадити у навчальний процес мобільний додаток, розроблений за технологією доповненої реальності, який буде реалізовано на основі системи «Vuforia», забезпечуючи максимальне наближення процесу компонування ВП до виробничих умов.

### Список літератури

1. Іванов В. О., Карпусь В. Є., Дегтярьов І. М. Конструкторсько-технологічний аналіз сучасних свердильно-фрезерно-розточувальних верстатів // Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Технології в машинобудуванні. – 2016. – №. 33. – С. 95–105.

2. Інтенсифікація процесів механічної обробки: монографія / В. Є. Карпусь, В. О. Іванов, О. В. Котляр та ін.; за ред. В. Є. Карпуся. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 436 с.



## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ СПРЯМОВАНОГО ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ НА МЕХАНООБРОБНИХ ОПЕРАЦІЯХ

*Заблоцький В. Ю., доцент, Луцький НТУ, м. Луцьк*

Послідовність етапів технологічних процесів їх склад і використані технологічні підходи характеризуються технологічною історією виготовлення деталі. Вона, в свою чергу, визначається рядом новостворених показників якості деталі. Знаючи закономірності їх утворення, стає можливим вже на етапі технологічної підготовки виробництва передбачити заходи для забезпечення регламентованих значень, тобто передбачити спрямоване формування показників якості.

Технологічне забезпечення показників якості починається з вибору матеріалу деталі, що володіє певними фізико-механічними властивостями, з урахуванням зміни цих властивостей в часі, можливих дефектів і домішок в матеріалі, а також з вибору методу отримання заготовки.

Для здійснення спрямованого формування необхідно визначити параметри, за допомогою зміни значень яких, можна керувати значеннями показників, що еволюціонують в процесі оброблення. Це дозволить ліквідувати або зменшити вплив показників, що погіршують експлуатаційні властивості деталей, в першу чергу, на заготівельних або початкових операціях механічного оброблення, та ініціалізувати прояви показників, що забезпечують покращення експлуатаційних властивостей деталі загалом.

Управління показниками якості забезпечується шляхом варіювання параметрами технологічної системи та режимами оброблення що призначаються для окремих технологічних операцій, а саме: у випадку застосування лезового оброблення на точність розмірів і форми заготовок основний вплив здійснюють точність верстата, жорсткість технологічної системи і матеріал різального інструменту; на хвилястість – жорсткість системи і точність верстата; на показники шорсткості – подача (при величині подачі більше або рівне 0,1 мм/об); на фізико-механічні показники – змащувально-охолоджуючі рідини (ЗОР) та особливості технологічних оброблювальних робочих зон (ТОРЗ) (зона безпосереднього контакту інструменту і заготовки, наявність ЗОР, температурні показники зони оброблення, тощо), геометрія ріжучої частини інструменту і параметри режимів оброблення.

За умов абразивного і виходжувального оброблення на точність розмірів і форми заготовок впливають точність верстата, жорсткість технологічної системи, глибина різання і кількість виходжувань; на хвилястість – жорсткість технологічної системи, точність верстата, кількість виходжувань; на шорсткість – зернистість, кількість виходжувань і подача; на фізико механічні показники – глибина різання, зернистість, ЗОР та ТОРЗ.

На характер проявів технологічної спадковості впливають умови реалізації та характер технологічного впливу. В одному випадку на суміжних

технологічних переходах процесу виготовлення технологічна спадковість може бути такою, що показник якості заготовки переноситься повністю або стає більш вираженим. Для іншої пари суміжних переходів того ж процесу технологічна спадковість не має значних проявів або відсутня зовсім. Аналогічно, ступінь взаємовпливу виявляється по-різному на різних технологічних переходах.

Після визначення коефіцієнтів трансформації показників якості в ході виготовлення деталі, при відомій структурі технологічного процесу можна визначити бажаний розподіл її показників між технологічними операціями і переходами. З іншого боку, при відомих діапазонах зміни значень показників якості вихідної заготовки і заданих значеннях ряду показників якості деталі може бути розроблений найбільш ефективний технологічний процес, що буде забезпечувати перетворення показників якості заготовки в показники якості деталі.

Для того щоб описати трансформацію показників якості на етапі технологічної підготовки виробництва при проектуванні технологічних процесів, пропонується наступний математичний апарат.

Відомі кілька основних підходів до опису та моделювання показників якості деталей з позицій теорії технологічної спадковості [1, 2, 3]. Найбільш доцільною формою подання зміни показників якості, як показано в, визнана лінійна:

$$K_{ij} = K_{i(j-1)}(1 + k_i), \quad (1)$$

де  $K_{ij}$ ,  $K_{i(j-1)}$  – значення показника якості  $K_i$  заготовки після технологічних переходів  $j$  та  $(j-1)$  відповідно;

$i=1 \dots n$ , де  $n$  – число показників якості заготовки;

$k_i$  – коефіцієнт технологічної спадковості для певного показника.

Така форма подання дозволяє уникнути невизначеності в момент формування показника та під час зміни знака коефіцієнта. В даному випадку, якщо в ході технологічного процесу значення показника якості стало рівним нулю, то в подальшому можливе «відновлення» його ненульового значення.

#### Список літератури

1. Безъязычный В. Ф. Влияние качества поверхностного слоя после механической обработки на эксплуатационные свойства деталей машин. // Инженерный журнал. Справочник, № 4, 2000, Приложение № 4. Инженерия поверхности. – С. 9 - 16.
2. Дальский А. М., Базров Б. М., Васильев А. С., Дмитриев А. М. Технологическая наследственность в машиностроительном производстве. / Под ред. А. М. Дальского. – М.: Изд-во МАИ, 2000. - 360 с.
3. Марчук В. І., Денисюк В. Ю., Заблоцький В. Ю. Технологічне керування параметрами хвилястості поверхонь обертання на шліфувальних операціях. Монографія - Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2011. – 308 с.

# МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕНАЛАГОДЖЕННЯ БАЗУЮЧОГО МОДУЛЯ

*Кармаза А. І., студент; Чигрин С. О., студент; Іванов В. О., доцент;  
Павленко І. В., доцент; Дегтярьов І. М., викладач-стажист*

Висока інтенсифікація технологічних процесів, як сучасна тенденція реалізації процесу механічної обробки в умовах жорсткої конкуренції при багатонаменклатурності деталей машинобудування та можливостей сучасних металорізальних верстатів, може бути досягнута за рахунок використання гнучких верстатних пристроїв (ВП).

Метою даної роботи є обґрунтування доцільності застосування геометричного моделювання для підвищення ефективності використання ВП на прикладі базуючої призми, що автоматично регулюється [1] (рис. 1).

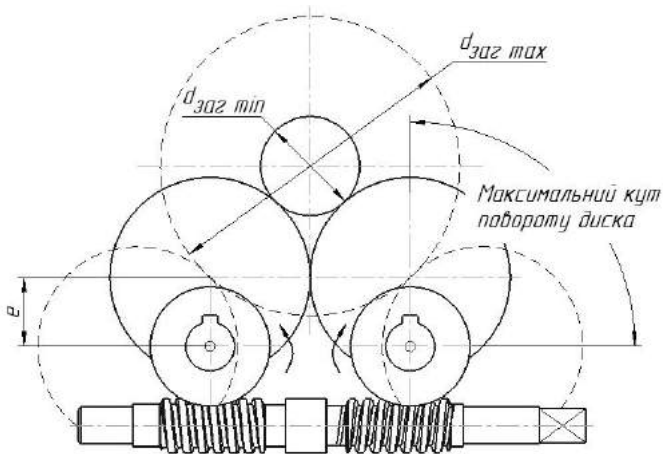


Рисунок 1 – Схема механізму регулювання верстатного пристрою

У роботі [2] на основі аналізу існуючих конструкцій ВП, що використовуються для базування та закріплення валів при обробці на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах, обґрунтовано доцільність застосування базуючої призми з огляду на забезпечення широкого діапазону діаметрів заготовок.

У результаті моделювання створено методику і файл комп'ютерної програми розрахунку у системі MathCAD, що дозволяє обирати діапазон зміни геометричних параметрів базуючої призми та механізму регулювання для забезпечення незмінного положення центра заготовки у встановленому діапазоні її діаметрів.

Основні геометричні співвідношення математичної моделі визначають функціональну залежність між діаметром  $d$ , кутом призми  $2\alpha$ , кількістю

обертів  $n$  ведучого вала черв'ячної передачі і кутом повороту  $2\varphi$  опорних дисків:

$$d(\varphi) = 2 \left[ \sqrt{(H - e \cos \varphi)^2 + \left( \frac{L}{2} + e \sin \varphi \right)^2} - R \right];$$

$$\alpha(\varphi) = \arcsin \frac{\frac{L}{2} + e \sin \varphi}{R + \frac{d(\varphi)}{2}}; \quad n(\varphi) = \frac{\pi m z \varphi}{180 p}.$$

Показано, що зміна кута повороту опорних дисків забезпечує незмінне положення центра заготовок для широкого діапазону їх діаметрів (рис. 2).

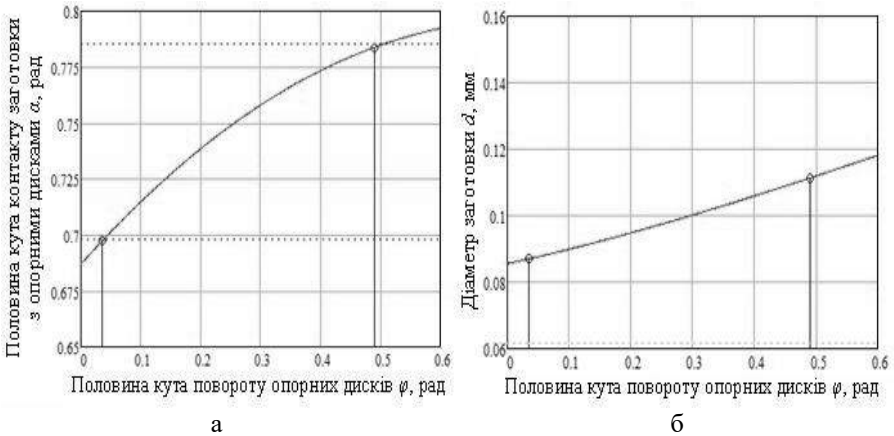


Рисунок 2 – Залежність діаметра заготовки  $d$  (а) і кута призми  $2\alpha$  (б) від кута  $2\varphi$  повороту опорних дисків

#### Список літератури

1. Патент на корисну модель № 31416 Україна, МПК (2006) В23В 39/00. Базуюча призма, що автоматично регулюється / Карпуть В. С., Іванов В. О.; заявник та власник патенту Нац. техн. ун-т “ХПР”.
2. Кармаза А. І. Застосування геометричного моделювання для визначення похибки базування заготовки у верстатному пристрої / А. І. Кармаза, С. О. Чигрин, В. О. Іванов, І. В. Павленко // Сучасні технології у промисловому виробництві: матер. IV Всеукр. міжвузівської наук.-техн. конф.: у двох частинах, 19–22 квітня 2016 р., Суми. – Суми: Сумський державний університет, 2016. – Ч. 1. – С. 22.

## КЛАСИФІКАЦІЯ ОПОРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

*Кравченко Е. Ю., студент; Чигрин С. О., студент;  
Іванов В. О., доцент; Павленко І. В., доцент*

Для підвищення конкурентоспроможності машинобудівної продукції України ринок вимагає від виробників забезпечення високої ефективності технологічних процесів. Існуючі конструкції опорних елементів верстатних пристроїв (ВП) не здатні у повному обсязі забезпечити ефективне використання верстатів у багатомоноклатурному виробництві, що пов'язано з великими фінансовими затратами та значними витратами матеріалів. Різноманітність компоновок ВП, які використовуються для обробки однотипних деталей, з одного боку, забезпечує багатоваріантність, а з іншого – суттєво ускладнює задачу визначення оптимального констрування ВП для певних виробничих умов [1].

У дослідженні проаналізовано опорні елементи типу колон, плит, кутників і кубів, які виготовляються провідними компаніями США, Японії, Німеччини, Таїланду та інші. Дані елементи є основою при складанні ВП для свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів вертикального та горизонтального констрування [2]. Розроблено класифікації за конструкторсько-технологічними ознаками, що дозволило систематизувати конструктивне виконання, технологічні можливості, типорозміри та інші основні показники. Особливу увагу приділено матеріалам, з яких виготовляються опорні елементи, та аналізу виробничих умов обробки. Розроблені конструкторсько-технологічні класифікації можуть бути використані у системах автоматизованого проектування ВП та системах автоматизованого проектування технологічних процесів.

Подальша робота спрямована на дослідження напружено-деформованого стану опорних елементів, проведення модального і гармонічного аналізу. Враховуючи надмірну металомісткість опорних елементів, доцільним є проведення їх топологічної оптимізації і розроблення нових конструктивних форм без зниження жорсткості та міцності.

### Список літератури

1. Карпуть В. Е. Современные требования к технологической оснастке станков с ЧПУ / В. Е. Карпуть, В. А. Иванов // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2008. – № 22. – С. 23–35
2. Иванов В. О., Карпуть В. Е., Дегтярьов І. М. Конструкторсько-технологічний аналіз сучасних свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія «Технології в машинобудуванні». – 2016. – №. 33. – С. 95–105.

## КЛАСИФІКАЦІЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ШАТУНІВ

*Ломако П. М., студент; Іванов В. О., доцент*

Поршневі агрегати набули широкого вжитку в різних галузях промисловості у зв'язку з їх простою та надійною конструкцією. Основним вузлом будь-якого поршневого агрегата є шатунна група, в якій однією з відповідальних деталей є безпосередньо сам шатун. Шатун – це деталь, розташована між поршнем і колінчастим валом або кривошипом у кривошипно-шатунних механізмах. Службовим призначенням шатуна є перетворення зворотно-поступального руху поршня в обертальний (у поршневих двигунах), або навпаки – обертального в зворотно-поступальний (у поршневих компресорах). У більшості випадків шатуни є деталями складної форми [1] та, залежно від призначення, мають різноманітну конструкцію. Широка розповсюдженість шатунів та їх конструктивна різноманітність обумовили необхідність створення конструкторсько-технологічної класифікації, в основі якої систематизація деталей типу шатунів за конструктивними (за призначенням, за конструкцією, за наявністю елементів зчленування тощо) та технологічними (за методом отримання, за матеріалом, за профілем площини рознімання тощо) ознаками. У класифікації передбачено можливість доповнення при розробленні нових конструкцій шатунів. Розроблена класифікація може бути використана у системах автоматизованого проектування верстатних пристроїв (наприклад, [2]) та системах автоматизованого проектування технологічних процесів. Результати роботи дозволяють інтенсифікувати процеси механічної обробки [3] деталей типу шатунів, вдосконалити технологію виготовлення з урахуванням сучасного багатокординатного металорізального обладнання та швидкопереналагоджуваної технологічної оснастки, зменшити трудомісткість обробки, а отже, знизити собівартість готового виробу.

### Список літератури

1. Іванов В. А. Конструктивные особенности деталей сложной формы в структуре автомобиля / В. А. Иванов, И. М. Дегтярев // Прогрессивные технологии и процессы : сборник статей Междунар. молод. научно-техн. конф., 25–26 сентября 2014 г., Курск. – С. 238–243.
2. Ivanov V., Vashchenko S., & Rong Y. K. (2016). Information Support of the Computer-aided Fixture Design System. Proceedings of the 12th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Kyiv, Ukraine, June 21–24, 2016, CEUR-WS.org, 1614, 73–86.
3. Інтенсифікація процесів механічної обробки: монографія / В. Є. Карпусь, В. О. Іванов, О. В. Котляр та ін.; за ред. В. Є. Карпуся. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 436 с.

## ТЕХНОЛОГІЧНЕ КЕРУВАННЯ ТОЧНІСТЮ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ НА ОПЕРАЦІЯХ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ

*Марчук І. В., ст. викладач; Олексин М. В., аспірант;  
Ештитеїві А. М., аспірант, Луцький НТУ, м. Луцьк*

Покращення якості виробів машинобудування може здійснюватись за різними напрямками. Одним із напрямків є впровадження систем регулювання з метою підвищення технологічної надійності верстатів, тобто підвищення точності оброблення.

Суттєвою перевагою цього методу є те, що з'являється можливість компенсації багатьох чинників економічнішими засобами порівнянно з такими, як збільшення жорсткості технологічної системи, оброблення на режимах із меншою продуктивністю, оброблення з використанням більшої кількості проходів, застосування ручних методів компенсації зношування різального інструменту, підтримання необхідної жорсткості верстату й точності його елементів шляхом періодичних ремонтів тощо [1]. Перераховані методи пов'язані або з втратою циклової продуктивності, або зі значними втратами непродуктивного характеру.

Не вдаючись до детального розгляду традиційних напрямків покращення якісних показників всієї технологічної системи, широко відомих з багаточисельних праць [1, 2, 3], можна провести аналіз покращення точності оброблення за допомогою автоматичних засобів контролю. Основна точнісна задача, яка вирішується за допомогою автоматичних засобів контролю, полягає в утриманні розмірів деталей в межах поля допуску з деяким запасом технологічної точності. Таким чином, в автоматизованих переналагоджувальних виробництвах вирішується така ж точнісна задача, як і за будь-якого іншого процесу оброблення деталей.

Тому, похибки систем автоматизованого контролю розглядаються як похибки оброблення або як поле розсіювання розмірів деталей, виготовлених на верстаті, оснащеному системою автоматичного управління точністю оброблення. Частка похибки самої автоматизованої системи управління в загальному балансі сумарної похибки розмірів досить незначна і не перевищує 10 – 20%. Задача підвищення точності й забезпечення стабільності в технологічних системах носить комплексний характер, а тому вирішується тільки комплексним методом шляхом підвищення точності всіх елементів технологічної системи. Автоматизовані системи управління точністю оброблення є однією з найважливіших підсистем гнучких автоматизованих виробництв.

Шляхи підвищення точності оброблення можуть встановлюватись на основі аналізу факторів, що їх визначають.

Розмір деталі, отриманий в  $i$ -му циклі, або, точніше, відхилення її розміру від деякого номіналу, можна записати у вигляді:

$$x_i = \bar{x}_i + \xi_i, \quad 1 \leq i \leq n, \quad (1)$$

де  $\bar{x}_i$  – рівень розмірного налагодження верстату в  $i$ -му циклі або математичне очікування розміру деталі;

$\xi_i$  – випадкове відхилення розміру деталі від рівня налагодження, яке характеризує миттєву точність процесу оброблення.

Величина  $\bar{x}_i$  є випадковою функціональною складовою похибки оброблення, викликана сукупним впливом зношення інструменту, теплових та силових деформацій системи ВПД. Величина  $\xi_i$  характеризує власне випадкову складову, викликану коливанням величин припусків та фізико-хімічними властивостями заготовок й інструменту.

Випадкова складова  $\{\xi_i\}$  апроксимується послідовністю нормально розподілених випадкових величин із нульовим математичним очікуванням, деякою дисперсією  $\sigma_\xi^2$  та кореляційною функцією типу:

$$K_\xi(\tau) = \begin{cases} \sigma_\xi^2, & \tau = 0; \\ 0, & \tau \neq 0, \end{cases} \quad (2)$$

де  $\tau$  – інтервал, що відповідає різниці порядкових номерів деталей.

Отже, традиційними шляхами покращення якісних показників точності розмірів, форми поверхонь, взаємного розташування поверхонь, шорсткості поверхні та інших є або стабілізація факторів, що мають місце на вході технологічної системи, або зменшення самих відхилень чи завад, присутніх в характеристиках цієї системи.

#### Список літератури

1. Ларшин В. П. Интегрированная технологическая система шлифования сложнопрофильных деталей (на примере резьбошлифования): Дис....д. т. н. – Одесса, 1999. – 335 с.
2. Лебедев В.Г. Автоматическое управление качеством деталей машин при шлифовании. Киев: Изд-во Знание, 1981. – 25 с.
3. Марчук В. І. Вплив технологічних чинників на експлуатаційні характеристики роликотідшипників // Наукові нотатки: міжвузівський збірник (за напрямом "Інженерна механіка") – Луцьк: Луцький державний технічний університет, - 2003. Випуск 12. – с.179 – 184.



## ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ РІЗАННЯ ПРИ ОБРОБЛЕННІ ПЕРЕРИВЧАТИМ АБРАЗИВНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

*Мороз С. А, доцент; Пташенчук В. В., ст. викладач, Луцький НТУ, м. Луцьк*

Підвищення експлуатаційних характеристик деталей при впровадженні нових технологічних процесів нерозривно пов'язано з забезпеченням якості оброблених поверхонь при максимальній продуктивності.

У технологічному процесі оброблення торцевих поверхонь кілець роликотідшипників з застосуванням абразивного переривчастого інструменту вирішується комплексна задача щодо формування якісного поверхневого шару та продуктивності процесу. Однак, запропоновані теоретичні рішення не дають повної достовірності про адекватність прийнятих заходів. Це можливо лише шляхом проведення експериментальних досліджень з застосуванням сучасної контрольно – вимірювальних приладів.

Температуру в зоні різання прийнято вважати одним з основних факторів, що визначають якість поверхневого шару поверхні, що обробляється. Найбільший інтерес викликає контактна температура, що виникає в зоні шліфування.

Більшість методів теоретичних досліджень теплових явищ при шліфуванні засновані на припущеннях, що дозволяють розрахувати температуру в зоні контакту з деяким відхиленням від дійсної величини. Провести аналіз правильності прийнятих припущень і визначити ступінь відповідності реальної схеми шліфування, яка пропонується у теоретичній моделі аналітичними методами на даний час неможливо. Ці питання можуть бути вирішені лише експериментально.

З метою одержання необхідної інформації при обґрунтуванні фізичних припущень і апробації математичних залежностей для розрахунку температури в зоні оброблення проведено експериментальні дослідження з визначення температури при плоскому шліфуванні переривчастим абразивним інструментом.

### Список літератури

1. Пташенчук В. В., Денисюк В. Ю., Заблоцький В. Ю. Підвищення ефективності оброблення торців кілець роликотідшипників методом переривчастого шліфування: монографія. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. – 127 с.
3. Управление процессом шлифования / А. В. Якимов, А. Н. Паршаков, В. И. Свирщев, В. П. Ларшин. – К.: Техніка, 1983. – 184 с.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБКАТУВАННЯ КУЛЬКОЮ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Овилко Н. В., магістрант; Сахно М. М., магістрант; Євтухов А. В., доцент*

Обкатування кулькою є одним з найбільш поширених, простих та ефективних методів поверхневого пластичного деформування ППД, основним призначенням якого є підвищення міцності та твердості поверхневого шару, зниження рівня шорсткості поверхні. Як відомо, ППД сприяє зміцненню поверхневого шару, підвищує стійкість поверхні до зношення, корозійних впливів тощо. У багатьох випадках застосуванням ППД вдається в (1,5 – 3) рази підвищити запас міцності деталей, які працюють в умовах циклічних навантажень, у десятки разів збільшити термін експлуатації деталей, що визначає актуальність дослідження та підвищення ефективності технології ППД.

З метою підвищення ефективності процесу обкатування кулькою зовнішніх циліндричних поверхонь було поставлено задачу щодо проведення натурального експериментального дослідження та виявлення за результатами дослідження раціональних параметрів та структури робочого циклу обкатування поверхні.

Згідно плану дослідження передбачалось обкатування циліндричних поверхонь зразків за 1-но, 2-х та 3-х прохідною схемою обробки. Матеріал зразків – сталь 40 (незагартована), діаметр оброблюваної поверхні  $d = 40$  мм, швидкість різання під час попередньої обробки зразків точінням  $V = 110$  м/хв, глибина різання  $t = 0,5$  мм. Матеріал ріжучої частини різця – твердий сплав Т15К6. Сукупність зразків була розділена на п'ять груп. Зразки кожної окремої групи оброблювались точінням з відповідною швидкістю поздовжньої подачі

$S_i = (0,25; 0,20; 0,15; 0,10; 0,05)$  мм/об. У зв'язку з цим зразки усіх п'яти груп мали такі відповідні середні значення шорсткості поверхні  $Ra_i = (2,7; 2,4; 2,1; 1,4; 1,1)$  мкм. Під час обробки зразків обкатуванням застосовувався однокульковий обкатник. Матеріал кульки – сталь ШХ15, діаметр кульки  $d_k = 8$  мм. Частота обертання заготовки (зразка) під час обкатування –  $n = 710$  об/хв., швидкість поздовжньої подачі інструмента –  $S_k = 0,065$  мм/об.

Згідно плану дослідження до і після обкатування вимірювались такі параметри якості поверхонь зразків: шорсткість (за допомогою профілометра 283 моделі), відхилення від круглості (за допомогою модернізованого пристрою для вимірювання круглості моделі ВЕ-20А), мікротвердість (за допомогою пристрою для вимірювання твердості ТКМ-459).

В результаті дослідження отримані графічні залежності зазначених параметрів якості поверхонь зразків після їх обкатування від величин поздовжньої подачі, за яких відбувалось попереднє обточування зразків (див. рис. 1 та 2). Встановлено, що 2-х прохідна схема обробки кулькою є найбільш ефективною. Шорсткість поверхні після 1-но прохідного

обкатування незначно підвищилась, після 2-х проходів – знизилась в середньому у 2,4 рази, після 3-х проходів – знизилась в середньому у 2,8 рази до вихідної величини.

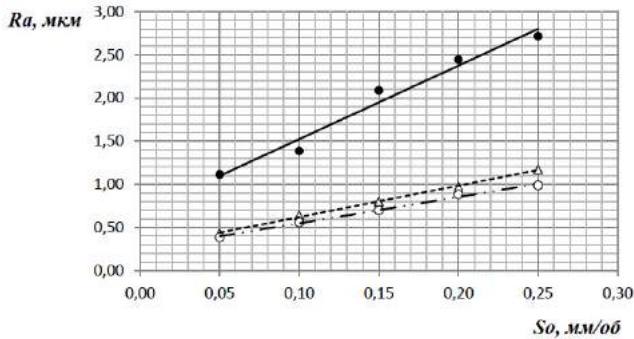


Рисунок 1 – Залежність шорсткості  $Ra$  зразків, оброблених точінням (●), 2-х (Δ) та 3-х (°) прохідним обкатуванням від швидкості поздовжньої подачі  $S_o$  при попередній обробці зразків точінням

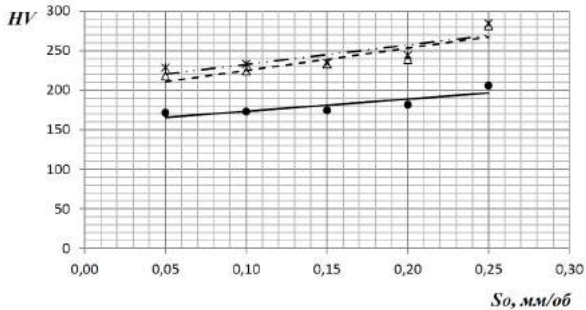


Рисунок 2 – Залежність мікротвердості  $HV$  зразків, оброблених точінням (●), 2-х (Δ) та 3-х (\*) прохідним обкатуванням від швидкості поздовжньої подачі  $S_o$  при попередній обробці зразків точінням

Рівень некруглості поверхні після 1-го прохідного обкатування незначно підвищився, після 2-х проходів – знизився в середньому у 1,5 рази, після 3-х проходів – знизився в середньому у 1,6 рази до вихідної величини. Зміцнення (підвищення мікротвердості) поверхонь після 1-го прохідного обкатування склало в середньому 1,28 рази, після 2-х проходів – 1,32 рази, після 3-х проходів – 1,35 рази до вихідної величини.

## ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ОБРАБАТЫВАЕМОЙ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

*Одинцов А. В., магистрант; Евтухов А. В., доцент; Савчук В. И., доцент*

Применение методов поверхностного пластического деформирования (ППД) кроме исправления погрешностей формы, снижения уровня микронеровностей обрабатываемых поверхностей, способствует повышению качества поверхностного слоя. От качества поверхностного слоя зависят эксплуатационные свойства деталей (сопротивление усталости, износостойкость, коррозионная стойкость, сопротивление контактной усталости и др.) [1].

Исследование изменений свойств поверхностно упрочненного материала заготовки сопряжено с рядом технических трудностей и требует значительных затрат времени, материальных и энергетических ресурсов. В связи с этим в исследованиях, направленных на повышение эффективности технологических методов ППД, предлагается использовать различные методы моделирования, в частности, метод конечно-элементного анализа.

Одной из первых и основных задач при моделировании процесса обработки поверхности является создание геометрической модели контактирующих объектов: обрабатываемой поверхности (поверхностного слоя) заготовки, характеризующейся определенными пластичными и упругими свойствами и поверхности инструмента, характеризующегося как абсолютно жесткое тело.

В процессе обработки конструкционных материалов на их поверхностях возникает микрорельеф, представленный шероховатостью и волнистостью. При соприкосновении двух таких поверхностей контакт не будет сплошным. Лишь отдельные участки поверхности будут воспринимать приложенную к объектам нагрузку. Сумма таких дискретных площадок контакта образует фактическую площадь контакта (ФПК) [2]. Таким образом, ФПК определяет ту область поверхности соприкасающихся объектов, где реализуется силовое взаимодействие и является одной из основных его характеристик.

В работе [2] отмечены такие принципиально важные особенности контакта поверхностей, как дискретность контакта, распределение выступов по высоте, упругость шероховатого слоя. Все эти особенности контактируемых поверхностей рекомендуется учитывать в их моделях.

В общем случае модель шероховатого тела может быть представлена набором выступов с определенной геометрической формой. В интересах простоты и наглядности конечного результата рекомендуется модель единичного выступа выбирать из ряда простейших геометрических фигур. К настоящему времени известны модели шероховатой поверхности с

неровностями в виде: сферических сегментов, цилиндров, конусов, стержней, пирамид, эллипсоидов и др.

Из перечисленных форм неровностей наиболее полно удовлетворяют всем особенностям контакта поверхностей сферическая, цилиндрическая и эллипсоидальная формы.

В виду создания универсальной модели, пригодной для расчетов ФПК, процессов поверхностного упрочнения, трения и износа, предпочтительной является сферическая модель, как обладающая осевой симметрией. Это свойство особенно важно, когда проблема рассматривается с учетом кинематики. Две другие формы способны описать анизотропные эффекты. Сферическая модель шероховатой поверхности должна базироваться на «сферических очертаниях» неровностей («сферических сегментах»), форма которых характеризуется радиусом закругления  $r$ . Вершины сегментов целесообразно располагать на разных уровнях (рисунок).

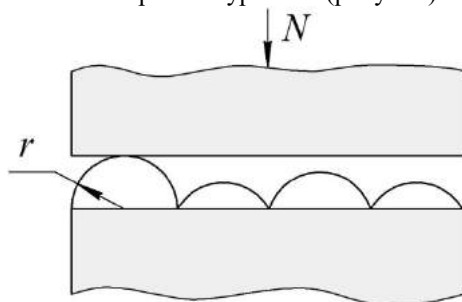


Рисунок – Расчетная схема контакта шероховатой поверхности (сферическая модель) заготовки и идеально гладкой поверхности инструмента

При обработке поверхностей заготовок методами ППД наибольшее распространение получили инструменты сферической и цилиндрической формы. Учитывая, что радиус закругления такого инструмента значительно превышает радиус закругления «сферических сегментов» обрабатываемой шероховатой поверхности, форму инструмента в первом приближении можно задать как идеально гладкую плоскую поверхность.

#### Список литературы

1. Одинцов, Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием / Л. Г. Одинцов. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
2. Крагельский, И. В. Основы расчетов на трение и износ: монография / И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.

## ПРО ВИБІР КРИТЕРІЮ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

*Отенко Я. Г., магістрант; Лемешко Є. М., магістрант;  
Євтухов А. В., доцент*

Проектування технологічного процесу (ТП) виготовлення деталі є багатоваріантною задачею, розв'язання якої пов'язано з обґрунтуванням вибору маршруту (структури) технологічного процесу обробки заготовки, верстатного обладнання, засобів технологічного оснащення, режимів різання тощо [1]. В той же час, як приклад, методичні основи формування маршрутного технологічного процесу (МТП) виготовлення деталі, як основного рішення, що формується та береться до уваги під час технологічної підготовки виробництва деталі та яке визначає більшість технологічних рішень, що обираються у подальшому, на цей час розроблені недостатньо повно. Все це призводить до суб'єктивізму під час формування МТП, його недостатньої ефективності під час реалізації та низьких техніко-економічних показників виробництва. В реальних умовах проектування оптимізацію МТП зазвичай не виконують, розглядаючи та вдосконалюючи його єдиний варіант, перспективний на думку розробника [2].

Різні варіанти ТП виготовлення одного виробу, які відрізняються структурою та параметрами, характеризуються різними вихідними параметрами (продуктивністю обробки, собівартістю виготовлення тощо). Наявність декількох варіантів розв'язання задачі обумовлює вибір найкращого з них, тобто такого ТП, який забезпечить виконання усіх вимог щодо якості виробу та найкращі вихідні показники виробництва в його конкретних умовах. Таким чином, задача проектування ТП за своєю сутністю є оптимізаційною.

В основу розробки ТП виготовлення виробів машинобудування покладені два принципи: технічний та економічний. У відповідності до першого принципу спроектований ТП має повністю забезпечити виконання усіх вимог щодо якості виробу. Згідно другому принципу виготовлення виробу повинно здійснюватися з урахуванням мінімальних витрат праці, матеріальних та енергетичних ресурсів.

ТП є оптимальним, якщо забезпечує виконання системи обмежень, які віддзеркалюють конкретні умови виробництва, вимоги щодо якості виробу та екстремум цільової функції.

ТП, оптимальний за одним критерієм, може бути не оптимальним за іншим критерієм. Наприклад, максимум продуктивності операції може не відповідати мінімуму її собівартості. Тому під час постановки задачі проектування оптимального ТП важливим є вибір критерію оптимальності (цільової функції).

На цей час відомі різні критерії оптимальності, які застосовують для оптимізації як ТП в цілому, так і окремих технологічних задач. Найбільш поширеними сьогодні є такі критерії оптимальності ТП [1]:

- а) штучний час  $T_{шт}$  (цільова функція  $T_{шт} \rightarrow \min$ );
- б) продуктивність  $Q$  (цільова функція  $Q \rightarrow \max$ );
- в) собівартість виготовлення деталі  $C$  (цільова функція  $C \rightarrow \min$ ).

В цілому для постановки задачі оптимізації ТП необхідно сформулювати модель процесу обробки деталі, до складу якої мають входити такі елементи:

- а) критерій (критерії) оптимальності ТП;
- б) цільова функція;
- в) система обмежень;
- г) вхідні, вихідні та внутрішні параметри;
- д) керуваний параметр (параметри), які виділяють з числа внутрішніх параметрів.

Проектування ТП в загальному вигляді є сукупністю процедур структурного та параметричного синтезу з подальшим аналізом проектних рішень (рисунок).

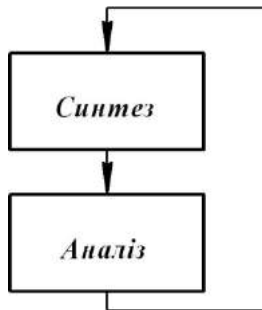


Рисунок – Загальний принцип формування ТП

Структурний синтез реалізується на рівнях формування операцій та переходів, а параметричний – на рівнях вибору технологічних баз, операційних розмірів, розрахунку режимів різання тощо.

#### Список літератури

1. Ларин, С. Н. Практическая реализация исследований в области оптимизации технологических процессов / С. Н. Ларин // Программные продукты и системы. – 2010. – №1. – С. 93 – 95.
2. Кондаков, А. И. Формирование рациональной структуры маршрутных процессов изготовления деталей машин / А. И. Кондаков // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2014. - №3. – С. 61 – 66.

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ФОРМИ ПОВЕРХОНЬ ГЛУХИХ ХРОМОВАНИХ ОТВОРІВ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ ХОНІНГУВАННЯМ

*Волченко В. В., магістрант; Савчук В. І., доцент*

В сучасних умовах широко застосовуються конструкції деталей які мають глухі отвори із переривистими поверхнями у вигляді вікон. Якість зазначених деталей визначається точністю форми і шорсткістю поверхні, що значно впливає на робочу спроможність і експлуатаційний ресурс виробу.

Оздоблювальна обробка глухих отворів виконується із застосуванням абразивного або алмазного інструмента. Із багатьох методів обробки абразивним інструментом найбільш ефективним є обробка хонінгуванням. Кінематика хонінгування дозволяє виправити похибки геометричної форми поверхні в повздовжньому і поперечному перерізах, зменшити шорсткість і утворити потрібну сітку слідів абразивних зерен на поверхні деталі.

Проблема підвищення точності геометричної форми вирішується шляхом застосування хонінгувальних головок підвищеної жорсткості та оптимізацією режимів різання (величинами тиску, довжини та перебігу брусків). Стабільність продуктивності також досягається за рахунок раціонального режиму різання, підвищеного тиску на бруски і додаткових рухів інструмента. Суттєвим недоліком цих способів обробки є те, що вони не забезпечують інтенсивного виправлення похибок форми. Останнє пояснюється тим, що інтенсивність виправлення похибок форми зменшується із зменшенням самої похибки. Це пояснюється зменшенням вилученого металу, що спричинено циклом процесу, частковим копіюванням форми, яке виникає за рахунок зменшення жорсткості хонінгувальних головок із збільшенням діаметра обробленої поверхні. В багатьох випадках потрібна точність форми залежить від зменшення швидкості повздовжнього руху хонінгувальної головки та часом її витримування в кінці кожного руху. На зменшення похибки форми впливає поділка технологічного процесу на чорнові, чистові та оздоблювальні операції, а також періодична правка хонінгувальних брусків. Перелічені дії технологічного процесу суттєво зменшують продуктивність обробки і не завжди виправляють похибки форми і шорсткість поверхні.

Для виправлення цих недоліків пропонується новий спосіб хонінгування, який дозволяє розширити технологічну спроможність оздоблювальної операції. Новий спосіб реалізується за допомогою оригінальної конструкції хонінгувальної головки. Конструкція головки має корпус, у якому розташований конус, що складається із двох частин. Кожна частина конуса автономно керується, залежно від величини похибки форми поверхні. Робота хонінгувальної головки відбувається за оптимальними режимами різання. Методика розрахунку режимів різання дозволяє запропонувати оптимальні режими для обробки глухих отворів із урахуванням вихідної похибки геометричної форми поверхні у повздовжньому перерізі.



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С РАВНООСНЫМ КОНТУРОМ

*Дмитренко В. С., магистрант; Евтухов В. Г., доцент*

В процессе эксплуатации большинства устройств осуществляется передача крутящих моментов, для чего используются различные по конструкции соединения сопрягаемых деталей.

В настоящее время наибольшее распространение получили шпоночные, шлицевые, клиновые и штифтовые соединения поверхностей сопрягаемых деталей. В тоже время, известны и соединения поверхностей деталей машин с так называемым равноосным контуром (РК профильные). Последние, в сравнении с другими соединениями обеспечивают лучшее центрирование сопрягаемых деталей, не имеет выступающих элементов, являющихся концентраторами напряжений, и обеспечивают повышение передаваемых крутящих моментов. Однако внедрение таких соединений в промышленное производство ограничено из-за сложности их изготовления, что резко увеличивает затраты на их производство. Связано это с низкой производительностью и точностью их механической обработки, сложностью применяемого оборудования и технологической оснастки, что и повышает себестоимость их изготовления. Особую сложность представляет механическая обработка РК профиля на поверхностях валов, что снижает необходимую точность их соединения с отверстиями сопрягаемых деталей.

Исследования РК профильного соединения сопрягаемых деталей методом конечных элементов позволило определить оптимальный вариант его контура, обеспечивающий максимально возможную передачу крутящего момента до разрушения соединения.

Дальнейший анализ технологического процесса механической обработки равноосного профиля сопрягаемой поверхности вала показал, что снижение себестоимости, повышение производительности и точности его обработки возможно за счет проектирования более простого станочного приспособления, устанавливаемого на обычном универсальном оборудовании. В результате для обработки заданного РК профиля возможно применение как обычных проходных резцов, так и чашечных резцов или протяжек. При использовании обычных проходных резцов, последним задаются синусоидальные колебания с частотой в три раза превышающей частоту вращения обрабатываемого вала и дополнительно сообщают вертикальные и качательные перемещения вокруг вершины резца, обеспечивающих постоянство углов резания. Использование чашечных резцов предполагает сообщение им качательных колебаний вокруг оси вращения по определенной зависимости согласованной с одновременными продольными колебаниями детали вдоль ее оси. Обработка с применением протяжек, предусматривает расположение в последней несколько групп зубьев, соответствующих числу граней обрабатываемой профильной поверхности.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «КРИШКА ТОРЦЕВА» НАСОСУ ЦН 63-1400

*Калиновський Д. Ю., магістрант; Євтухов В. Г., доцент*

Технічний прогрес постійно потребує нових видів продукції, будь то в машинобудуванні, приладобудуванні чи в інших сферах виробництва. В свою чергу, виробництво намагається зменшити витрати на виготовлення продукції не ризикуючи її якістю. І тут комплексна механізація та автоматизація технологічних процесів в машинобудуванні є певним етапом розвитку технології виробництва, яку потрібно розглядати як вищу форму механізації праці, коли робітник звільнюється від прямого контакту на предмет праці і за ним залишаються лише функції технологічної підготовки виробництва та керування машинами, що здійснюють ці технологічні процеси.

Під час проведення пошуку рішень для автоматизації виробництва деталі «кришка торцева», що розміщується у внутрішньому корпусі відцентрового насоса ЦН 63-1400, була проведена робота, що дозволила значно збільшити продуктивність її виготовлення. Технологічний процес механічного оброблення для виготовлення деталей малими партіями непридатний для автоматизації. Тому він був адаптований для оброблення «кришки торцевої» на токарно-фрезерному верстаті з ЧПК моделі TMT 4500 S Takisawa. Кількість механічних операцій була зменшена з семи, які здійснювались на різних верстатах, до однієї. При цьому технічна характеристика вибраного верстата дозволяє виконувати механічну обробку точінням та фрезеруванням з двох установів. Базування деталі відбувається в двох шпинделях з використанням при обробленні додаткового фрезерного шпинделя.

Зі зміною верстата відбулось скорочення основного та допоміжного часу. При використанні сучасних високоякісних інструментів фірми «Sandvik» за рахунок підвищених режимів різання скорочується основний час на обробку, а за відсутністю витрат часу на переустановлення і закріплення деталі скорочується і допоміжний час. В результаті досягнуто суттєве скорочення часу на оброблення «кришки торцевої» з 60 хвилин до 10 хвилин.

Для реалізації технологічного процесу механічного оброблення «кришки торцевої» на верстаті з ЧПК моделі TMT 4500 S Takisawa розроблена керуюча програма.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «SHAFT A210-8710C»

*Бова І. О., магістрант; Евтухов В. Г., доцент*

При оптимізації технологічного процесу механічного оброблення заготовок важливу роль відіграє визначенні структури технологічної операції. Її визначення, а також вибір металорізального устаткування за умови забезпечення заданої якості оброблення заготовки зводиться до знаходження оптимального варіанту по продуктивності праці. При цьому відомо, що теоретична продуктивність праці залежить від циклових витрат часу, в які входить оперативний час, що складається з основного (машинного) та допоміжного часу.

При механічному обробленні заготовки деталі «Shaft A210-8710C» по базовому варіанту технологічного процесу основний час складає 21,43 хв., а допоміжний – 50,55 хв. Машинний час залежить від довжини обробки та режимів різання. Допоміжний час складається з часу на установку та зняття деталі, керування верстатом та контрольних промірів, коли останні не перекриваються основним часом виконання операції. Таким чином, для підвищення продуктивності праці необхідно скорочення оперативного часу. Цього можна досягнути за рахунок зміни структури операцій технологічного процесу і скорочення їх кількості, в результаті чого зменшується час на установку та зняття деталі, що й скорочує допоміжний час. Для зменшення основного часу потрібно підвищити режими різання за рахунок використання більш якісних і стійких ріжучих пластин.

В результаті проведених досліджень, при механічному обробленні деталі «Shaft A210-8710C» по базовому варіанту технологічного процесу якої використовувалось 10 механічних операцій, запропоновано зменшити їх до 2-х. При цьому оптимізовано структури деяких операцій, в результаті чого за рахунок використання токарно-фрезерного верстата моделі 1728С замінено чотири токарних і дві фрезерні операції на одну операцію, а використання безцентрово-шліфувального верстата також дозволило скоротити чотири шліфувальні операції до однієї.

Ще одним важливим компонентом у вдосконаленні технологічного процесу є стійкість різального інструмента, ціна якого суттєво впливає на собівартість виготовлення деталі. В проектуваному технологічному процесі при токарній обробці деталі «Shaft A210-8710C» пропонується використовувати пластини фірми SANDVIK Coromant ромбічної форми CNGA090304S01030AWH, які виготовлюються з двохкарбідного твердого сплаву типу T15K6. Визначено оптимальну стійкість різальної пластини в 17 хв., що дозволило підвищити швидкість різання і скоротити основний час.

В цілому, запропонований технологічний процес механічного оброблення деталі «Shaft A210-8710C» дозволив зменшити основний час до 18,34 хв. та допоміжний час – до 24,45 хв.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ СВЕРДЛУВАННІ З ВНУТРІШНІМ ПІДВОДОМ МАСТИЛЬНО–ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ РІДИНИ

*Кононенко О. С., студент; Анісімов В. В., асистент;  
Анісімов В. М., професор, ДВНЗ УДХТУ, м. Дніпро*

Застосування осьового інструменту має широке розповсюдження в машинобудуванні при механічній обробці деталей, особливо це стосується свердел спірального типу. На сьогоднішній день досить широко досліджені механічні процеси під час різання, а теплові процеси досліджені значно менше.

Враховуючи сучасну тенденцію до збільшення швидкості різання, зменшення температури в зоні різання стає все більш актуальною задачею.

Одним із найпоширеніших методів зменшення теплових навантажень є використання мастильно – охолоджувальної рідини (МОР). Традиційно застосовують зовнішнє підведення МОР, але перспективним є підведення МОР через канали прямо в зону різання. Проте оцінити ефект від цього можна, в основному, тільки за непрямими методами.

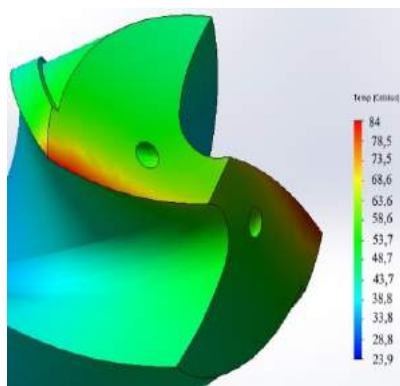
Зараз знаходить широке застосування визначення температур в зоні різання за допомогою Метода кінцевих елементів, оскільки використовуючи цей метод можна дослідити температуру по всій ріжучій кромці інструменту порівняно з традиційним способом, крім того він потребує меншої трудоемності. Одним із розповсюджених програмних модулів є SolidWorksSimulation.

За допомогою SolidWorksSimulation порівняно максимальну температуру в зоні різання свердла без МОР та свердла з внутрішньою подачею МОР. Максимальна температура в зоні без подачі МОР становить - 217°C, а максимальна температура з подачею МОР становить - 84°C (рис.1).

Таким чином, дослідивши процеси обробки з МОР та без неї видно, що використання МОР значно зменшує максимальну температуру в зоні різання в 2,6 разів (62 %). Також з діаграми видно температурний розподіл по ріжучій кромці свердла. Спочатку температура поступово зростає та досягає максимального значення, ближче до краю кромки температура починає зменшуватися. Це можна пояснити низьким співвідношенням місцевого об'єму матеріалу свердла до поверхні тепловідводу.

Порівнявши два способи механічної обробки з використанням МОР та без неї, можна рекомендувати проводити процеси свердлування з підвищеними швидкостями різання, що істотно вплине на продуктивність самого процесу.

Дослідивши зміну температури в зоні різання (рис.2), встановлено, що при збільшенні діаметру каналів температура зменшується, але не так суттєво, як в порівнянні з різанням без МОР.



а)



б)

Рисунок 1 – Характеристика розподілу температури в зоні різання при використанні свердла з внутрішньою подачею МОР: а – отримана модель в SolidWorks; б – діаграма розподілу температури по різальній кромці

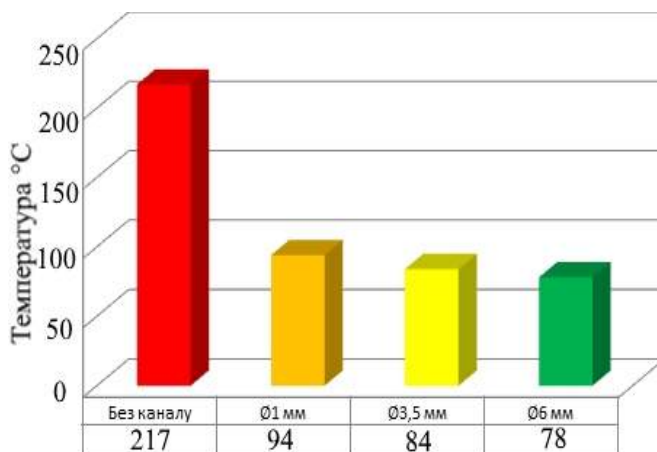


Рисунок 2 – Залежність температури від діаметру каналів

Також дослідження показали, що максимальна температура досягається не в крайній точці ріжучої кромки, а трохи ближче до центру. Це явище викликає науковий інтерес.

## ВПЛИВ АЗОТОТИТАНОАЛІТУВАННЯ ТВЕРДОГО СПЛАВУ ВК 8 НА ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ

*Миколайчук О. І., студент; Савчук О. В., студент;  
Калашніков Г. Ю., аспірант; Хижняк В. Г., професор, НТУУ «КПІ», м. Київ*

Багатогранні непереточувані твёрдосплавні пластини (БНТП) в процесі експлуатації зазнають впливу зносу, контактних навантажень та температур. Найбільшому руйнуванню піддається поверхня БНТП, що зумовлює необхідність розробки методів покращення властивостей поверхневих шарів. На теперішній час покриття на основі карбідів, нітридів перехідних металів використовують з метою підвищення експлуатаційних властивостей БНТП [1-4].

Таким чином, метою роботи є встановлення можливості отримання на твёрдому сплаві ВК8 дифузійних покриттів за участю, азоту, титана і алюмінію, дослідження їх складу, будови, властивостей.

Титаноалітування супроводжується формуванням в основі під шаром ТiС зони з підвищеним вмістом кисню та алюмінію, що в результаті зумовлює падіння властивостей БНТП (таблиця). Загальмувати або зовсім припинити процес утворення даної зони можливий при наявності в дифузійному покритті бар'єрної композиції з шарів ТiС, ТiN [5].

Таблиця – Межа міцності за умов поперечного згину сплаву ВК8 з покриттями

№ зразка	Вид обробки, t <sup>0</sup> C, години	Межа міцності на згин, $\sigma_{зг}$ , ГПа	$\sigma_{зг}/\sigma_{зг}^*$	Коефіцієнт варіації, %
1	Титанування, 1050, 2	1,36	0,81	7,0
2	Титанування, 1050, 4	1,13	0,79	7,9
3	Титаноалітування, 1050, 4	1,09	0,65	23,0
4	Азототитаноалітування, 1050,4	1,50	0,89	6,5
5	Вихідний сплав*	1,68	-	21,5

$\sigma_{зг}^*$  - межа міцності на згин вихідного сплаву ВК8

Аналіз отриманих результатів показав, що незалежно від типу покриття швидкість зношування твёрдосплавних пластин в дослідженому інтервалі умов різання з запропонованими покриттями нижча ніж серійних. Відомо [3], що характер зносу пластин визначається в значній мірі хімічним складом та структурою сталі що обробляють. При точінні високолегованих сталей 12Х18Н10Т, 06Х28МДТ, Р6М5, тощо знос протікає за рахунок адгезійної взаємодії стружки і покриття. Аналіз отриманих результатів (рисунок) показав, що утворена лунка має характерний адгезійний характер. По краю лунки розміщується наплив з нормальними тріщинами по границях. Мінімальне зношування характерне для пластини з азототитаноалітованим покриттями. Крихкі, втомні тріщини в зоні контакту, які характерні для

дифузійних покриттів на основі TiC, відсутні. Найкращі результати серед досліджених в роботі показали азоттитаноалітовані покриття фазового складу TiN, TiC, AlCoTi<sub>2</sub>. Підвищення зносостійкості титаноалітованих БНТП в порівнянні з серійними становило 8,0 разів.

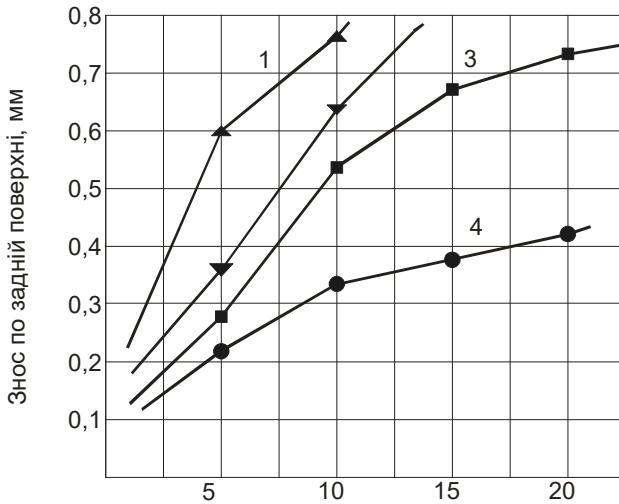


Рисунок – Кінетика зносу багатогранної непереточуваної твердосплавної пластини ВК8 при точінні сталі 12Х18Н10Т (НВ 210); V = 3,3 м/с; S = 0,434 мм/об; t = 1,0 мм; час точіння 15 хв.  
1 – вихідний сплав; 2 – зразок №3; 3 – зразок №1; 4 – зразок №4.

#### Список літератури

1. Wick C. Coatings improve tool life, inc – rease productivity. Manufacturing engineering V. 97 p 26-31.
2. Begmann E., Vogel J., Brink R., Baller R. PVD titanium nitride coating systems to improve tool performance and reduce wear. Carbide and Tool Journal. – 1989. v 20. №5. p. 12-17.
3. Лоскутов В.Ф., Хижняк В.Г., Погребова І.С., Горбатюк Р.М., Бочар І.Й. Карбідні покриття на сталях і твердих сплавах. Тернопіль : Лілея, 1998. – 144с.
4. Хижняк В.Г., Дацюк О.Е., Білик І.І. Дифузійні титаноалітовані покриття з бар'єрним шаром (Ti, Zr)N на жаростійкому сплаві ХН78Т. MOM. – 2015. - №4. – с. 15-22.
5. Хижняк В.Г., Аршук М.В., Лоскутова Т.В., Карпець М.В. Дифузійні покриття за участю титану і алюмінію на азотованій сталі 12Х18Н10Т. Наукові вісті. – К. : НТУУ «КПІ», 2011, №1(75). – с. 118-123.

## СИСТЕМА ПОШУКУ ЕЛЕКТРОННИХ ВИДАНЬ СТАНДАРТІВ ДЛЯ РІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТА «СВЕРДЛО»

*Руденко О. Б., ст. викладач; Ахтирцев В. М., магістрант*

Минулого року створена ієрархічна система пошуку нормативних документів (стандартів) для ріжучого інструмента «Свердло» [1] на основі систематизованого пошуку за допомогою існуючих класифікаторів УКНД, КДС, ДКПП та ОКП з виходом на останньому етапі пошуку різновиду свердла за гіперпосилкою на відповідний етап останнього з наведених класифікаторів – класифікатору ОКП [2], який має найкращу розгалужену класифікацію технологічного оснащення.

При цьому в класифікатор ОКП для кожного останнього рівня класифікації ріжучого інструмента «Свердло» доданий перелік нормативних документів (ГОСТ, ДСТУ, ОСТ, ТУ).

Метою даної роботи є створення в ієрархічній системі пошуку нормативних документів (стандартів) гіперпосилок з посиланням на електронні тексти стандартів ріжучого інструмента «Свердло» для можливості знаходження його стандартного позначення.

Для цього електронні видання стандартів були завантажені в електронний каталог бібліотеки СумДУ (в окремих випадках – в акаунт Dropbox мережі Internet).

В ієрархічній системі пошуку сформовані наступні гіперпосилання:

- посилання на електронне видання стандарту, яке розміщено в електронному каталозі бібліотеки СумДУ (місце гіперпосилки – позначення стандарту);
- для ГОСТів, які в Україні замінені на ДСТУ, – посилання на інформацію про стандарт попереднього видання з можливістю скачування його електронного видання (місце гіперпосилки – позначення ГОСТ);
- посилання на інформацію щодо чинності стандарту (місце гіперпосилки – найменування стандарту).

### Список літератури

1 Ієрархічна система пошуку нормативних документів (стандартів) для ріжучого інструмента «свердло» / Є. О. Голубенко, О. Б. Руденко // Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма IV Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 19-22 квітня 2016 р.: у 2-х ч. / Редкол.: О. Г. Гусак, В. Г. Євтухов. – Суми : СумДУ, 2016. – Ч.1. – С. 23-24.

2 Класифікатор ОКП (1 75 044). Клас 39. Інструмент, технологічне оснащення, абразивні матеріали: ієрархічна система пошуку / О. Б. Руденко. – Електронне видання кафедри ТМВІ. – Суми : СумДУ, 2015. – 37 с.



## ОСНОВНІ НАПРЯМИ ВЕРСТКИ ПРИ СТВОРЕННІ ЕЛЕКТРОННОГО ВИДАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗРУЧНОСТІ КОРИСТУВАННЯ НИМ

*Подлесний А. В., магістрант; Руденко О. Б., ст. викладач*

Забезпечення деяких навчальних дисциплін навчально-методичними матеріалами для існуючого контингенту студентів (включаючи студентів заочної та дистанційної форм навчання) іноді може не відповідати нормативним вимогам (нова сучасна література отримується бібліотеками в обмеженій кількості, а, іноді, немає можливості придбати потрібне видання).

Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є створення електронних видань необхідної навчально-довідкової літератури, які (за рахунок використання сучасних ІТ-технологій) зручні в отриманні та користуванні.

Протягом п'яти років на кафедрі технології машинобудування, верстатів та інструменту накопичена вже велика кількість електронних видань: 13 підручників з дисципліни „САПР технологічних процесів“; 29 класифікаторів; 10 довідників технолога; 5 довідників конструктора; 8 найменувань загальномашинобудівних та 9 найменувань загальномашинобудівних укрупнених нормативів режимів різання та технічного нормування операцій механічної обробки; 16 найменувань міжгалузевих укрупнених нормативів часу.

Метою даної роботи, крім поповнення бази електронних видань, є вдосконалення процесу створення електронного видання та пошук нового програмного забезпечення для цього.

Вимогами для електронного видання, для більш зручного користування ним, є структурування змісту (для полегшення пошуку необхідної теми) та представлення табличного матеріалу в такому вигляді, щоб надати можливість зручного знаходження необхідної інформації (суміщення сторінок); досягнення прийнятної якості сканованих зображень при мінімізації розміру створеного файлу.

Основними етапами верстки електронного видання є:

- попередній поворот повного змісту зображення (*Microsoft Office Picture Manager, Adobe Fotoshop*);
- за потреби, поділення розворотів зображень сторінок на дві окремі сторінки (*Scan Kromsator*);
- освітлення сірих зображень (баланс „яrkість“ - „контраст“ - „яrkість середніх тонів“) в пакетному режимі (*Microsoft Office Picture Manager*), окремих сторінок (*Microsoft Office Picture Manager, Adobe Fotoshop*) або частини зображення (*Adobe Fotoshop*);
- очищення зображень (*Adobe Fotoshop*);
- автоматичне виправлення нахилу сторінок; автоматичне виправлення розмірів полів сторінки та приведення розмірів усіх її сторінок до однакового значення в пакетному режимі (*Scan Kromsator*);

- додаткова автоматична настройка зображення в пакетному режимі (**Microsoft Office Picture Manager**);

- конвертація файлів у пакетному режимі з одного формату в інший, включаючи зміну їх параметрів: розмір сторінок, їх розподільна здатність, стискання тощо, (**Rea Converter, Fast Stone Photo Resizer**);

- представлення табличного матеріалу в такому вигляді, щоб надати можливість зручного знаходження необхідної інформації (суміщення сторінок та окремих їх частин);

- поєднання окремих сторінок в одну книгу та структурування змісту (**Adobe Acrobat Professional**).

Результатом виконаної роботи є створення тринадцяти нових електронних видань (10 підручників з дисципліни „Технологічні основи гнучких автоматизованих виробництв“ та 3 найменування міжгалузевих нормативів часу):

1. Дудюк Д. Л. Гнучке автоматизоване виробництво і роботизовані комплекси: Навчальний посібник / Д.Л. Дудюк, С.С. Мазепа, М.М. Мисик. – Львів: Магнолія плюс, 2005.– 278 с.

2. Технологические основы гибких производственных систем / Под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высшая школа, 2000.– 255 с.

3. Пуховский Е. С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства: Учеб. пособие. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1989.– 240 с.

4. Шишмарев В. Ю. Автоматизация технологических процессов: Учебное пособие. – М.: Издательский центр „Академия“, 2005.– 352 с.

5. Технологические основы ГАП: Конспект лекций для студентов специальности 7.090202 заочной формы обучения / Е.П. Квасов. – Сумы: Изд-во СумГУ, 2000.– 124 с.

6. Организационно-технологическое проектирование ГПС / Под общ. ред. С.П. Митрофанова. – Л.: Машиностроение, 1986.– 294 с.

7. Планирование гибких производственных систем / В.А. Петров, А.Н. Масленников, Л.А. Осипов. – Л.: Машиностроение, 1985.– 182 с.

8. Технология гибкого автоматизированного производства / Е.С. Пуховский, Н.Н. Мясников. – К.: Техника, 1989.– 207 с.

9. Основы создания гибких автоматизированных производств / Под ред. Б.Б. Тимофеева. – К.: Техника, 1986.– 142 с.

10. Технологическая подготовка гибких производственных систем / Под ред. С.П. Митрофанова. – Л.: Машиностроение, 1987.– 352 с.

11. Міжгалузеві нормативи режимів різання для технічного нормування робіт на металорізальних верстатах. У 2-х книгах. – Краматорськ: Центр продуктивності, 2000. – Кн. 1.– 244 с.; Кн. 2.– 341 с.

12. Міжгалузеві нормативи часу на слюсарну обробку деталей і слюсарно-складальні роботи при складанні машин. Одиничне та малосерійне виробництво. – Краматорськ: Центр продуктивності, 2003.– 221 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ, РАЗВИВАЕМЫХ ВИНТОВЫМ КЛИНОМ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ОПОРЫ

*Юрченко В. С., магистрант; Кушниров П. В., доцент*

Вспомогательные опоры станочных приспособлений используются для повышения жесткости технологической системы, в частности, при установке маложестких крупногабаритных заготовок. Указанные вспомогательные опоры не участвуют в процессе базирования заготовки (базирование осуществляется с помощью основных опор), а служат лишь для увеличения количества точек контакта поверхности заготовки с установочными поверхностями опор.

Подводимые вспомогательные опоры могут иметь различную конструкцию. Штырь опоры, например, может осуществлять только вертикальное перемещение. Для расширения технологических возможностей опор разработаны конструкции, позволяющие штырю наклоняться на определенные углы, а также поворачиваться вокруг вертикальной оси [1].

Дальнейшее развитие конструкций вспомогательных опор предполагает применение в них винтового клина. Такое техническое решение позволяет расширить диапазон возможных углов наклона штыря, а также сделать конструкцию опоры более компактной.

Усилия, развиваемые в данной опоре, можно определить исходя из зависимостей [2]. Тогда момент на рукоятке винтового клина будет равен

$$M_n = P[R_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \cdot f]$$

где  $P$  – требуемая сила на штыре опоры;

$R_{cp}$  – средний радиус рабочей поверхности винтового клина;

$\alpha$  – угол подъема кривой винтового клина;

$\varphi_1$  – угол трения на рабочей поверхности клина;

$R, r$  – наибольший и наименьший радиусы опорной поверхности клина;

$f$  – коэффициент трения на опорной поверхности клина.

### Список литературы

1. Мальцев А. С. Усовершенствование вспомогательных опор станочных приспособлений / А. С. Мальцев, П. В. Кушниров // Современные материалы, техника и технология: материалы 3-й Международной научно-практической конференции (27 декабря 2013 года). В 3-х т. – Т. 2. – Курск: Юго-Западный государственный ун-т, 2013. – С.316-318.

2. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. 7-е изд., перераб. и доп. / А. К. Горошкин. – М. : Машиностроение, 1979. – С. 203.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ФРЕЗЫ С ПОМОЩЬЮ РУЧНОГО ПРУЖИННОГО ДИНАМОМЕТРА

*Тонченко А. С., магистрант; Кушниров П. В., доцент*

Торцовые фрезы, входящие в состав агрегатной фрезерной головки (АФГ), должны обладать достаточной жесткостью для обеспечения качества обработки [1]. От жесткости фрезы напрямую зависит возможность применения высоких режимов резания – подачи, глубины резания. Для увеличения жесткости в конструкциях АФГ используют упорные подшипники качения и корпуса фрез повышенной толщины [2].

Жесткость корпуса фрезы может быть измерена различными способами, в том числе с помощью ручного динамометра, содержащего тарированную пружину (см. рис.1). Достоинством такого динамометра является возможность приложения силы в любой точке исследуемой детали и под любым углом. Возникающие при этом перемещения измеряют индикаторами часового типа либо специальными тензодатчиками (см. рис.2).



Рисунок 1 – Ручной пружинный динамометр

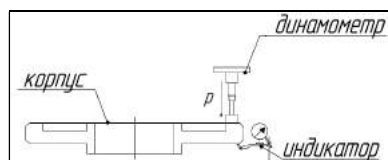


Рисунок 2 – Схема исследования жесткости корпуса фрезы

### Список литературы

1. Кушниров П. В. Агрегатные фрезерные головки с пересекающимися траекториями режущих ножей / П. В. Кушниров, Ю. Я. Тарасевич, А. А. Нешта // СТИН. – 2013. – №2.– С. 5 – 9.

2. Гончаренко И. Ю. Регулируемые агрегатные фрезерные головки / И. Ю. Гончаренко, П. В. Кушниров // Прогрессивные технологии и процессы: сборник научных статей 2-й Международной молодежной научно-практической конференции (24-25 сентября 2015 года) / В 3-х т. – Т. 1. – Курск: Юго-Западный государственный ун-т, 2015. – С. 243 - 245.

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА ЗАГОТОВОК ИЗ ПРОКАТА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРАХ. РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР ЗАГОТОВОК ДЛЯ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

*Заманов М. С., студент; Доброворский С. С., профессор,  
НТУ «ХПИ», г. Харьков*

В данной работе изучается возможность использования объектно-ориентированного языка программирования Java для создания приложения, которое позволяет осуществлять автоматизированный выбор оптимальных заготовок из проката для последующей их обработки с помощью станков с числовым программным управлением. Также полученный программный продукт позволяет провести расчёт основных характеристик выбранной заготовки, а также расчёт нормы расходования материала и коэффициента его использования.

Был проведен анализ существующих методов выбора заготовки для фрезерной обработки, и оптимизации данного выбора получения наиболее технологического, а также экономически эффективного решения.

Внедрение данной программы в производство позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на выбор заготовки, по той причине, что у специалиста, в большинстве случаев, не будет необходимости в обращении к справочной литературе и государственным стандартам. Это, в свою очередь, освободит его время для решения менее тривиальных и более продуктивных задач.

Программа имеет удобный, а также интуитивно-понятный интерфейс. Для оптимизации выбора заготовки используется уникальный алгоритм поиска по существующим сортаментам проката.

Также изучается возможность создания и внедрения в программу алгоритма для автоматизации оптимального выбора заготовки среди всех существующих методов получения заготовок.

## Список литературы

1 Руденко П. А., Харламов Ю. А., Плескач В. М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении – Киев: «Выща школа» – 1991 – С. 21 – 24.

2 Дмитриев В. А. Обоснование метода получения заготовок. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию – Самара: СГТУ – 2010 – С. 4 – 28.

## ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ В ДЕТАЛЯХ ТИПА МЕТЧИК БУРИЛЬНЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ

*Иванова М. С., доцент; Белоусов Н. А., студент, НТУ «ХПИ», г. Харьков*

Для захвата и последующего извлечения бурильных колонн из скважин в нефтегазовой промышленности применяют универсальные бурильные метчики типа МБУ и ЛМ, длина которых варьируется в зависимости от типоразмера в пределах 680...1100 мм. В корпусе таких метчиков расположено центральное отверстие, предназначенное для подачи промывочно-охлаждающей жидкости в зону захвата.

Исходя из технического назначения отверстия, к нему предъявляются невысокие технические требования: точность диаметрального размера по 16 качеству, шероховатость поверхности 10 мкм по параметру  $Ra$ . Тем не менее, наружные и внутренние поверхности метчика не должны иметь трещин, волосовин, плен и других внешних дефектов, а их вырубание и заваривание не допускается.

Сложность обработки центрального отверстия при изготовлении универсальных бурильных метчиков состоит в том, что изделие является нежестким (соотношение длины и средневзвешенного наружного диаметра метчика  $L/d_c = 6...10$ ), а центральное отверстие – глубоким (соотношение длины и диаметра отверстия  $L/d = 20...30$ ).

Заготовкой для метчика, как правило, является прокат стальной горячекатаный круглый, поэтому для получения центрального отверстия на производстве применяют операцию глубокого сверления спиральным сверлом с удлинителем. Однако малая жесткость сверла и неблагоприятные условия отведения стружки могут привести к уводу оси отверстия, пакетированию стружки и поломке режущего инструмента. Для улучшения условий отвода стружки при обработке глубоки отверстий применяют специальные сверла для глубокого сверления с принудительной подачей СОЖ в зону резания, что требует специального оборудования.

Для уменьшения увода оси отверстия на выходе применяют двухстороннее сверление, однако, в этом случае появляется кривизна оси отверстия: излом или уступ. Такой дефект может быть устранен растачиванием, но введение дополнительной операции в технологический процесс снижает производительность и повышает себестоимость изготовления изделия.

Таким образом, выбор оптимальной технологии обработки центрального отверстия в метчике в условиях мелкосерийного производства является актуальной научно-практической задачей.

## УЛУЧШЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДНОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ЗУБОФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

*Клочко А. А., профессор; Сеница Ю.А., студент,  
НТУ «ХПИ», г. Харьков*

В настоящее время актуальной является задача снижения уровня шумов зубчатых передач в связи с ужесточением и нормированием требований к уровню шумов автотракторной техники. По традиционной технологии до последнего времени практически все зубчатые колеса грузовых автомобилей, тракторов и сельхозмашин в странах СНГ изготавливались без зубошлифования. Требуемая точность зубчатых колес устанавливалась отраслевыми стандартами, которые, позволяли изготавливать зубчатые колеса на отечественном оборудовании используя инструмент отечественного производства.

Целью данной работы является проверка возможности изготовления средномодульных зубчатых колес исключая малопроизводительный абразивный вид обработки по схеме «зубофрезерование на станке с ЧПУ – термообработка – лезвийная зубообработка».

Актуальность данной проблемы заключается в том, что ранее чистовая обработка на зубофрезерном станке не представлялась возможной из-за ограничения максимальной скорости поворота стола, превышение которой приводило к повреждениям механизма поворота стола. Этот фактор был исключен с появлением зубофрезерных станков с ЧПУ, оснащенных независимыми приводами для каждого рабочего органа и синхронизированы между собой системой ЧПУ.

В ходе исследования была изготовлена опытная партия зубчатых колес на зубофрезерном станке с ЧПУ OFA75CNC с использованием червячных фрез оснащенные пластинками из твёрдого сплава. Опытные образцы были измерены поэлементным контролем на измерительной машине «GearSpect DO-3 PC».

Результаты исследования подтвердили возможность использования зубофрезерного станка с ЧПУ для изготовления средномодульных зубчатых колес 7-й степени точности диаметром до 500мм по ГОСТ1643-81 и с уровнем шума не выше уровня, достигаемого при использовании зубошлифования. Для обеспечения 7 степени точности по ГОСТ 1643-81 методом лезвийной обработки для средномодульных зубчатых колес рекомендуется использование зубофрезерных станков с ЧПУ, чистовых червячных фрез класса точности А, АА, ААА.

**ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ  
У МАШИНОБУДУВАННІ**



## ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ

*Кочура В. Ю., магістрант*

До вдосконалення складальних робіт призводить виявлення та аналіз наступних характеристик, устаткування та параметрів:

- показники та важливість автоматизації складального процесу;
- оцінювання технологічності конструкції об'єкта складання. Вимоги до технологічності деталей та складальних одиниць;
- вдосконалення конструктивних рішень реальних деталей та вузлів, фотографії та креслення за прикладами;
- визначення відносної орієнтації деталей, дослідженням реальних деталей у КОМПАСі;
- технологічне забезпечення точності базування деталей;
- пристосування для складання та контролю;
- техніко-економічне оцінювання процесу складання.

Важливим чинником при складанні є відносна орієнтація деталей. Наявність фаски на втулці підвищує можливість складання, тому що шлях, що проходить вал, при однаковому куті перекошування збільшується. Неспіввісність вісей дедалей що складаються або лінійний зсув зменшує допустиму величину кута перекошування втулки.

Точність поверхонь деталей формується на протязі усього процесу обробки. На поверхнях залишаються сліди від інструмента. Тобто створюється шорсткість, нерівності та відхилення форми. Похибки закріплення деталей у пристосуванні виникають внаслідок контактних деформацій поверхонь під дією сил що закріплюють. Похибки залежать від шорсткості, зношування опорних поверхонь пристосувань і т.і.

Складання базової та комплектуючої деталей відбувається в такий спосіб: базування та закріплення в установочній позиції базової деталі; базування та закріплення в іншій установочній позиції комплектуючої деталі; відносно орієнтування цих деталей. Доцільність визначають економічні розрахунки.

Конкурентоспроможність виробів машинобудування значною мірою визначається їх надійністю, однією з основних складових якої являється довговічність. Недостатня довговічність окремих деталей призводить до частих аварійних зупинок і незапланованих ремонтів, що істотно збільшують експлуатаційні витрати. Проте існуючі методи механічної обробки і зміцнення деталей машин при усій їх різноманітності далеко не завжди використовуються ефективно: практика отримання технологічних рішень, що склалася, у більшості випадків не передбачає узгодження довговічності деталей з терміном служби машини в цілому.

*Робота виконана під керівництвом доцента Швеця С. В.*

## МОДЕЛЮВАННЯ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПІРАЛЬНИХ СВЕРДЕЛ

*Лиштван А. В., магістрант*

Програмний комплекс DEFORM має гнучку модульну структуру, що дозволяє користувачеві вибрати і придбати оптимальний набір модулів під номенклатуру вирішуваних завдань.

Додаткові модулі Machining 3D і Machining 2D використовуються для моделювання процесів механообробки.

DEFORM застосовується по всьому світу, як на промислових підприємствах, так і в науково-дослідних інститутах і технічних університетах, є найпоширенішим програмним комплексом для моделювання процесів обробки металів.

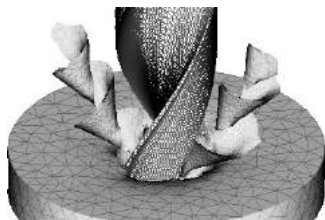


Рисунок – Моделювання процесу свердління

Він дозволяє перевірити, відпрацювати і оптимізувати технологічні процеси безпосередньо за комп'ютером, а не в ході експериментів на виробництві методом проб і помилок. DEFORM має можливість використання різних моделей пластичності матеріалу, велику базу даних за характеристиками матеріалів і устаткування, моделювання різних умов тертя між заготовкою і інструментом, різних рухів інструменту. Для порівняння умов стружкообразования при використанні свердел з різною формою головної задньої поверхні використана математична модель процесу. За допомогою методу скінчених елементів (DEFORM - 3D) створена модель процесу свердління стали 45 свердлом з T15K6 при швидкості різання  $V=180$  м/мін і поданню  $s=0,4$  мм/о (рисунок). Розрахунки крутних моментів, моделювання зношення по головній задній поверхні свердел показують, що метод заточування свердла не робить вирішального впливу на його працездатність.

Для створення заднього кута на головній задній поверхні її заточують, надаючи їй форми різних поверхонь. Це може бути конус (при схемах заточування Вашбурна або Вейскера), циліндр, площина, сфера, гвинтова поверхня.

Здійснення заточування по тому або іншому методу вимагає спеціального устаткування. Проте при цьому немає рекомендацій і виводів, який з методів прийнятніше з точки зору підвищення стійкості інструменту.

Розтинаючи 3 - D моделі свердел, заточених за різною методикою, площинами, що проходять на різному видаленні від осі, визначаємо вплив положення точки головної різальної кромки на величину заднього кута при різних методах заточування.

*Робота виконана під керівництвом доцента Швеця С. В.*

## МЕТОД СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ТОЧІННІ КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ

*Лавренко М. В., магістрант*

DEFORM - спеціалізований інженерний програмний комплекс, призначений для аналізу процесів механічної обробки. DEFORM дозволяє перевірити, відпрацювати і оптимізувати технологічні процеси безпосередньо за комп'ютером, а не в ході експериментів на виробництві методом проб і помилок. Завдяки цьому істотно скорочуються терміни випуску продукції,



Рисунок

підвищується її якість і знижується собівартість. Розроблений американською компанією Scientific Forming Technologies Corporation (SFTC). DEFORM дозволяє моделювати операції механообробки (точіння, свердління та ін.) (рисунок).

Програма DEFORM дозволяє моделювати широке коло технологічних процесів, вживаних на виробництві, має можливість використання різних моделей пластичності матеріалу. Крім того має такі переваги:

- велика база даних за характеристиками матеріалів і ковальсько-пресового устаткування, а так само широкі можливості по їх редагуванню і додаванню;
- можливість моделювання різних умов тертя між заготовкою і інструментом;
- широкі можливості моделювання різних видів руху інструменту;
- простий і зручний інтерфейс.

Програмний комплекс DEFORM має гнучку модульну структуру, що дозволяє користувачеві вибрати і придбати оптимальний набір модулів під номенклатуру вирішуваних завдань.

Для здійснення процесу різання, із-за наявності неминучих втрат, споживається більше енергії, ніж вимагається для руйнування оброблюваного матеріалу. Чим менше енергії споживає система, тим краще вона організована, менше витрати на здійснення процесу, менше навантаження на інструмент. Фізичні процеси такого роду оцінюються за допомогою коефіцієнта корисної дії. Стосовно системи різання це відношення критичної енергії руйнування до величини роботи зовнішніх сил. Можна говорити, що при будь-якій організації процесу різання величина споживаної енергії перевершує енергію руйнування.

*Робота виконана під керівництвом доцента Швеця С. В.*

## КОНСТРУЮВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ЧОТИРЬОХКООРДИНАТНОГО ГОНІОМЕТРА

*Басов Б. С., студент; Криворучко Д. В., професор;  
Коротун М. М., доцент*

На виробництві світлової оптики транспортних засобів виникла потреба у її юстируванні. Існують різного типу пристрої для юстирування (гоніометри), але такі пристрої або не відповідають технічним умовам та вимогам виробника, або економічна доцільність їх використання (у зв'язку із значною ціною) підлягає сумніву. Розробка таких пристроїв у різних джерелах інформації розглянута тільки у загальному вигляді, на рівні технічних характеристик, тобто потребує додаткової розробки та досліджень. Метою роботи був аналіз сучасних конструкцій, розробка та виготовлення гоніометра для юстирування світлової оптики транспортних засобів, дослідження його можливостей тестуванням та видача рекомендацій з приводу його використання. Наукова новизна полягає у розробленні комплексного підходу до проектування, виготовлення та дослідження точності конструкції розробленого гоніометра, що дає нові можливості для забезпечення його високої функціональності та придатності до експлуатації. Практична доцільність виконаної роботи полягає у підвищенні точності та продуктивності його розподіленої системи приводів, які реалізують функції тактичного рівня керування, доступні при експлуатації в умовах малих підприємств. За результатами роботи виконано аналіз сучасних конструкцій гоніометрів як для передачі, так і контролювання кутів, що мають точність відліку та передачі кутів у межах від частки хвилин до секунд. Встановлено, що сучасні гоніометри мають від 2 до 6 управляючих координат. Управління здійснюється як у ручному режимі, так і за програмою. Зазначено, що тільки частина гоніометрів використовується для цілей юстирування оптики. Переважна більшість використовується не для передачі, а для визначення кутів у кристалах, тощо. За результатами аналізу конструкцій гоніометрів розроблена класифікація гоніометрів, на базі якої сформульовані задачі для конструювання, виготовлення та дослідження чотирьохкоординатного гоніометра з програмним управлінням. Виконано конструювання, виготовлення та дослідження чотирьохкоординатного гоніометра з програмним управлінням. Теоретичними та експериментальними дослідженнями точнісних параметрів гоніометра встановили, що розподіл плям – точок лазерного променя на екрані при повторних переміщеннях за заданими параметрами вузлів підкоряються законам розподілу випадкових величин. Для їх аналізу використовували теорію математичної статистики. За робочу гіпотезу нами прийнятий двомірний нормальний розподіл. Дослідженням встановлено, що сконструйований та виготовлений гоніометр відповідає вимогам ГОСТ Р 41.112-2005 (Правила ЕЭК ООН №112) і може бути прийнятий до експлуатації.

## ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ПРИ ВИБОРІ МЕТАЛООБРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ

*Жигаєва Д. Ю., магістрант; Алексєєв О. М., професор*

Робота присвячена дослідженню можливостей об'єднаних в одній системі вибору металообробного обладнання машинобудівних підприємств двох технологій прийняття інженерних рішень- традиційної, заснованої на експертному оцінюванні, і нечітко-логічною, побудованою на математичному апараті нечіткої логіки.

Володіючи своїми перевагами і обмеженнями, обидва методи при поєднанні дають нову властивість, надаючи системі прийняття рішень нові особливості: 1) традиційні системи виявляються зручними на етапі опису даних про обладнання і дозволяють залучати до прийняття рішень вузьких фахівців, що володіють достатньою компетенцією для отримання достовірної інформації про стан окремих компонентів системи; 2) використання підсистеми нечіткої логіки дає можливість об'єднати в єдину систему прийняття рішень фахівців різних компетенцій, організувати передачу між ними інформації в тому випадку, коли вона представлена у вигляді нечітких підмножин. Така система дає можливість оперувати не тільки класичними значеннями логічних змінних «брехня» і «істина», а й вживати їх проміжні значення, помірно переходячи від одного крайнього значення («неправда») до іншого крайнього значення («істина»).

Процес обробки нечітких правил виводу в розробленій системі прийняття рішень складається з 4 етапів.

Для визначення приналежності характеристик металорізального обладнання до нечітких логічних підмножин пропонується використовувати функції приналежності у вигляді кусочно-безперервних функцій, що мають початкову і кінцеву ділянки з нульовим рівнем достовірності та проміжні ділянки, що відповідають переходу до одиничного (максимального) рівня достовірності. В роботі показано, що такі проміжні ділянки можуть апроксимувати кривими 1-го порядку.

Модифікацію правої частини прийнятого твердження «якщо - то» пропонується виконувати з використанням методу correlation-product encoding.

Для отримання узагальненого результату по нечітким множинам в прийнятій і в констатуючій частинах логічного висновку рекомендований метод Sum combination.

В якості скалярного результату запропоновано використовувати центр ваги функції приналежності нечіткої множини з констатуючої частини нечітко-логічного твердження.

Розроблена система випробувана на прикладі перевірки доцільності придбання заточувального верстата MF-263 з двигуном 5.000 кВт і ціною 152680 грн.

## ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

*Требухов Д. В., магістрант; Алексєєв О. М., професор*

Генетичні алгоритми, як правило, застосовуються для оптимізації цільової функції в задачах комбінаторного типу, коли для пошуку рішення найкращим або єдиним способом є перебір аргументів цільової функції. Наприклад, скласти план виготовлення інструменту, таким чином, щоб загальна маса виготовляється інструменту з надтвердого матеріалу, відповідала його запасами на складі. Або при відомих витратах робочого часу на виробництво кожного з інструментів, скласти план виготовлення таким чином, щоб в заданий проміжок часу (зміна, місяць, календарний рік) випускати задану кількість інструментів. Або, щоб сумарна трудомісткість виробництва інструменту відповідала фонду часу, згідно затвердженого штатного розкладу тощо.

Залежно від характеру розв'язуваної задачі генетичні алгоритми можуть містити різні етапи, які є математичними аналогами відповідних механізмів, що беруть участь в еволюційному розвитку. При плануванні випуску продукції інструментального виробництва генетичний алгоритм включає уточнення цільової функції, створення початкової популяції, вибір батьків, схрещування особин, мутації нових особин, відбір і знищення слабких особин, перевірку якості нової популяції. Процеси від створення нової популяції до перевірки її якості циклічно повторюються до тих пір, поки не буде досягнутий оптимум цільової функції або поки не відбудеться встановлене число змін поколінь.

Як цільова в розробленій методиці прийнята функція

$$F_i = [Q] - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{i,j}$$

де  $[Q]$  - директивна ефективність виробництва інструментів;

$Q_{i,j}$  - приведена ефективність окремих типорозмірів інструменту.

Процес формування плану випуску продукції з використанням генетичного алгоритму розглядається як послідовна зміна популяцій. Перехід від популяції  $X_0$  до  $X_1$  і потім послідовно від  $X_1$  до  $X_{i+1}$  проводиться шляхом поетапного застосування механізмів репродукції (оператори відбору, схрещування, мутації і виживання) і порівняння якості нових популяцій з критеріями оптимальності.

В якості оператора відбору використовується механізм випадкового відбору, заснований на тому, що більш життєздатна особина має найбільшу ймовірність брати участь у формуванні нащадків. Для формування плану виробництва інструменту це означає, що чим ближче сумарна ефективність інструментів, що становлять геном особини, до оптимального значення

цільової функції тим вище ймовірність участі такої особи в створенні потомства.

Сутність дії оператора схрещування полягає в тому, що він повинен забезпечити обмін генами між двома особинами, що утворюють батьківську пару. Для схрещування запропоновано використовувати двоточковий оператор схрещування, згідно з яким розігрують дві випадкові цілі величини, значення яких не можуть збігатися і повинні знаходитися в інтервалі від 2 до  $n-1$ . Розіграно випадкові величини ранжують і приймають меншу в якості першої точки розриву  $t_1$ , а більшу - в якості другої точки розриву  $t_2$ .

У загальному випадку оператор мутації служить для моделювання природного процесу мутації, покликаний розширити розглянутий генофонд і тим самим перешкоджати багаторазового повторення поколінь з геномоподібними особинами (зациклення завдання).

Можливість використання оператора мутації перевіряється з умови,  $P_{mut} > Z$ , де  $P_{mut}$  ймовірність мутації,  $P_{mut} = 0,001 \dots 0,01$ , приймаємо  $P_{mut} = 0,005$ ;  $Z$  - випадкова величина.

Послідовне застосування операторів відбору, схрещування і мутації призводить до створення нових особин, які разом з особинами вихідної популяції складають нову, розширену популяцію, що складається з удвічі більшої кількості особин. У зв'язку з цим виконується відбір найсильніших особин, а загальна чисельність нової популяції доводиться до встановленого раніше рівня шляхом знищення слабких особин. При цьому працює оператор виживання, в основі якого лежить механізм визначення якості особини за показниками критерію оптимальності. Особи найгіршої якості виключаються з популяції.

Роботою оператора виживання закінчується репродуктивний цикл і в разі, якщо рішення не отримано, то він повторюється по відношенню до нової популяції відповідно до встановленого генетичним алгоритмом. Таке циклічне виконання операторів повторюють до тих пір, поки не буде досягнутий оптимум цільової функції ( $F = 0$ ) або не пройде встановлений еволюційний період (число змін поколінь досягне встановленого рівня  $N_{ц}$ ).

Розроблена методика випробувана на прикладі планування випуску п'яти видів інструментів зі змінними твердосплавними пластинками п'яти-восьми типорозмірів. Застосування генетичних алгоритмів дозволило встановити, що задану ефективність виробництва можна забезпечити виготовленням 19 інструментів (3 різця, 5 фрез, 4 свердла, 4 зенкера, 3 розгортки). При цьому оптимальне значення цільової функції забезпечується в межах встановленого еволюційного періоду ( $N = 2035211 < N_{ц} = 107$ ). Запропоновану методику можна використовувати у навчальному процесі, при розробці як типових, так і не стандартних інструментів. Особливо таку методику доцільно використовувати при проектуванні, плануванні та розробці нестандартного або спеціального інструменту.

## АВТОБАЛАНСУВАННЯ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ВЕРСТАТА

*Холявка С. В., магістрант; Коротун М. М., доцент;  
Шаповал Ю. В., викладач – стажист*

Шпиндельні вузли сучасних верстатів обертаються із такими високими частотами, що при наявності незначних дисбалансів у конструкціях виникають значні вібрації, які впливають на якість оброблюваної поверхні. Коливання та вібрації збільшуються у процесі різання, і чим більше об'єм поверхневого шару метала, що знімається, тим більше дисбаланс. Особливо це стосується малогабаритних токарних верстатів, шпиндельні вузли яких обертаються із значними частотами, а патрони із затиснутою заготовкою не мають автобалансування. З рівня техніки відомий автобалансир шпиндельного вузла верстата, що містить корпус, в якому виконаний кільцевий канал, заповнений демпфуючою рідиною, кульки, вільно розміщені у кільцевому каналі, та маточину. Пристрій має дещо спрощену конструкцію, яку можливо використовувати у малогабаритних патронах шпиндельних вузлів верстата. Недоліком такої конструкції є те, що як на старті, так і при вимиканні частоти обертання шпинделя кульки збігаються в одному місці, як правило донизу, що збільшує додаткову масу дисбалансу у статистиці. При переході у динамічний режим, тобто при стартуванні та розгоні до високих частот. Мета дослідження - зменшити час виходу кульок у режим автобалансування, що покращить як статичне, так і динамічне навантаження на шпиндельний вузол верстата, зокрема на малогабаритний корпус шпиндельного вузла. Поставлену мету запропоновано вирішувати тим, що автобалансир шпиндельного вузла верстата додатково оснастили гнучкими конусоподібними пружними елементами, рівномірно розміщеними на маточині, які більшою основою конуса жорстко зв'язані з кульками, а меншою – затиснуті на маточині, причому діаметр кільцевого каналу перевищує діаметр кульок. Гнучкі конусоподібні пружні елементи саме завдяки різній гнучкості поздовж конуса можуть виконувати функцію часткового автобалансування. Зв'язок меншої основи конуса пружних елементів з маточиною теж додає їм більшої гнучкості. Зв'язок більшої основи конуса пружних елементів з кульками підвищує ефект збільшення інерційної маси і точці дисбалансу. Наявність кульок забезпечує основну функцію автобалансування, і сумісно з конусоподібними пружними елементами створює повну функцію автобалансування. Виконання жорсткого зв'язку між кульками та пружними елементами дозволяє утримувати кульки у вихідному положенні, обмежує можливість кулькам збиратися в одній частині кільцевого каналу, що покращує статико – динамічні характеристики автобалансира при стартуванні та при вимиканні частоти обертання шпиндельного вузла. Досліди проводили з використанням програмного продукту ANSYS, які підтвердили теоретичні передумови автоматичного балансування шпиндельного вузла верстата.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКАХ, РАБОТАЮЩИХ МЕТОДОМ ОБКАТКИ

*Емельяненко С. С., доцент; Михно И. В., магистрант*

Работоспособность современного оборудования в значительной мере зависит от качества изготовления передач, в том числе и зубчатых передач. Качество зубчатых передач влияет на долговечность работы оборудования, его бесшумность работы при высоких скоростях и точность. Как правило, обеспечение долговечности и бесшумности работы зубчатых передач предопределяется точностью их изготовления и сборки. Следовательно, изготовление точных зубчатых колес является очень важным для современного машиностроения.

Как известно зубчатые колеса получают методом копирования и обкатки. В большинстве случаев применяют метод обкатки, поскольку он обеспечивает более высокую производительность изготовления, более высокую точность и более высокое качество поверхности. Метод обкатки используют при своей работе зубодолбежные, зубофрезерные, зубострогальные и зубошлифовальные станки. Обеспечение точности изготовления зубчатых колес на данных станках напрямую зависит от их кинематической точности. Сейчас при проектировании данного оборудования можно подходить обосновано к разработке их кинематических схем, учитывая влияние погрешностей каждого элемента кинематической цепи на погрешность получаемого зубчатого колеса.

Расчеты на точность таких станков позволяют исключить возможность применения в промышленности таких станков, которые спроектированы на первый взгляд рационально, но не обеспечивают достаточной точности изготавливаемого зубчатого колеса. В этом случае время и средства затраченные на конструирование и изготовление таких станков, будут потеряны только по тому, что не был своевременно произведен расчет их кинематической цепи на точность.

Назначение допусков без расчета кинематической цепи на точность, при обеспечении достаточной точности обработанного зубчатого колеса так же может привести к большим затратам на изготовление излишне точных деталей станка, что снижает экономический эффект.

По результатам расчета кинематической цепи станка на точность, можно определить на какие элементы следует назначить более жесткие допуски, а на какие менее жесткие допуски. Данный расчет позволяет определить степень влияния каждого элемента кинематической цепи на точность изготовления зубчатого колеса на данном станке.

Расчет кинематической цепи станка на точность современными методами позволит сократить время на разработку станка, снизить его себестоимость и обеспечить необходимую точность.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

*Емельяненко С. С., доцент; Пимоненко А. В., магистрант*

Шпиндельный узел является одним из основных элементов металлорежущего станка и именно он во многом определяет жесткость, точность, виброустойчивость, производительность и надежность всего станка в целом.

Шпиндель является конечным звеном привода главного движения и предназначен для крепления инструмента или заготовки посредством стандартных приспособлений, а также передачи им в процессе обработки вращательного движения, часто в совокупности с поступательным движением, которое обеспечивает движение подачи в станке.

При проектировании шпиндельных узлов особое внимание следует уделить:

1. Точности.
2. Быстроходности.
3. Жесткости.
4. Виброустойчивости.
5. Теплостойкости.
6. Долговечности.

На сегодня существует ряд конструктивных схем шпиндельного узла, которые влияют на точность, быстроходность и жесткость.

Выбор материала самого шпинделя и его термической или химико-термической обработки влияет на жесткость, виброустойчивость, теплостойкость и долговечность.

Выбор метода смазывания подшипников шпинделя влияет на быстроходность, долговечность и тепловыделения.

На первом этапе проектирования шпиндельного узла выбирают тип опор и схему их расположения, определяют основные конструктивные параметры шпинделя, выбирают тип приводной передачи, выбирают значение предварительного натяга, класс точности и серию подшипников, выполняют предварительную оценку радиальной жесткости узла.

Окончательный вариант компоновочной схемы принимают в результате прорисовки шпиндельного узла, а также проведения расчетов на жесткость, виброустойчивость и температурного расчета.

Проведение выше приведенных расчетов может быть произведено аналитическим методом или с использованием моделирования в программных продуктах, в основу которых положен метод конечных элементов. Использование такого подхода позволит провести комплексные расчеты, что даст возможность повысить точность полученных результатов. Также это позволит оптимизировать конструкцию, как самого шпинделя, так и всего шпиндельного узла в целом.

## ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ КРУГЛОЇ ЗОВНІШНЬОЇ РІЗЬБИ

*Довгополов А. Ю., аспірант, Некрасов С. С., доцент,  
Агеева Є. А., студентка*

У вітчизняній і зарубіжній гірничодобувній промисловості широко використовується буровий інструмент, кріплення якого здійснюється за допомогою круглої різьби. Використання такого різьбового з'єднання обумовлене високим терміном служби і підвищеним опором динамічним навантаженням, характерним для ударного буріння. Крім того, кругла різьба добре працює в умовах забрудненої різьбової поверхні. Круглу різьбу нарізають на виробках, що експлуатуються у важких умовах.

Представлена різьба має певні труднощі при її виготовленні шляхом різання. Особливі труднощі виникають при нарізанні зовнішньої різьби, оскільки вона має малий внутрішній діаметр та великий крок.

Кожен із існуючих способів обробки відрізняється один від одного кінематикою рухів, інструментом що застосовуються і способом формування. Основною складністю виготовлення запропонованої різьби є велика величина кроку різьби. Існує ще один спосіб обробки круглої внутрішньої різьби [1], це обробка гвинтової поверхні мірним інструментом, даний спосіб був взятий за основу для подальшої роботи, та адаптації даного методу для обробки круглої зовнішньої різьби.

За рахунок певних змін в реалізації способу обробки круглих внутрішніх різьб мірним інструментом [1], а також використання додаткового обладнання, а саме однозубого інструменту, що має можливість обробки зовнішньої циліндричної поверхні, було адаптовано зазначений вище спосіб обробки, для виготовлення зовнішніх різьб. В процесі адаптації було розроблено технологію, яка дозволяє виготовити круглу зовнішню різьбу будь якого типорозміру за один прохід. На основі запропонованої технології, та за рахунок використання однозубого інструменту, були проведені дослідження, в результаті яких була встановлена можливість механічної обробки різьбових вставок за даною технологією. Проведені дослідження дали змогу виготовити металеві вставки з зовнішньою круглою різьбою з великим кроком, запропонованим способом. В процесі механічної обробки, вдалося встановити можливість використання запропонованої технології, яка забезпечує зниження часу на обробку круглої різьби, та збільшити продуктивність обробки. Слід також відзначити, що спосіб не потребує використання спеціалізованого обладнання.

### Список літератури

1. Пат. UA 103734. Спосіб обробки круглої внутрішньої різьби/ С. С. Некрасов, Д. В. Криворучко, А. О. Нешта МПК В23С 3/32 (2006.01), В23В 1/00. - № а201214037 заявл. 10.12.2012; 11.11.2013, бюл. № 21.

# **СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕНЕДЖМЕНТУ РИЗИКУ В ОРГАНАХ СЕРТИФІКАЦІЇ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

*Батюк Н. І., студент;  
Савченко Е. С., аспірант; Івченко О. В., доцент*

Фундаментом створення та функціонування єдиного світового ринку є вільне переміщення товарів. Наявність в міжнародній торгівлі технічних бар'єрів створює перешкоди як для виходу української продукції на європейські та міжнародні ринки, так і для доступу вітчизняних споживачів до якісних закордонних продуктів. Механізми ліквідації технічних бар'єрів в торгівлі базуються на взаємному визнанні результатів оцінки відповідності, що може бути забезпечено тільки в результаті технічної гармонізації.

Така гармонізація досягається наявністю в країні сучасної системи технічного регулювання, яка б відповідала загально визнаним міжнародним нормам та правилам, насамперед, Світової організації торгівлі та міжнародних організацій з стандартизації – ISO, IEC, ITC. Основними складовими системи технічного регулювання є стандартизація; оцінка відповідності (сертифікація товарів, робіт, послуг), метрологія, акредитація органів з оцінки відповідності та випробувальних і калібрувальних лабораторій.

Механізми скорочення технічних бар'єрів у торгівлі викладені в угоді ВТО з технічних бар'єрів у торгівлі. Якщо регулятивні органи в різних країнах вносять зміни до базових технічних стандартів, то органи, що здійснюють випробування, контроль та сертифікацію, що діють від імені експортерів на ці ринки, приступаючи до оцінки відповідності, повинні бути інформовані про всі зміни та їх значимість.

Такі додаткові зміни, внесені регулятивними органами, можуть істотно збільшити витрати експортерів та імпортерів, та накласти додаткову відповідальність на органи з оцінки відповідності, які повинні бути в курсі кожної зміни базового стандарту, необхідні для задоволення потреб численних ринків. В той же час існує проблема з підвищення ефективності діяльності органів з оцінки відповідності з урахуванням принципів менеджменту ризику, що викладені в міжнародному стандарті ISO 31000.

Підвищення ефективності робіт органів з оцінки відповідності шляхом застосування менеджменту ризику при проведенні робіт з сертифікації систем управління на основі розробки методу оцінювання ризику. При використанні фундаментальних положень основ теорії менеджменту ризику, кваліметрії, системного аналізу та експертні методи оцінювання вирішено ряд наукових завдань. Вдосконалена матриця оцінки ризику призначена для оцінки ризику під час сертифікації систем управління (інтегрованих систем управління), враховує рейтинг імовірності та наслідки – комплекс аспектів впливів на вимоги різних стандартів та інших нормативних документів, а також потреби зацікавлених сторін, супутні необхідні заходи та дії, які дозволяють організаціям з великою ефективністю зменшити рівень ризику при сертифікації систем управління або інтегрованих систем управління.

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ

*Євстаф'єва Є. О., аспірант; Дядюра К. О., професор;  
Павлова А. С., студент*

В останні роки актуальним серед вітчизняних організацій постає питання побудови інтегрованих систем управління. Все більше організацій, розробивши і сертифікував систему управління якістю, визначають побудову інтегрованої системи управління як наступний крок в удосконаленні своєї діяльності, а також умовою для проходження процедур сертифікації при експорті в країни члени Європейського Співтовариства [1].

Інтегрована системи управління (далі ІСУ) звично визначається як така, що відповідає вимогам більш ніж одного системного стандарту (ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, SA 8000, ISO 22000, ISO 27001 тощо).

Для підприємств, які намагаються впровадити ІСУ, існує проблема її вірного вибору. Як доводить практика, більшість невдалих проектів розробки і постановки продукції на виробництво пов'язано саме з некоректним застосуванням ІСУ оскільки немає чітких критеріїв оцінки, за якими можна провести аналіз та вибрати систему. Це також веде до того, що дуже складно оцінити ефективність впровадження ІСУ і, як результат – високий ступень ризику. Потрібно також врахувати велику розмірність та складність даних, що містять ІСУ. У відповідних інформаційних джерелах практично повністю відсутні будь-які дані щодо кількісних порівняльних оцінок ефективності застосування ІСУ, а також практично відсутні дані щодо особливостей побудови їх інформаційного базису. Аналіз показує, що на розвиток систем стандартів впливають різні види протиріч вимог до продукції та пов'язаних з нею процесів [2], зокрема між прагненням до якості і засобами її досягнення (між постійно змінюваною кількістю і якістю). Система стандартів адаптується до середовища і внаслідок цього стає більш чутливою до флуктуацій.

Традиційно ефективність складної системи оцінюється у такій послідовності: встановлення показників та (або) критеріїв ефективності; визначення числових значень показників ефективності; прийняття рішення про ефективність системи. Оцінювання ефективності можливо здійснювати за якістю виконання завдань [3], за якістю виконання системою функцій за призначенням [4, 5], шляхом порівняння ефективності різних аналогів [6]. Встановлення показників та критеріїв ефективності можна реалізувати за ієрархічною моделлю завдань, функцій, показників і критеріїв [4]. Ієрархічна модель ефективності може подаватися у вигляді таблиць, структурних схем, дерева або графа і приводить, як правило, до появи вектору показників (критеріїв) ефективності [6, 7]. Альтернативним є використання директивних вимог до ефективності системи [6]. У результаті формується єдиний домінуючий критерій [6] або вектор критеріїв [8]. Визначення числових

значень показників може здійснюватися шляхом вимірювання контрольованих параметрів (за наявності зразка системи), методами моделювання (за неможливості проведення вимірів), розрахунковими або експертними способами [4, 7, 9]. Етап формування рішення про ефективність системи полягає у виробленні кінцевого висновку на підставі аналізу й обробки значень відповідних показників. Залежно від складу аналізованих критеріїв ефективності розрізняють однокритеріальні [3, 4] та багатокритеріальні [6, 7] моделі прийняття рішень із застосуванням відповідних методів розв'язку оптимізаційних завдань.

#### Список літератури

1 Калита П. Система управління якістю: «за стандартом» чи за специфікою підприємства / П. Калита // Світ якості України. – 2011. – № 3. – С. 102–104.

2 Шарапов О. Д. Економічна кібернетика: Навчальний посібник. / О. Д. Шарапов, В. Д. Дербенцев, Д. Є. Семьонов. – К.: КНЕУ, 2004. – 231 с.

3 Цвиркун А. Д. Основы синтеза структуры сложных систем / А. Д. Цвиркун. – М.: Наука, 1982. – 200 с.

4 Чумаков Н. М. Оценка эффективности сложных технических устройств / Н. М. Чумаков, Е. И. Серебряный. – М.: Сов. радио, 1980. – 192 с.

5 Воронин А. Н. Сложные технические и эргатические системы: метод использования / А. Н. Воронин, Ю. К. Зияудинов, А. В. Харченко, В. В. Осташевский. – Х.: Факт, 1997. – 240 с.

6 Герасимов Б. М. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности: монографія / Б. М. Герасимов, М. М. Дивизинюк, И. В. Субач. – Севастополь: Издательский центр СНИЯЭ и П, 2004. – 320 с

7 Брахман Т. Р. Многокритериальность и выбор альтернатив в технике / Т. Р. Брахман. – М.: Радио и связь, 1984. – 288 с.

8 ГОСТ Р МЭК 61069-3-2012 Измерение и управление промышленным процессом. Определение свойств системы с целью ее оценки. Часть 3. Оценка функциональности системы. – [Действующий от 2014-07-01]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200102936>

9 Дедков В. К. Принципы формування критерії та показників ефективності функціонування складних технічних систем / В.К. Дедков Журнал «Надежность и качество сложных систем», Пензенский государственный университет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/printsipy-formirovaniya-kriteriev-i-pokazateley-effektivnosti-funktsionirovaniya-slozhnyh-tehnicheskikh-sistem>

## МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДГОТОВКИ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

*Сфіменко Н. А., професор, ЧНУ, м. Черкаси*

Сучасний стан системи метрологічного забезпечення вимагає високої кваліфікації фахівців. Знання в галузі метрології важливі і для фахівців зі збуту, менеджерів, економістів, які повинні використовувати достовірну вимірювальну інформацію в своїй діяльності.

Методи і засоби управління якістю промислової продукції - це способи, якими керівні органи впливають на елементи виробничого процесу, забезпечуючи досягнення і підтримку планованого стану і рівня якості продукції.

Метрологічне забезпечення важливо на всіх етапах оцінки якості промислової продукції.

Одне з найважливіших напрямків метрологічного забезпечення – це метрологічне забезпечення якості по сертифікації і стандартизації продукції.

Метрологічне забезпечення підготовки виробництва - це комплекс організаційно-технічних заходів, що забезпечують визначення з необхідною точністю характеристик виробів, вузлів, деталей, матеріалів, сировини, параметрів технологічного процесу, обладнання та дозволяють домогтися значного підвищення якості продукції, що випускається і зниження невиробничих витрат на її розробку і виробництво.

Метрологічне забезпечення підготовки виробництва включає в себе:

1. Встановлення раціональної номенклатури вимірювальних параметрів і норм точності, що забезпечують достовірність вхідного і приймального контролю виробу, а також контролю параметрів технологічного процесу і обладнання. Норми точності вимірювань регламентовані в ряді стандартів на методи вимірювання, аналізу і випробувань.

2. Забезпечення технологічних процесів найбільш досконалими методиками виконання вимірювань, що гарантують необхідну точність вимірювань, атестацію та стандартизацію цих методик (в комплект розроблених методик повинні входити методики, що забезпечують безпеку і охорону праці).

3. Забезпечення (постачання, розробка, виготовлення) виробництва засобів вимірювань, в тому числі і спеціального призначення, засобів обробки і подання інформації, а також нестандартних засобів вимірювань;

4. Забезпечення метрологічного обслуговування і перевірки засобів виміру.

5. Забезпечення умов виконання вимірювань, встановлених науково технічною документацією.



6. Підготовка виробничого персоналу і працівників відповідних служб до виконання контрольно-вимірювальних операцій, перевірки, юстирування засобів вимірювань.

7. Організація і проведення метрологічного контролю і експертизи конструкторсько-технічної документації.

Завдання метрологічного забезпечення підготовки виробництва в тій же міру повинні вирішуватися і на підприємствах-постачальниках сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, тому що це більш економічно, ніж організація повного входного контролю на підприємстві споживача. Роботи по метрологічне забезпечення підготовки виробництва виконують конструкторські, метрологічні і технологічні служби з моменту отримання вихідних документів на вироби. Склад вихідних документів визначається галузевими стандартами. Методичний посібник реалізацій заходів здійснюють державні відомчі метрологічні служби.

Одне з найважливіших напрямків метрологічного забезпечення – це метрологічне забезпечення якості по сертифікації і стандартизації продукції.

Метрологічне забезпечення на етапі виробництва полягає в підтримці і перевірки правильності організації технологічних процесом на всіх його етапах.

Аналіз метрологічного забезпечення на цьому етапі включає в себе встановлення правильності організації входного контролю, в тому числі оптимальну номенклатуру контрольованих параметрів і забезпеченості робочих місць засобами та методиками вимірювань.

### Список літератури

1. Дорожовець М. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник для вузів в двох томах / [М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін.]. – За ред. д-ра техн. наук Б.Стадника. – Львів: Вид-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2004. – Т1. Основи метрології. – 524 с.

2. Дорожовець М. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник для вузів в двох томах / [М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін.]. – За ред. д-ра техн. наук Б.Стадника. – Львів: Вид-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2004. – Т2. Вимірювальна техніка. – 656 с.

3. Поліщук Є. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник для вузів / Є. Поліщук, М. Дорожовець, В. Яцук, В. Ванько, Т. Бойко. – За ред. професора Є. Поліщука. – Львів : Бескид Біт, 2003. – 544 с.

## ДО ПИТАННЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ МЕТРОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКСЕРА ДОНОРСЬКОЇ КРОВІ

*Кайдик О. Л., доцент; Терлецький Т. В., доцент, Луцький НТУ, м. Луцьк*

Однією із умов заготовлення донорської крові [1], яка ставить за мету подальше її перероблення на фактори гемокоагуляції, є витримання рекомендованого співвідношення гемоконсерванту відносно крові шляхом застосування пристрою, який дозволив би автоматично контролювати його зупинку, під час ексфузії заданої дози крові, за її масою.

Міксери донорської крові, на практиці, дозволяють станціям (медичним підрозділам) переливання крові, нормувати об'єми крові під час забору її у донорів та розділяти, ранішеотриману дозу крові, на окремі порції.

Об'єм забірної крові задають і контролюють у грамах, а для його перерахунку застосовують такий вираз:

$$m = kV, \quad (1)$$

де  $m$  – маса дози крові донора, г;  $V$  – об'єм цієї дози, мл;  $k$  – нормований коефіцієнт ( $k = 1,05$ ), який враховує густину його крові, г/мл.

В'язкість крові обумовлена наявністю у ній білків та еритроцитів, а її густина – від кількості червоних кров'яних тілець та вмісту у них гемоглобіну й білкового складу плазми крові. Нормовані значення відносної густини крові знаходяться у межах [2]: чоловіки – 1,056–1,064 г/мл; жінки – 1,051–1,060 г/мл. Аналіз існуючих конструкцій пристроїв [3–5] для перемішування крові донора з консервантом, із поміж основних, дозволяє виокремити вузол вимірювання ваги донорської крові, де поєднано ваговимірювальний тензOMETричний давач [6, 7] із блоком порівняння. Зауважимо, що точність вимірювання такого вузла наближується до одного граму. У даному випадку принцип вимірювання ваги базується на зрівноважуванні фізичної величини ваги вантажу, який зважують, із пружною механічною силою тензодавача та подальшим перетворенням цієї сили в нормований електричний сигнал.

Стандартні методики [8–12], які дозволяють калібрувати або повірити ваговимірювальні пристрої, розроблено для систем вимірювання затвердженого типу, не дають можливості, у повній мірі, індивідуалізувати процес забору крові у донорів. Дослідження даного питання являє собою практичний інтерес, оскільки забезпечення принципів єдності вимірювань напряму пов'язане із захистом інтересів народного господарства та громадян України [13]. Розроблена авторами методика відповідає встановленим вимогам [14] та дозволяє стабілізувати, під час подальших вимірювань, коефіцієнт автокореляції вимірювальних параметрів (маси). У свою чергу, такий процес дозволяє врахувати, а потім і усунути похибку механічних параметрів вузла вимірювання ваги, тим самим підвищити точність вимірювання маси донорської крові, під час експлуатації пристрою.

## Список літератури

- 1 ВГО “Асоціація служби крові України”. Технологічні стандарти. Донорська кров та її компоненти. Заготівля, зберігання, використання та контроль якості. – Вид. офіц. – Житомир, 2007. – 96 с.
- 2 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://meduniver.com/Medical/Xirurgia/1015.html> (дата звернення: 15.03.2017).
- 3 Миксер донорської крові Б.Микс (В.Міх). Руководство по эксплуатации. ЛДКР-01.0-03.70-04 РЭ. [Електронний ресурс]. URL: <http://leadcore.ru/eqip/bmixrukadm.pdf> (дата звернення: 15.03.2017).
- 4 Blood collection monitor Bagmatic SL. User manual. SW Revision 9.0.34.3. [Електронний ресурс]. URL: [http://lambda-med.hu/assets/user-manual\\_bagmatic-sl\\_v10-1\\_en2.pdf](http://lambda-med.hu/assets/user-manual_bagmatic-sl_v10-1_en2.pdf) (дата звернення: 15.03.2017).
- 5 BIOMIXER BM330. Service manual. [Електронний ресурс]. URL: [http://www.ljungberg-kogel.com/pdf/BM330\\_service\\_manual.pdf](http://www.ljungberg-kogel.com/pdf/BM330_service_manual.pdf) (дата звернення: 15.03.2017).
- 6 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.asutpp.ru/datchiki/tenzodatchik.html> (дата звернення: 15.03.2017).
- 7 ГОСТ 30129-96. Датчики весоизмерительные тензорезисторные. Общие технические требования. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.gosthelp.ru/gost/gost7134.html> (дата звернення: 15.03.2017).
- 8 ГОСТ 29329-92. Весы для статического взвешивания. Общие технические требования. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.gosthelp.ru/text/GOST2932992Vesydylyastatic.html> (дата звернення: 15.03.2017).
- 9 ТОВ “Юнісистем”. Ваги електронні настільні торговельні UNS-15Т. Настанова з експлуатації. ЮС2.793.001 НЕ. – Вид. офіц. – Київ, 2010. – 25 с.
- 10 Укрвеси”. Ваги торговельні настільні електронні ВТНЕ-15Н, ВТНЕ-30Н. Настанова з експлуатації. АБИМ.404412.004-1 НЕ. – Вид. офіц. – Дніпропетровськ, 2004. – 16 с.
- 11 Методика поверки весов статического взвешивания изготовленные фирмой CAS Corporation. [Електронний ресурс]. URL: [https://www.scale.ru/upload/iblock/2df/poverka\\_cas\\_static.pdf](https://www.scale.ru/upload/iblock/2df/poverka_cas_static.pdf) (дата звернення: 15.03.2017).
- 12 ГОСТ 8.453-82. Весы для статического взвешивания. Методы и средства поверки. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.gosthelp.ru/text/GOST845382GSOEIVesydylyast.html> (дата звернення: 15.03.2017).
- 13 Закон України “Про метрологію та метрологічну діяльність”. [Електронний ресурс]. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1314-18> (дата звернення: 15.03.2017).
- 14 ДСТУ 3215-95. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення. [Електронний ресурс]. URL: [http://citm.ho.ua/Dist/Txt/DSTU\\_3215.pdf](http://citm.ho.ua/Dist/Txt/DSTU_3215.pdf) (дата звернення: 15.03.2017).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЛОЖНОСТИ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

*Коновалова Н. А., аспирант*

Существует несколько подходов к определению сложности тестового задания (ТЗ). Рассмотрим подход, который заключается в том, что сложность ТЗ определяется по результатам предварительного тестирования. В нормативных документах, для разработки составляющих системы стандартов высшего образования МОН Украины рекомендуется при использовании тестирования в качестве инструмента объективного контроля качества образования выпускников вуза, учитывать сложность ТЗ по индексу сложности  $I_c$ :

$$I_c = \frac{H + L}{n} \cdot 100 \quad (1)$$

где  $H$  – количество правильных ответов в сильной группе;

$L$  – количество правильных ответов в слабой группе;

$n$  – общее количество экзаменуемых в обеих группах.

Используются и другие формулы для количественного выражения сложности ТЗ. Но в общем случае вес задания определяется по соотношению правильных и неправильных результатов его выполнения. Выразим вес ТЗ через отношению числа событий  $N(A)$ , в которых условие  $A$  выполнено (ответ не оценен максимально возможным количеством баллов), к общему числу событий  $N$ :

$$P_c = \frac{N(A)}{N} \cdot 100 = \frac{\sum_{i=1}^k (B_{max} - B_i)}{k \cdot B_{max}} \cdot 100 = \left( 1 - \frac{\bar{B}}{B_{max}} \right) \cdot 100, \quad (2)$$

где  $B_i$  – результат выполнения ТЗ  $i$ -м студентам, оцененный в баллах;

$k$  – количество студентов, у которых результат выполнения ТЗ был оценен;

$B_{max}$  – максимально возможное количество баллов за выполнение ТЗ;

$\bar{B}$  – средняя оценка за выполнение ТЗ, выраженная в баллах.

При оценивании успешности выполнения теста, помимо сложности ТЗ необходимо учитывать их значимость, насколько знание контролируемого учебного материала важно для понимания материала всей темы, дисциплины, всего курса обучения.

*Работа выполнена под руководством профессора Алексева А. Н.*

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТОРГОВО-СЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Кривошея С. А., аспирант; Дядюра К. А., профессор*

Процесс управления не является отдельной составляющей жизненного цикла предприятия. Это всегда совокупностью действий по преобразованию входных потоков в выходные потоки. Эффективная взаимосвязь процессов представляет собой систему бизнес-процессов. Слаженность, ясность намерений управления процессами как единой системой, позволяет повышать эффективность предприятия стремящегося быть, востребованным на рынке.

Любая организация не зависимо от вида деятельности использует процессы для достижения своих целей. Рассмотрение организации как совокупность процессов, а деятельность как набор процессов, отдельно управляемых стало известным еще с 50-х годов XX века. Компании, имеющие преимущество в качестве, эффективности, экономичном направлении, принимали за эталон процессно-ориентированную систему управления исходя с требования клиента, что и было доказано на практике. Такая модель работы предприятия имеет удобство при анализе эффективности деятельности. Изучая отдельные процессы (технологические, организационные), а также весь процесс их взаимосвязи можно вносить изменения для повышения эффективности функционирования организации в целом.

В настоящее время есть все основания считать, что компрессорное и энергетическое оборудование (далее КЭУ) отечественного производства по эксплуатационным характеристикам не поступает лучшим зарубежным аналогам. Однако конкурентоспособными являются только те образцы КЭУ, для которых должным образом организованное послепродажное техническое обслуживание.

В современных условиях, при высоком уровне механизации и автоматизации производственных процессов производительность труда в промышленности в большой степени зависят от состояния КЭУ. Итак, от процессов организации технического обслуживания, ремонта и модернизации КЭУ существенно зависит экономика предприятия, в первую очередь, вопросы, связанные с простоем оборудования и технологических линий производства.

Проанализировав имеющийся отечественный и зарубежный опыт в сфере послепродажного технического обслуживания современного КЭУ, можно сделать следующие выводы:

- компании-производители КЭУ уже давно не поставляют «просто компрессор» и «сопутствующее обслуживание». Потребителям предлагается комплексный набор самых передовых технологий и сервисов для эксплуатации современной компрессорной техники;

- информационное обеспечение перестало быть просто инструментом и становится системообразующей платформой для эффективной эксплуатации и обслуживания современного КЭУ. В отечественной практике для достижения стратегической цели завоевания рынка продаж КЭУ и преобладание в значительной его сегменте использования зарубежного опыта в области послепродажного сервиса на уровне отдельных конструкторских бюро или машиностроительных заводов на сегодняшний день недостаточно. Необходимые перспективные решения, создающие образ интегрированной системы послепродажного технического обслуживания компрессорной техники будущего.

В связи с этим, это направление научных исследований, заключается в исследовании и повышении эффективности послепродажного технического обслуживания КЭУ на основе положений стандартизации и логистики с обеспечением необходимого качества обслуживания, является актуальным.

Цель работы – разработка положений по информационному обеспечению системы послепродажного технического обслуживания КЭУ на основе управления качеством и его нормативного обеспечения.

Установлено, что основные направления выполненных ранее исследований по изучению элементов информационного обеспечения по управлению качеством послепродажного технического обслуживания КЭУ можно условно разделить на несколько групп: общие положения логистики и послепродажного технического обслуживания изделий (работы Скоробогатова Т. Н., Аникина Б.А., Ельдештейна Ю. М., Кулибанова В. В., Гаджинский А. М.) специфика послепродажного обслуживания шахтных КЭУ (работы Позняков П.А., Монахова А. П., Поспелова А. П., Ключкова В.В., Панова В. А., Судебная Е. В., Левина А. Н., Давыдова А. Н., Барабанова В.В., Далецкий С. В.) вопросы управления качеством послепродажного технического обслуживания (статьи в журналах «Автопилот», ИЦ «Коммерсант», «Business week», «Автомобили», работы Ельдештейна Ю. М. и др.). Научные работы первой группы имеют общий характер. В них преобладают общие принципы логистики и послепродажного технического обслуживания. Научные исследования авторов работ второй группы связаны с перечислением и обсуждением общих проблем послепродажного технического обслуживания отечественных КЭУ. Рассмотрены пути решения данной проблемы не представляют собой комплексное решение, а выделяют только наиболее значимые, с точки зрения авторов, направления по повышению эффективности технического обслуживания.

Авторами ряда научных работ третьей группы предложены основные критерии для оценки системы качества по послепродажному обслуживанию изделий.

Указанное выше позволяет сделать вывод о важности планируемых исследований и сформулировать основные направления научных исследований, в которых за основу будут взяты современные положения логистики – информационный и интегрированный логистический подходы.

## УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА КОМБІНОВАНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПАКУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

*Кузьменко А. В., студент;  
Денисенко Ю. О., ст. викладач*

Пакувальні матеріали відіграють важливу роль у формуванні асортименту товарів, їх іміджу, забезпеченні збереженості в процесі товаропросування. Ринок України диктує поступовий розвиток промисловості й сільського господарства в напрямку створення якісних товарів у надійній упаковці. Сучасна ефективна та приваблива упаковка трансформувалась в активний ринковий інструмент.

Гнучкі пакувальні матеріали мають суттєві переваги порівняно із жорсткими таропакувальними виробами. Важлива характеристика цих плівок – їх здатність поєднуватись одна з одною різними методами (склеювання, сполучення ультразвуком або високочастотним зварюванням та ін.). Комбіновані матеріали використовують для пакування у значній кількості, завдяки необмеженим комбінуванням властивостей: вибором складу композиційного матеріалу; встановленням порядку чергування шарів; забезпеченням необхідного рівня адгезійної взаємодії між шарами та ін. Крім того, плівки економічно ефективні, як пакувальні матеріали, оскільки мають високі експлуатаційні показники, що забезпечують довготривалий термін служби і привабливий зовнішній вигляд упаковки.

Процес з'єднання плівок шляхом склеювання називається ламінуванням. Важливим завданням у виробництві ламінатів є не лише забезпечення збереження запакованого продукту, але і мінімізація впливу самого пакування на продукт: міграцію шкідливих речовин (пластифікаторів, інгібіторів, фарбників та ін.) з полімерних плівок, або клею, яким з'єднані шари комбінованого матеріалу. Це потребує застосування додаткових методів вхідного та вихідного контролю, жорсткіших критеріїв до вибору сировини тощо. Важливим є також забезпечення екологічної безпеки при утилізації відходів пакування, а також можливості їх переробки.

Для компаній, що працюють в Україні та виробляють пакувальні матеріали, зокрема, на експорт на сьогодні є важливою відповідність якості продукції не лише національним стандартам, але також – Європейським і світовим. В Україні на даний момент практично відсутні нормативні регламенти і стандарти на виробництво комбінованих матеріалів для пакування харчових продуктів.

Отже, враховуючи вищенаведене, виникає необхідність у розробці і систематизації нормативно-технічної документації, наприклад, технічних умов (ТУ) і методів контролю, які дозволили б виробнику забезпечити виготовлення якісних, безпечних пакувальних матеріалів, які б відповідали найвищим світовим стандартам якості.

## СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

*Мартиненко Т. В., студент;  
Денисенко Ю. О., ст. викладач*

Створення здорових і безпечних умов праці, а, отже, збереження життя і здоров'я людини в процесі праці – одне з найважливіших завдань на сучасному етапі розвитку суспільства. Комфортні і безпечні умови праці сприяють зниженню стомлюваності, підвищенню продуктивності праці людини, що є значущим фактором у діяльності підприємств.

Традиційні методи організації роботи з охорони праці в повному обсязі відповідають сучасному рівню управління і розвитку виробництва і є, на жаль, недостатньо ефективними.

До найбільш значущих недоліків існуючих методів організації робіт з охорони праці в машинобудуванні можна віднести невикористання всіх можливостей системного підходу. Удосконалення організації охорони праці на основі системного підходу може бути реалізовано за допомогою виявлення взаємозв'язку і взаємозалежності системи організації охорони праці та інших систем управління.

Машинобудівні підприємства в сучасних умовах господарювання для завоювання і зміцнення своїх позицій на ринку, головною метою своєї діяльності ставлять якість і конкурентоспроможність продукції, що випускається, тому в першу чергу наявні організаційні та матеріальні кошти спрямовуються на створення і вдосконалення системи управління якістю згідно вимог ДСТУ ISO 9001:2015. Звідси найбільш ефективним є розвиток системного підходу до організації охорони праці на основі інтегрування аспектів, пов'язаних з організацією робіт, управлінням, плануванням, контролем і оцінкою охорони праці в системі управління якістю. Аналіз безпеки інфраструктури та виробничого середовища на основі експертного прогнозу змін факторів зовнішнього і внутрішнього середовища і проведення заходів з підтримки безпеки загальних для системи управління якістю і охорони праці також сприяє вдосконаленню організації охорони праці на основі системного підходу.

Таким чином, в сучасних умовах господарювання актуальність даної роботи визначається необхідністю розробки науково-практичних рекомендацій щодо вдосконалення організації охорони праці на підприємствах машинобудування на основі системного підходу. Це вимагає критичного аналізу стану організації охорони праці на підприємстві, аналізу існуючих методів прогнозування змін виробничого середовища під дією зовнішніх і внутрішніх факторів, методів оцінки шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища, а також дослідження проблеми інтегрування аспектів охорони праці в системі управління якістю.



## ВАЛІДАЦІЯ, ЯК МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ У ФАРМАЦЕВТИЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Медушевський С. В., аспірант, ЧНУ, м. Черкаси*

Відповідно до визначення міжнародної організації зі стандартизації якість являє собою сукупність характеристик продукції або послуги, які надають їм здатність задовольняти обумовлені або передбачувані потреби.

Під управлінням якістю продукції розуміють постійний, планомірний, цілеспрямований процес впливу на всіх рівнях на фактори та умови, що забезпечує створення продукції оптимальної якості і повноцінне її використання.

Поряд з універсальними стандартами ISO 9000 використовуються галузеві стандарти, які враховують специфічні вимоги окремих галузей, таких як GMP.

GMP (Good Manufacturing Practice) – це комплекс стандартів для фармацевтичної промисловості. Цей стандарт призначено для зниження ризику, що існує у використанні будь-якої фармацевтичної продукції та не може бути повністю усунений шляхом проведення іспитів готової продукції. Принципи та правила GMP є обов'язковими для всіх країн – членів ЄС [1].

Керівний принцип GMP полягає в тому, що якість закладається в процес виготовлення продукції, а не тільки проходить перевірку в готовому продукті. Тому, створюються гарантії того, що препарат не тільки відповідає кінцевим технічним умовами, а й того, що він виготовляється відповідно до того ж порядку дій і при тих же умовах щоразу, коли здійснюється його випуск.

Ключовим елементом забезпечення якості у фармацевтичній промисловості згідно стандарту GMP являється валідація.

Процес валідації передбачає створення документально оформленої доказової бази, яка з високим ступенем достовірності підтверджує, що той чи інший запланований процес буде неухильно сприяти досягненню намічених конкретних результатів. Валідація проводиться за результатами аналітичних випробувань, параметрів експлуатації обладнання та технологічних систем, наприклад, подачі повітря, води і пари, а також за характеристиками таких процесів, як виробництво, санітарна очистка, стерилізація, стерильний розлив, висушування, комп'ютеризована система і т. ін. [2]. Зокрема, належить розглянути питання валідації окремо по комп'ютеризованим системам як одиниць обладнання так і програмного забезпечення. Кожен етап виготовлення лікарського препарату повинен служити переконливим доказом того, що процес його випуску проходить у відповідності до визначених планом дій. Валідаційні випробування дозволяють перевірити функціонування випробовуваної системи в передбачуваних екстремальних умовах її експлуатації з тим, щоб переконатися в збереженні керованості цієї

системи. Передбачається, що при успішній валідації системи або процесу останні залишаються під контролем, якщо ні в систему, ні в процес не вносять будь яких змін. У тому випадку, якщо впроваджуються зміни, виникають проблеми, відбувається заміна обладнання або його перенесення в інше місце, то валідацію проводять повторно [3]. Найважливіше обладнання та процеси проходять повторне затвердження в плановому порядку з певною періодичністю, щоб була очевидна подальша керованість процесу.

У правильності функціонування систем/технологічних процесів/роботи обладнання/результатів тестування можна переконатися шляхом проведення перспективних, паралельних або ретроспективних досліджень. Суть перспективної валідації полягає в забезпеченні збору даних по заздалегідь спланованим протоколу [4]. Такий метод є найбільш контрольованим і лежить в основі принципів валідації.

Ті чи інші кваліфікаційні/валідаційні випробування призначені для перевірки певних параметрів і вимірювання конкретних результатів. Будь-які модифікації устаткування, систем, технологічних процесів або порядку дій можуть зумовити зміни параметрів або вплинути на очікувані результати. Тому, всі зміни в період після завершення початкової валідації повинні здійснюватися під контролем. Контроль за внесенням змін повинен носити формалізований характер і проводитися відповідно до заздалегідь встановленої процедури, яка докладно викладена в документі по забезпеченню якості.

Контроль за внесенням змін передбачає проведення таких заходів, як планування змін та підготовку відповідного пропозиції поряд з обґрунтуванням доцільності змін і прогнозуванням очікуваних наслідків щодо функціонування, експлуатації обладнання або його продуктивності.

#### Список літератури

- 1 Настанова СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2016. – Лікарські засоби. Належна виробнича практика. – Київ: МОЗ України, 2016. – 357 с.
- 2 EMA/CHMP/CVMP/QWP/BWP/70278/2012-Rev 1. – Guideline on process validation for finished products – information and data to be provided in regulatory submissions, 27 February 2014.
- 3 EMA/CHMP/CVMP/SWP/169430/2012. – Guideline on setting health based exposure limits for use in risk identification in the manufacture of different medicinal products in shared facilities, 20 November 2014.
- 3 PE 008-4 (1 Annex) Explanatory Notes for Pharmaceutical Manufacturers on the Preparation of a Site Master File, 1 January 2011.

## СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ СЕРТИФІКАЦІЇ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЛІСОВИМ ГОСПОДАРСТВОМ

*Павлова А. С., студент;  
Івченко О. В., доцент; Дмитрієва Н. В., інженер*

В умовах переходу України до ринкової системи господарювання актуальним є досвід управління лісовим сектором зарубіжних країн з урахуванням національних особливостей. У країнах Європи, на відміну від України, спостерігається чітке розмежування повноважень між різними органами влади, щодо організації, планування та контролю. Реформування лісового господарства в Україні має відбуватися з урахуванням досвіду країн із розвинутою ринковою економікою, оскільки ці країни мають позитивний досвід економічного регулювання процесів управління і використання лісових ресурсів.

Екологічні проблеми, глобалізаційні процеси на світовому ринку лісоматеріалів зумовили виникнення низки ініціатив соціальної та екологічної відповідальності у лісовому секторі: системи екологічного менеджменту (EMAS, ISO), групи відповідальних покупців (GFTN), лісової сертифікації (FSC, PEFC), ініціативи з попередження незаконних рубок (FLEG, FLEGT, Ecological ratings, WTS). Концентровано мету діяльності зазначених ініціатив можна виразити в практичній реалізації принципів сталого розвитку у лісовому господарстві.

Сертифікація – процедура, за допомогою якої визнаний в установленому порядку орган документально засвідчує відповідність продукції, систем якості, систем управління якістю, систем управління довкіллям, персоналу встановленим законодавством вимогам [1]. Лісова сертифікація – це процедура, під час якої третя незалежна сторона засвідчує відповідність системи ведення лісового господарства встановленим екологічним, економічним та соціальним стандартам. Лісову сертифікацію було започатковано наприкінці 80-х років XX ст. під впливом світового «зеленого руху». Сьогодні лісова сертифікація вирішує значно ширший спектр питань розвитку лісового сектора у світі: йдеться не тільки про запобігання незаконному вирубуванню лісів, але і про гармонізацію екологічних, економічних та соціальних аспектів ведення лісового господарства. Лісова сертифікація є складовою частиною організації лісового господарства [2]. Лісову сертифікацію проводять в рамках міжнародних схем, найбільшого поширення з яких набула схема Лісової наглядової ради (FSC).

Характерними рисами FSC є міжнародний рівень акредитації органів сертифікації, можливість розроблення національних і регіональних стандартів, підтримка впливовими міжнародними організаціями, високий рівень розвитку ринку сертифікованої продукції, забезпечення інтересів широкого кола суспільних груп. За схемою FSC на цей час сертифіковано 179,5 млн га лісів у 79 країнах світу.

Схема лісової сертифікації PEFC характеризується застосуванням Гельсінкських критеріїв та індикаторів сталого управління лісами. Притаманними для неї є національний рівень акредитації органів сертифікації, можливість розроблення національних і регіональних стандартів, підтримка європейськими спілками і об'єднаннями приватних власників лісів, середній рівень розвитку ринку сертифікованої деревини, орієнтація на сертифікацію лісів на регіональному рівні. За цією схемою на цей час сертифіковано 244 млн га лісів у 35 країнах.

Водночас слід звернути увагу на наступні проблеми, які можуть негативно вплинути на процес сертифікації: 1) Україна повинна мати в лісовому господарстві національні та регіональні кількісні і якісні підзаконні акти, які сумісні з загальноприйнятими міжнародними поняттями і принципами; 2) в нормативних документах і при плануванні лісгосподарської діяльності слід в більшій мірі акцентувати увагу на проблемі збереження і відновлення біорізноманіття лісів; 3) основні принципи лісової сертифікації вимагають чіткого визначення правильного лісоуправління на засадах сталого розвитку.

Лісова сертифікація включає сертифікацію лісового господарства, як контроль якості управління лісами за допомогою сертифікації лісоуправління та сертифікацію ланцюга від виробника до споживача, як контроль походження сировини.

Таким чином, лісова сертифікація поступово трансформується в обов'язковий елемент підтвердження сталого ведення лісового господарства. З огляду на зазначене та з метою повного використання потенціалу інструменту лісової сертифікації, необхідно: 1) розробити і прийняти нові доповнення до чинних нормативно-правових актів, які враховують вимоги стандартів лісової сертифікації; 2) затвердити стратегію розвитку лісової сертифікації, яка має передбачати екологізацію лісгосподарського виробництва, збереження біорізноманіття, удосконалення механізму реалізації деревини для забезпечення сировиною вітчизняних лісопереробних підприємств, механізм залучення громадськості до підготовки управлінських рішень у лісовому господарстві, економічне стимулювання лісової сертифікації тощо; 3) затвердити національний стандарт лісоуправління на основі оновленого переліку принципів та критеріїв FSC; 4) проведення широкої роз'яснювальної роботи серед місцевих громад, органів місцевого самоврядування та неурядових організацій з питань лісової сертифікації

#### Список літератури

1 Закон України «Про підтвердження відповідності». [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.zakon.rada.gov.ua/go/2406-14>.

2 Лісовий кодекс України / Відомості Верховної Ради України, 2006 р., № 21. – ст. 170.

## ЗАСТОСУВАННЯ FMEA – АНАЛІЗУ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

*Приходько О. М., аспірант;*

*Ванько В. М., професор, НУ «Львівська політехніка», м. Львів*

Проаналізувавши досвід закордонних виробників, можна зробити висновок, що сучасні тенденції розвитку провідних машинобудівних компаній (МК) направлені на поліпшення якості продукції ще на етапі її проектування. Саме виключення ризиків відмов на етапі проектування продукції і є найголовнішою актуальною проблемою для вітчизняних підприємств МК. Одним із найефективніших методів аналізу потенційних відмов та ризиків у світі є FMEA-аналіз.

FMEA-аналіз – це набір інструментів, що дозволяють проаналізувати можливість виникнення дефектів та їх вплив на думку споживача. Методологія проведення FMEA-аналізу базується на роботі міжфункціональної команди, що складається з різномірних фахівців, які повинні визначити потенційно можливі дефекти та відмови даної технології, їх причини та наслідки. В ході проведення FMEA-аналізу команда формує матрицю якості (рисунок), в якій враховують причину кожного дефекту. Кожен дефект оцінюють експертно за трьома критеріями: значимість (S); імовірність виникнення (O); імовірність виявлення (D).

Оцінка			Вага дефекту	Необхідність в додаткових заходах
S	O	D		
1	1	1	Ідеальний випадок, бездефектне виробництво	Ні
1	1	10	Може бути випадковий дефект, додаткова перевірка виробництва не потрібна	Ні
10	1	1	Існує дефект, але він не потрапляє до замовника	Ні
10	1	10	Одиничний серйозний дефект, може потрапити до замовника	Так
1	10	1	Часто повторювальний дефект, вірогідно буде виявлений	Так
1	10	10	Часто повторювальний дефект, може потрапити до замовника	Так
10	10	1	Часто повторювальний серйозний дефект, вірогідно буде виявлений	Так
10	10	10	Серйозні проблеми в технологічному процесі виробництва продукції, необхідно проводити аудиторські дослідження	Так

Рисунок – Матриця якості

Члени FMEA-команди формувати єдині критерії та шкали оцінок, які можуть бути переглянуті відповідно до умов виробництва, але після впровадження методу на підприємстві всі таблиці повинні залишатися незмінними при модифікації конструкції і виробничого процесу.

В ході роботи експертної групи кожен критерій, що впливає на дефектність, оцінюється в балах від 1 до 10, де 1 – критерій, майже не має на дефектів, а 10 – критерій має серйозний дефект. Причому один критерій може мати вплив на декілька дефектів, в такому випадку необхідно враховувати його вагомість і значення для всього технологічного процесу виготовлення продукції.

В наступному стовпці матриці зазначається вага дефекту, тобто його вплив на кінцеву якість продукції, а також рекомендації щодо усунення дефектів.

В останньому стовпці матриці зазначається необхідність в додаткових заходах щодо поліпшення якості продукції чи технологічного процесу її виготовлення в цілому.

Матрицю якості необхідно періодично переглядати, особливо в тому випадку, коли відбуваються зміни в конструкції виробу або в технологічному процесі, при цьому враховуються нові зміни у виробках і методах, а також зміни в умовах експлуатації, правила ремонту. Про необхідність перегляду матриці якості необхідно проінформувати керівника FMEA-команди.

Оскільки, FMEA-аналіз застосовують з метою накопичення статистичних показників та характеристик протягом всього виробничого циклу продукції, то процес побудови матриці якості вимагає великих затрат часу, постійного перегляду та оновлення, що є головним недоліком даного методу і потребує подальшого вдосконалення.

На основі запропонованого методу оцінки якості продукції можна здійснювати ефективне управління процесами, що виконуються над нею протягом всього життєвого циклу. При цьому також може проводитись діагностика функціонального стану устаткування, оперативно виявляти винуватців погіршення встановлених вимог до якості досліджуваних об'єктів та методично вдосконалити і полегшити роботу з сертифікації продукції і послуг.

#### Список літератури

- 1 ISO/TS16949 Quality management system. – Particular requirements for the application of ISO9001:2008 for automotive production and relevant service part organization/
- 2 MIL-STD-1629A. Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis. – 1984.
- 3 СТП 50.010-2013 Система менеджмента качества. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов (Метод FMEA).
- 4 FMEA Анализ видов и последствий потенциальных отказов / Крайслер Корп., Форд Мотор Компани, Дженерал Моторс Корп. Руководство 4-е издание, 2008 г.
- 5 Панюков Д. И., Инженерные методы управления качеством. Анализ видов, причин и последствий потенциальных дефектов (FMEA): учебное пособие / Д. И. Панюков, А. В. Скрипачев. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 133 с.

## СТЕПЕНЬ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЙ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ISO 9001 И ISO 14001

*Раджаб Заде Мортеза, профессор, Иран;*

*Залого В. А., профессор; Сущенко Н. В., инженер, СумГУ, г. Сумы, Украина*

Анализ проведенных исследований научных и нормативных работ показывает, что в большинстве изученных работ, при построении модели для разработки и внедрения интегрированных систем управления (далее ИСУ) при обосновании процесса интеграции один из определяющих его фактор – «степень соответствия» – практически не учитывается.

Целью данной работы является создание ИСУ из двух международных стандартов (далее МС) ISO 9001 и ISO 14001 на основе стандарта, принятого за базу (базового стандарта).

На первом этапе в качестве базы принимаем МС ISO 9001:2008, а на втором этапе анализируется степень соответствия требований МС ISO 9001:2008 требованиям МС ISO 14001:2004.

На основе проведенных исследований по оценке соответствия требований

МС ISO 9001:2008 и МС ISO 14001:2004 можно сделать следующие выводы:

1) если при разработке и внедрении ИСУ на основе требований двух стандартов МС ISO 9001:2008 и МС ISO 14001:2004 принять в качестве базы процесса интеграции требования МС ISO 9001:2008, то степень соответствия МС ISO 14001:2004 требованиям МС ISO 9001:2008 равна 66,3 %. Если же в качестве базы процесса интеграции принять требования МС ISO 14001:2004, то степень соответствия МС ISO 9001:2008 требованиям МС ISO 14001:2004 будет равна 90,5 %. Это свидетельствует о том, что при разработке и внедрении ИСУ на основе приведенных МС, в качестве базы процесса интеграции необходимо принимать требования МС ISO 9001:2008;

2) в соответствии с данными, по требованию «Градации степени соответствия требований стандартов», предлагается при разработке и внедрении ИСУ интегрировать те требования МС ISO 9001:2008, которые классифицируются в зонах соответствия требований «средний», «высокий» и «очень высокий». В данном случае это требования 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4, 5.1, 5.3, 5.4.1, 5.4.2, 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 5.6.1, 5.6.2, 5.6.3, 6.1, 6.2.1, 6.2.2, 6.3, 7.1, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3, 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3, 7.3.4, 7.3.5, 7.3.6, 7.3.7, 7.4.1, 7.4.2, 7.4.3, 7.5.1, 7.5.2, 7.5.5, 7.6, 8.1, 8.2.2, 8.2.3, 8.2.4, 8.3, 8.4, 8.5.1, 8.5.2, 8.5.3;

3) при разработке и внедрении ИСУ на основе рассмотренных двух МС на базе требований МС ISO 9001:2008, надо больше внимания уделить требованиям раздела 5 «Ответственность руководства» МС ISO 9001:2008 и тем требованиям МС ISO 14001:2004, которые соответствуют требованиям раздела 5 МС ISO 9001:2008.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОЛІЇ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ПІСЛЯ ДЕЗОДОРАЦІЇ

*Старинський А. А., студент;  
Денисенко Ю. О., ст. викладач.*

Соняшникова олія – одна з найважливіших рослинних олій, що має велике народно-господарське значення. У кулінарії застосовується для смаження і додавання до салатів. Соняшникова олія застосовується для виготовлення маргаринів і консервів, а також у миловарінні та лакофарбовій промисловості. Україна є найбільшим експортером соняшникової олії у світі (близько 40 % світового експорту). Тому забезпечення якості олії є актуальним питанням, вирішення якого забезпечить конкурентоспроможність вітчизняних підприємств.

Виділяють два основних види цього продукту: нерафінована і рафінована. Відмінність між ними полягає в способі технологічної обробки. Рафінована рослинна олія виходить в ході процесу екстрагування. Часто рафінована олія ще додатково дезодорується для того, щоб повністю видалити з неї осад, запах і всі фарбувальні речовини. Такий продукт ідеально підходить для смаження або випічки: не виділяє канцерогенів у процесі приготування страви і не піниться.

Дезодорація є найбільш радикальним способом видалення з масел і жирів хімікатів. Дезодорація це дистиляційний процес, здійснюваний парою в умовах глибокого вакууму і високої температури. Очищення в цих умовах відбувається за рахунок того, що основна маса одоруючих речовин і жирних кислот має пружність парів приблизно в десятки тисяч разів більшу, ніж тригліцериди, інакше кажучи, ці речовини мають більшу летючість. На ефективність дезодорації впливають наступні чинники: температура; абсолютний тиск; кількість і якість пару, що впорскується; ступінь змішування пару і жиру; тривалість процесу. Всі ці параметри пов'язані між собою, зміна одного з них викликає зміну інших. Тому забезпечення якості олії в процесі дезодорації є актуальним питанням сьогодення.

На підприємстві, що аналізується, процес дезодорації нормативно забезпечений. Але аналіз цих документів не виявив чітко визначеної номенклатури показників оцінювання якості при зберіганні олії після дезодорації.

Згідно технічного регламенту якість соняшникової олії нормується по ряду показників: органолептичні показники (прозорість, колір, запах і смак); фізико-хімічні показники (кислотне, кольорове, перекисне і фосфорне числа).

Тому в роботі запропоновано розроблення метод оцінювання показників якості олії під час зберігання після дезодорації та вдосконалення нормативної документації при його впровадженні.



## УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТРУБ

*Тимошенко Б. М., студент;  
Денисенко Ю. О., ст. викладач*

Труби широко вживаються в народному господарстві. Вони застосовуються як для транспортування по них різних середовищ, так і як конструкційні елементи (опори, колони, перекладки, оболонки). З моменту свого створення ДП «Завод об'єднаних бурильних і ведучих труб» займається виготовленням труб для проведення бурильних робіт з видобутку нафти і газу, а також при геологорозвідувальному бурінні в усіх кліматичних зонах. Технологічний процес виготовлення труб гарантує достатню якість і надійність продукції. За роки своєї роботи продукція підприємства має ринок збуту в країнах СНД, на Далекому і Близькому Сході, в Європі і Північній Америці. Тому забезпечення якості труб при їх виготовленні є актуальним питанням для підприємства, вирішення якого забезпечить його конкурентоспроможність як на вітчизняному, так і на світовому ринку.

Одним із головних факторів підвищення якості продукції є забезпечення високого рівня якості вимірювань. Вимоги до вимірювань на підприємстві регламентуються СТП УБТ 310-2012, але аналіз цього нормативного документу показав, що більша увага приділяється вимогам щодо повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки.

З 2007 року для забезпечення високої якості вимірювань набув чинності ДСТУ ISO 10012:2005 [1] в якому викладені такі основні вимоги: 1) забезпечення належного рівня відповідальності керівництва (створення метрологічної служби, орієнтація на замовника; формування цілей у сфері якості; аналіз з боку керівництва); 2) правильного розподілу керування ресурсами (людські, інформаційні, матеріальні); 3) проведення метрологічного підтвердження; 4) проведення вимірювань; 5) проведення аналізу для можливого вдосконалення.

Крім того після аналізу організація повинна встановити процеси вимірювання та вимірювального обладнання.

Таким чином в роботі пропонується вдосконалення нормативного забезпечення вимірювань при виробництві труб на підприємстві згідно вимог ДСТУ ISO 10012:2005, що дозволить покращити показники випуску продукції, а також здатність виходу продукції на нові ринки збуту.

### Список літератури

1. ДСТУ ISO 10012:2005 Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання. Принципи та структура (ISO 10012:2003, IDT) [Текст]. – [Чинний від 2007–07–01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 20 с.

## АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕГЛАМЕНТОВАНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ

*Ткачук А. А., ст. викладач; Дахнюк О. П., аспірант, Луцький НТУ, м. Луцьк*

Надійність і довговічність деталей залежать від їх експлуатаційних властивостей, таких як зносостійкість, контактна жорсткість, корозійна стійкість, тощо. Експлуатаційні властивості забезпечуються показниками якості деталей, що характеризують геометричну форму, якість поверхневого шару і об'ємні властивості деталей. Розробка способів забезпечення необхідних показників якості деталей машин є одним з основних напрямків розвитку технології машинобудування.

В даний час існує значна кількість досліджень, які розкривають механізми формування показників якості поверхневого шару. Дослідження присвячені високоінтенсивним процесам сумішеного та комбінованого оброблення деталей машин, шляхам управління трансформацією показників якості та самоорганізації під час формування технологічних процесів (ТП), а також розгляду технологічного успадкування фізико-механічних і геометричних показників якості при відновленні деталей в ремонтному виробництві. В ході досліджень розглянуті питання оцінки якості поверхонь фрикційних деталей, контролю умов структуро- і формоутворення даних деталей на важко контрольованих операціях. Значна увага приділяється проблемі технологічного забезпечення якості поверхневого шару деталей машин.

Зокрема, існують теоретичні дослідження щодо технологічного забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей, засновані на єдності процесу виготовлення і експлуатації деталі. Отримані теоретичні та емпіричні рівняння, описують взаємозв'язок експлуатаційних властивостей з показниками якості робочих поверхонь деталей. Результати накопичених теоретичних і експериментальних досліджень дозволяють здійснювати технологічне управління показниками якості поверхневого шару оброблюваних деталей за допомогою зміни параметрів ТП (наприклад, варіюванням послідовності технологічних методів, режимів оброблення, геометрії інструменту) для отримання необхідних експлуатаційних властивостей. Удосконалення методів оброблення засноване на необхідності цілеспрямованого впливу на деталі в ході оброблення, виходячи з їх подальшого функціонального призначення, з метою зменшення періоду припрацювання і збільшення, довговічності деталей.

Ведуться також дослідження можливості подання ТП в багатозв'язковій технологічній системі, що представлена багатьма взаємодіючими параметрами. В рамках таких досліджень технологічний процес виготовлення деталей розглядається як прояв системи зв'язків властивостей: розмірних, інформаційних, які характерні певним матеріалам. Крім того, розвивається науковий напрямок, пов'язаний з адаптивним

керуванням ТП виготовлення деталей з точки зору технологічного забезпечення точності. Функціональні зв'язки між вихідними показниками виробу і характеристиками заготовки яка надходить на обробку, що діють між операціями в ТП, запропоновано розглядати з точки зору теорії розмірних ланцюгів. Зв'язки виражають через передавальні функції технологічної системи, що враховують можливості отримання необхідного значення показника якості деталі під час регламентованих режимів і умов остаточного оброблення заготовки. Однак, відзначається, що поки не розкриті всі зв'язки між явищами, які одночасно формують в процесі обробки геометричні і фізико-хімічні показники заготовки, пропонувані підходом скористатися неможливо. Ефективною науковою основою для управління показниками якості є теорія про технологічну спадковість (ТС) – явище збереження (або перенесення) показників якості об'єктів від попередніх технологічних операцій до наступних.

Таким чином, підвищення вимог до якості деталей машин призводить до зростання ролі спадкових чинників під час формування показників якості. Частка спадкової складової в значеннях показників при виготовленні деталей стає особливо суттєвою при допусках вище 6 – 7 квалітетів ISO, а при допусках, рівних 3-му квалітету, зростає до 45%.

Найбільш повно і глибоко дане явище вивчено науковими школами А. М. Дальського, Н. Д. Кузнецова, В. Н. Никитина, Ю. Н. Работнова, П. І. Ящерицына. Основні положення теорії технологічної спадковості полягають в тому, що показники якості формуються не тільки в останніх технологічних операціях або переходах, а в ході всього ТП, починаючи від отримання заготовки, і закінчуючи готовою деталлю. Тому необхідно виявляти зв'язки між показниками, сформованими на попередніх і формованих на наступних технологічних операціях і переходах. Прогнозування показників якості на етапі технологічної підготовки виробництва здійснюють на основі розрахунково-аналітичного методу, який призначений для прогнозування очікуваної якості продукції.

#### Список літератури

- 1 Дьяченко П. Е. Влияние шероховатости поверхности на её износ. // Качество поверхностей деталей машин. – М.–Л. : Машгиз, 1949. – С. 30–31.
- 2 Подзей А. В. Технологические остаточные напряжения / Подзей А. В. – М. : Машиностроение, 1973. – 216 с.
- 3 Ткачук А. А. Аналіз можливостей форсування випробувань на довговічність підшипникових опор / А. А. Ткачук, С. А. Мороз, Ю. С. Лапченко // Актуальні проблеми автоматизації та приладобудування: матеріали Всеукр. наук.-техн. конфер., 08–09 грудня 2016 р. – Х. : ФОП Панов А. М., 2016. – С. 168.

## ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ МАЙОНЕЗУ

*Цebro С. В., студент;  
Денисенко Ю. О., ст. викладач*

Майонез є одним з важливих жирових продуктів. Він має високу харчову і смакову цінність, що зумовлено великим набором харчових, смакових речовин, які знаходяться у емульсійній структурі. Його споживання в нашій країні досягає 3 кг на людину в рік, і ця цифра має тенденцію до збільшення. При виборі майонезу українські споживачі, перш за все, звертають увагу на його властивості (колір, смак, жирність), ціну та упаковку. Проте останнім часом велика кількість досліджень наголошує про ризики, що спричиняються здоров'ю людини від неякісного майонезу та викликають наслідки ушкодження для здоров'я людини різного ступеня аж до летальних випадків. Тому управління ризиками при виготовленні майонезу є актуальним питанням, тому що кожна людина має невід'ємне природне право на безпеку свого життя.

На цей момент на ПО «Сумський виробничий комбінат» впроваджена найсучасніша попереджувальна система НАССР, що забезпечує якість і безпеку харчової продукції. Це концептуально проста система, за допомогою якої підприємства, які виробляють харчові продукти, можуть встановлювати і оцінювати ризики, що впливають на безпечність і якість продукції, запроваджувати механізми технологічного контролю і вести поточний облік з метою виявлення невідповідностей від моменту отримання сировини до виробництва готової продукції і реалізації її споживачеві.

На якість впливають різні чинники на всіх стадіях життєвого циклу продукції: при проектуванні, в процесі виробництва і експлуатації.

Ризики, які впливають на якість продукції, можна розділити на:

- виробничі (сировина, матеріали, що комплектують вироби, устаткування, інструменти, технологія, виробнича інфраструктура);
- людські (професійні навички і знання, організованість і дисциплінованість працівників, традиції, допомога і підтримка колективу);
- економічні (ефективні системи матеріального і морального стимулювання, визначення оптимальної собівартості).

Ці чинники діють в певних умовах господарської діяльності підприємства (фірми). До них можна віднести форми організації праці, виробничих процесів, мікроклімат в колективі і ін. Щоб досягти оптимального рівня якості, слід добитися найбільш прийняттого співвідношення між чинниками і умовами, що впливають на якість.

Окрім впровадження системи НАССР, аналіз світового досвіду вказує на широке застосування стандарту ДСТУ ІЕС / ISO 31010:2013. Таким чином в роботі запропоновано розроблення методу оцінювання ризиків при виготовленні майонезу, а також вдосконалення нормативної документації підприємства згідно вимог цього стандарту.

# АКТУАЛЬНІСТЬ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ

*Черняк О. М., аспірант, УПА, м. Харків*

Управління ризиками виникнення нещасних випадків вважається необхідним механізмом профілактики виробничого травматизму, а отже і невід'ємною складовою ефективною системою управління охороною праці на підприємстві.

Ризик супроводжує людину в усіх сферах її діяльності і є природною складовою життя. Ризик може бути великим і стати причиною аварій або нещасних випадків на роботі, а також причиною професійних захворювань. Або малим, а його наслідки не так небезпечні, наприклад, невелика травма або незначні матеріальні збитки.

Ідентифікація та оцінка професійних ризиків є одним з найбільш сучасних напрямлень побудови системи управління гігієною та безпеки праці та необхідним етапом та умовою для подальшого прийняття управлінських рішень.

Відповідно до міжнародного стандарту OHSAS 18001:2010 ідентифікація небезпек це процес визначення наявності небезпеки та з'ясування її характеристик [1].

Під час ідентифікації небезпек аналізують: 1) види робіт і ситуації, щоб визначити небезпеки, які присутні за нормальних умов праці та вплив при відхиленні, та аварійних ситуаціях; 2) діяльність усіх осіб, які мають доступ до робочого місця; 3) устаткування, інфраструктуру та матеріали на робочому місці; 4) джерела небезпек, які не пов'язані з робочим місцем, але які можуть вплинути на осіб, що перебувають на робочому місці.

Оцінка ризиків допомагає визначити фактори виникнення нещасного випадку чи аварії на виробництві, їх співвідношення та окреслити на цій основі пріоритети діяльності щодо зменшення ризиків.

Проблема оцінки, аналізу ризиків в охороні праці і управління ними, нині стає актуальною і затребуваною для реалізації основних завдань охорони праці, проте слід зазначити, що вона не має чіткої теоретичної та методологічної основи, що призводить до різноманіття та недостатньо наукової аргументації вибору методики оцінки ризику.

## Список літератури

1 Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги: (OHSAS 18001:2007, IDT): ДСТУ OHSAS 18001:2010 – [Чинний від 2011-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 20 с.– (Національний стандарт України).

*Робота виконана під керівництвом професора Тріца Р. М.*

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

*Яшина Т. В., аспірант; Залога В. О., професор, СумДУ, м. Суми;  
Динник О. Д., доцент, КІ СумДУ, м. Конотоп; Івченко О. В., доцент, СумДУ, м. Суми*

Сучасні тенденції розвитку світового ринку з кожним роком призводять до посилення вимог до конкурентоспроможності і якості продукції, що, в свою чергу, зумовлює підвищення вимог до її якості. Тому актуальною проблемою є впровадження та вдосконалення систем управління якістю (СУЯ) у відповідності до рекомендацій стандартів ISO серії 9000, а також застосування методів моніторингу та оцінювання якості продукції, які дають можливість простежити процес виробництва промислової продукції та тримати під контролем найвідповідальніші його етапи.

Актуальність зазначених вище проблем визначила основну мету дослідження: підвищення якості продукції відповідно до вимог міжнародних стандартів ISO серії 9000 [1] шляхом розробки методу оцінювання виробничих процесів (ВП) та визначення алгоритму дій для визначення найбільш критичного за рівнем якості процесу та його поліпшення.

В ході проведення дослідження встановлені одиничні показники, необхідні для дослідження якості ВП, серед яких: кількість виробленої продукції ( $N_0$ ); число дефектів ( $N_d$ ); число дефектних одиниць ( $N_{d0}$ ); ширина допуску виробничого процесу ( $\Delta$ ); стандартне відхилення ( $\sigma$ ). На основі проведених досліджень запропонований узагальнений показник якості ВП, який дозволяє отримати об'єктивну інформацію про функціонування досліджуваних процесів та отримана емпірична формула, для його визначення:

$$L = 0,44 + \lg(N_0 - N_{d0}) + \lg \Delta + \lg N_d + \lg \sigma. \quad (1)$$

Таким чином, в роботі проведені дослідження, спрямовані на удосконалення процесного підходу при управлінні якістю продукції, а саме запропоновані заходи щодо удосконалення методу оцінювання процесів машинобудівного виробництва. Застосування цього методу дає можливість здійснити оцінювання функціонування ВП для визначення найбільш критичного за рівнем якості, а також дозволяє визначити точки поліпшення елементів і операцій, які негативно впливають на якість процесу виробництва промислової продукції.

### Список літератури

1 Системи управління якістю. Вимоги : ДСТУ ISO 9001:2009. – [Чинний від 22.06.2009]. – К. : Держспоживстандарт України. – 37 с. – (Національний стандарт України).

# **ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО**

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Дядюра К. О., професор; Прийменко Б. Ю., магістрант*

Важливим завданням для підвищення надійності деталей машин і механізмів є вибір і створення конструкційних матеріалів, що мають стабільно високі фізико-механічними властивості. Інтенсивне зношування деталей машин і механізмів, які традиційно виготовляються зі зносостійких сталей і чавунів, призводить до значних втрат матеріалів та енергетичних і економічних ресурсів. Тому проблема зміцнення таких деталей або розроблення більш зносостійких матеріалів для їх виготовлення є досить актуальною. Особливо актуальним це питання є для зносостійких композиційних матеріалів, оскільки в процесі тертя на робочих поверхнях виникають проміжні структури, що здійснюють суттєвий вплив на механізми зношування, а отже, і на експлуатаційну придатність матеріалів.

У цьому контексті значну перспективу мають композиційні матеріали (КМ) за участю тугоплавких сполук і металевих зв'язок, що сприяє підвищенню експлуатаційних параметрів і дає можливість використовувати такий композит для нанесення покриттів на сталеві деталі. У КМ з металевою матрицею основним матеріалом для матриць є сплави на основі Al, Mg, Ti, іноді нікелеві сплави. Як зміцнювач використовують вуглецеві волокна, нитки з карбиду кремнію, оксиди алюмінію, бору, тонкі дроти металів.

Вибір складу композицій залежить від умов експлуатації матеріалу та умов виготовлення виробів із них або створення покриттів. З цієї точки зору перспективним є використання КМ за участю карбідів перехідних металів (КПМ) та самофлюсівних сплавів.

У роботі розглянуто властивості та технологічні характеристики при формуванні структур КМ, які мають можливість реалізації універсального явища структурної пристосовуваності, що відповідає мінімальним значенням зносу поверхонь тертя. Матеріали, що розробляються, повинні володіти раціональним комплексом не тільки поверхневих, але і об'ємних властивостей і максимально відповідати технічним умовам їх експлуатації. Досліджено властивості вихідних компонентів для композиційних матеріалів, що розробляються. Загальна закономірність їх вибору наступна: високі фізико-механічні властивості компонентів часто пов'язані з їх високою вартістю або складною та енергоємною технологією обробки. Тому необхідно проведення пошуку компромісу між вартістю вихідних компонентів і технології їх обробки. Вихідні компоненти для матеріалів, що розробляються, повинні відповідати вимогам низької вартості, бездефіцитності і технологічності, не поступаючись при цьому за фізико-механічними властивостями.



## ВАКУУМНО-ДУГОВЕ МОДИФІКУВАННЯ ПОВЕРХНІ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

*Дядюра К. О., професор; Воскобойник М. В., магістрант*

Підвищення ресурсу металорізальних інструментів і штампів, що працюють в умовах високих навантажень та підвищеного зношування досягається цілим рядом властивостей покриттів, які безпосередньо контактують з оброблюваним матеріалом. Це виявляється в підвищенні продуктивності, зниженні загальних витрат на різальний інструмент, підвищенні якості обробки, можливості відмови від застосування ЗОТС тощо, тому що покриття мають не тільки високу зносостійкість, але й низьку теплопровідність, тобто можуть виступати своєрідним тепловим бар'єром..

Серед значної кількості видів покриття вакуумо-плазмові займають особливе місце. Ця особливість визначається їхньою незначною товщиною, високою мікротвердістю, міцністю зчеплення з підкладкою, а також умовами експлуатації на різальному інструменті – характеристиками тертя в умовах схоплювання з оброблюваним матеріалом, зносостійкістю тощо. Дослідження останніх років показали, що комплексні покриття  $(Ti+Al)N$  можуть служити альтернативою покриттів  $TiN$  при виготовленні ріжучого і штампового інструментів завдяки стабільності їх характеристик, особливо в процесі високотемпературного використання. Крім того покриття  $(Ti+Al)N$  мають більшу стійкість до окислення і вищу продуктивність при використанні більш високих швидкостей різання в порівнянні з  $TiN$ . Це досягається саме за рахунок додавання алюмінію до сплаву  $TiN$  з метою формування трискладового твердого розчину, який характеризується посиленою антиокисною поведінкою при високих температурах (до  $800\text{ }^{\circ}C$ ).

На основі даних, отриманих рентгенографічним методом, методами просвічуючої і скануючої електронної мікроскопії та методу наноіндентування, в роботі було проаналізовано структурні та механічні властивості зносостійких покриттів на основі  $Ti$ ,  $Al$  та  $N$  в залежності від умов їх одержання.

Встановлено, що структура, фазовий стан, текстура, мікроструктура і шорсткість поверхні, а отже і твердісні характеристики, тісно пов'язані зі складом мішені, величиною негативної напруги прикладеної до підкладки, співвідношення суміші газів, потужності розпилення мішені.

Показано, що тверді покриття  $Ti_{0,5}Al_{0,5}N$ , нанесені на швидкохідну сталь мають високу продуктивність у порівнянні з осадженими твердими  $TiN$  покриттями, в умовах зношування, завдяки більш високій стійкості до окислення при високих температурах. Причиною цього є утворення захисного шару, сильно збагаченого  $Al_2O_3$ , який запобігає швидкому окисленню шару  $Ti_{0,5}Al_{0,5}N$ .

# ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРИ НАНЕСЕННІ ПОКРИТТІВ МАГНЕТРОННИМ РОЗПИЛЕННЯМ

*Сметанін Р. С., магістрант; Надточій К. Ю., студентка;  
Говорун Т. П., доцент*

Проблему підвищення зносостійкості різального інструменту можна вирішити шляхом нанесення зміцнюючого покриття. Склад і властивості зносостійких покриттів в значних мірі залежать від технології їх нанесення. Методи створення таких покриттів за допомогою осадження діляться на фізичні (PVD) і хімічні (CVD) [1] (рис. 1).

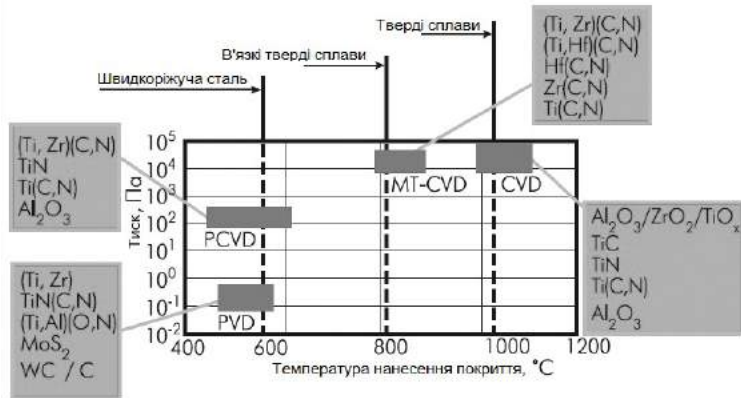


Рисунок 1 – Параметри основних методів нанесення покриття [1]

Метод магнетронного розпилення оснований на розпиленні матеріалу за рахунок бомбардування поверхні мішені іонами робочого газу (зазвичай аргону), що утворюються в плазмі аномального тліючого розряду. Для підвищення ефективності іонізації робочого газу і створення над поверхнею катода мішені області щільної плазми розряд виникає в неоднорідних схрещених електричному і магнітному полях. Одним з основних переваг магнетронного розпилення є можливість змінювати і контролювати в широкому діапазоні параметри плазми в процесі нанесення покриттів. Так для досягнення оптимальної структури і властивостей покриттів важливо регулювати щільність іонного струму на підкладку  $J_i$  і енергію бомбардуючих іонів  $E_i$ .

Нанесення плівки TiN та TiAlN на зразки зі сталі Р6М5 здійснювали на установці ВУП-5М, схема якої наведена на рисунку 2. Зазвичай магнетрон працює з джерелами постійного струму при прикладеній до катода напругою 300 - 700 В. Як робочий газ використовується аргон в діапазоні тисків від 1 до 10 мТорр. Це дозволяє реалізувати щільність струму нижче 100 мА/см<sup>2</sup> і щільність потужності до 50 Вт/см<sup>2</sup>.

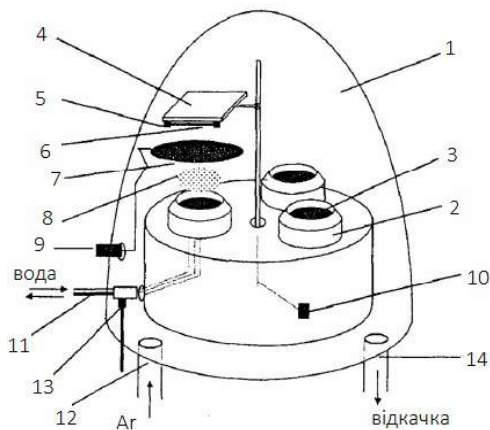


Рисунок 2 – Робоча камера магнетронної розпилювальної системи ВУП-5М: 1 - робочий об'єм; 2 - магнетрон; 3 – з'ємна мішень; 4 – тримач підкладки; 5 - затискач; 6 - підкладка; 7 - заслінка; 8 - плазма тліючого розряду; 9 – ручка для обертання в робочому об'ємі; 10 - ручка для обертання тримача підкладки в робочому об'ємі; 11 - водяний шланг; 12 - кран напуску робочого газу; 13 - високовольтний вхід; 14 – відкачування робочого об'єму дифузійним насосом

Після проведення процесу осадження покриттів, було виміряно мікротвердість поверхневих шарів з використанням приладу ПМТ-3, проведено кількісний та якісний металографічний аналізи, а також практично визначена максимальна робоча температура інструменту з нанесеними покриттями. На прикладі цільних свердл зі сталі Р6М5 діаметром 6,8 мм, ( $V_c = 80$  м/хв.,  $f = 0,15$  мм/об.) з нанесеними покриттями TiN та TiAlN в ході випробування на кількість зроблених отворів встановлено, що стійкість інструменту з покриттям TiAlN на 50% вище інструменту з покриттям TiN та в 6 раз – інструменту без покриття. Деякі механічні властивості та характеристики досліджуваних покриттів наведені в таблиці.

Отже, використання покриттів, отриманих методом магнетронного розпилення, для підвищення зносостійкості різального інструменту досить ефективно з точки зору його експлуатаційних властивостей та собівартості нанесення покриття.

Таблиця – Механічні властивості та характеристики зносостійких покриттів

Покриття	Колір	Твердість, ГПа	Модуль Юнга, ГПа	Товщина, мкм	Максимальна температура, °C
TiN	золотий	24	438±8	1 – 7	600
TiAlN	червоно-фіолетовий	35	500±90	1 – 4	800

#### Список літератури

1. Локтев Д, Ямашкин Е. Методы и оборудование для нанесения износостойких покрытий // Промышленные нанотехнологии. – 2007. – № 4 – С. 18 – 24.

# ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ TiN/ZrN ДЛЯ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ І РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

*Перерва В. І., студентка; Голофост М. С., студент; Говорун Т. П., доцент*

Одним з видів зносостійких покриттів, що представляють значний інтерес для машинобудування, електроніки і мікроелектроніки є покриття на основі нітриду титану (TiN). Широке використання їх в якості твердих зносостійких покриттів на сталевих деталях машин, в тому числі компресорних, для ріжучого інструменту, дифузійних бар'єрів в електроніці, декоративних і корозійностійких покриттів та ін. обумовлено тим, що нітрид титану володіє винятковою твердістю, високою зносостійкістю, температурою плавлення і модулем пружності, є хімічно інертним і термодинамічно стабільним. Дані якості визначили широку область застосування тонких плівок і покриттів TiN: для мікроелектронних пристроїв (в якості дифузійних бар'єрів у кремнієвій технології «Dual Damascene» при капсулюванні мідних між'єднань і захисних покриттів, в якості бар'єрів Шоттки та омічних контактів до епітаксialьних шарів p-GaN), в якості контактних шарів сонячних батарей, антивідображаючих, антистатичних, захисних і декоративних покриттів. Крім того, завдяки біосумісності TiN успішно застосовується в якості поверхневого шару і електричного контакту в ортопедичних протезах, кардіологічних клапанах та інших біомедичних приладах [1-2]. Покриття на основі TiN дозволяють знизити інтенсивність зношування різальних інструментів і підвищити термін служби зміцнених деталей.

За останні роки було розпочато здійснення науково-дослідницької діяльності в області твердих покриттів, що складаються з двох нітридів TiN/ZrN. Одно- і багат шарові покриття та мультишари на основі TiN/ZrN використовуються в техніці, як зносо-, корозійностійкі, антифрикційні, захисно-декоративні та ін. покриття [3].

На сьогоднішній день відомо багато методів нанесення покриттів TiN/ZrN на різні типи підкладок (дугове іонне осадження, методи вакуумно-дугового випаровування, магнетронне розпилення або їх комбінації), але для створення поліпшення експлуатаційних властивостей виробів машинобудування та різальних інструментів і підвищення їх корозійної стійкості найперспективнішим є використання методу реактивного магнетронного розпилення матеріалів. Покриття наносять на поверхню виробів для створення тонких поверхневих шарів, що відрізняються за складом, структурою та властивостями від основного металу. Особливістю методу реактивного розпилення є те, що він дозволяє в широких межах контролювати ряд технологічних параметрів, таких як тиск робочих газів при розпилюванні, потужність магнетрона, зміщення і температуру підкладки, для отримання високої якості плівок з необхідними властивостями. Процес магнетронного розпилення характеризується цілим переліком технологічних параметрів, основними з яких є потужність розряду, тиск робочої суміші, склад робочої суміші, ступінь попереднього вакууму [4].

Покриття TiN і ZrN, отримані методом магнетронного розпилення, мають однакову кристалічну структуру з ГЦК ґратками невідповідністю до 7,1%, яку легко можна подолати. Також у TiN і ZrN подібні властивості, такі як висока температура плавлення (для TiN – 2950 °С, для ZrN – 2982 °С), гарна хімічна і термічна стійкість, а також висока твердість. Отже, вони можуть утворювати багатошарові покриття з різкими межами і хорошими механічними властивостями. Нанотвердість чистих TiN і ZrN плівок складає 18,1 і 25,3 ГПа, відповідно, в той час як твердість (Ti, Zr)N плівок наближається до 40 ГПа [3].

Досліджені в роботі [4] покриття із мультишарів Ti/TiN, Zr/ZrN і TiN/ZrN, отримані реактивним магнетронним розпиленням, проявляли переважну орієнтацію (111), що сприяє кращим механічним властивостям. Значення твердості для [Ti/TiN]<sub>20</sub> і [Zr/ZrN]<sub>12</sub> мультишарів на 29% і 31% більше, ніж від сумішей Ti-N та Zr-N, що застосовуються для одного шару, відповідно. Значення твердості для [TiN/ZrN]<sub>8</sub> мультишарів на 33% і 40% більше, ніж від сумішей Ti-N та Zr-N для одношарових покриттів, відповідно. Також нанометровий діапазон для систем багатошарових структур має кращі механічні властивості (твердість і ударна в'язкість) відносно мікрометричного діапазону.

Більш детальне вивчення такої системи TiN і ZrN, як одно-, багатошарових плівок і покриттів, так і мультишарів є на теперішній час актуальним, бо нанесення покриття призводить до зниження величини контактних напружень на поверхні інструменту, високих механічних властивостей (твердість, міцність, ударна в'язкість і т.п.), високої зносостійкості і корозійної стійкості.

#### Список літератури

1. Солован М. Н., Брус В.В., Марьянчук П.Д. и др. Кинетические свойства тонких пленок TiN, полученных методом реактивного магнетронного распыления // Физика твердого тела. – 2013. – Т. 55, Вып. 11. – С. 2123-2127.
2. Shayestehaminzadeh S., Tryggvason T.K., Karlsson L., Olafsson S., Gudmundsson J.T. The properties of TiN ultra-thin films grown on SiO<sub>2</sub> substrate by reactive high power impulse magnetron sputtering under various growth angles // Thin Solid Films. – 2013. – V. 548. – pp. 354-357.
3. Ulrich S., Ziebert C., Stqber M., Nold E., Holleck H., Gfken M., Schweitzer E., Schlogmacher P. Correlation between constitution, properties and machining performance of TiN/ZrN multilayers // Surface and Coatings Technology. – 2004. – No 188–189. – С. 331–337.
4. Caicedo J.C., Amaya C., Yate L., Nos O., Gomez M.E., Prieto P. Hard coating performance enhancement by using [Ti/TiN]<sub>n</sub>, [Zr/ZrN]<sub>n</sub> and [TiN/ZrN]<sub>n</sub> multilayer system // Materials Science and Engineering B. – 2010. – No 171. – С. 56–61.

## ЗНОСОСТІЙКІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ РІЖУЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА ОСНОВІ Mo, Cr та N

*Горбачова Т. Ю., студентка; Говорун Т. П., доцент*

На сьогоднішній день активно розробляються і застосовуються в промисловості нові матеріали для ріжучих інструментів. Крім виробництва нових видів твердих швидкорізальних сталей і сплавів, велика увага приділяється захисту і зміцненню поверхні інструменту різними покриттями: від зношування, для покращення корозійної стійкості, з метою збереження його геометрії для більш швидкісних режимів обробки матеріалів. Одним з основних напрямків в цій галузі є розробка зносостійких покриттів і їх нанесення на ріжучі інструменти [1]. Експериментально доведено факт, що покриття здатні підвищити ефективність інструменту і поліпшити властивості оброблюваної поверхні.

Процес формування покриття є одним з найбільш ефективних способів для забезпечення необхідних функціональних властивостей поверхні, але останнім часом все більше уваги приділяється вивченню взаємозв'язку між умовами осадження і структурою покриття. Вакуумне напилення застосовують для створення на поверхні деталей, інструментів і обладнання функціональних покриттів: провідних, ізоляційних, зносостійких, корозійностійких, ерозійностійких, антифрикційних, протизадирних, бар'єрних властивостей. Процес знайшов застосування при нанесенні декоративних покриттів (нанесення позолоти). Вакуумне напилення використовується для отримання оптичних покриттів: просвітлювальних, відбивних, фільтрувальних.

Матеріалами для нанесення покриттів є титан, алюміній, вольфрам, молібден, залізо, нікелю, мідь, графіт, хром. В технологічне середовище може додаватись хімічно активний газ: азот, кисень. Хімічна реакція на поверхні підкладки активується нагріванням або іонізацією та дисоціацією газу тією чи іншою формою газового розряду. Вакуумно-дугові зносостійкі покриття на основі нітридів металів мають гарну адгезію до підкладки та високу твердість. Використання високоєфективного методу вакуумно-дугового осадження дозволяє отримувати покриття, які можуть працювати при високій температурі і тиску, в агресивних середовищах і при інтенсивному зносі [2].

Одним з найбільш перспективних матеріалів, що забезпечують добру зносостійкість і корозійну стійкість крайових інструментів, які працюють при високій швидкості різання, є нітрид хрому CrN. На відміну від нітриду титану TiN, який більш широко використовується в даний час в промисловості, CrN демонструє високу стабільність температури і має більш низький коефіцієнт тертя. Додавання в процесі напилення покриття в його склад молібдену Mo сприяє зростанню металевого характеру зв'язку всередині однофазних кубічних Mo-Cr-N покриттів, що призводить до покращеної пластичності.

Однак одношарові покриття не мають достатньої твердості і стійкості до абразивного зносу. Тому для підвищення експлуатаційних характеристик одним з найбільш перспективних способів є створення багатошарових структур з нанорозмірною товщиною шарів. При цьому, за допомогою чергування двох або більшої кількості шарів матеріалів з різними властивостями можна дослідити властивості системи, в тому числі концентрації тиску і розширення тріщини.

Система MoN/CrN останнім часом вважається однією з найбільш перспективних багатошарових систем. Такі покриття володіють високою твердістю і зносостійкістю, гарною стійкістю до окислення, і стійкістю до інших впливів у агресивному середовищі. Експериментально показано, що велике значення для властивостей покриттів відіграє тиск робочої атмосфери при осадженні. Він істотно впливає на фазово-структурний стан покриттів. Зниження тиску призводить до нестачі азоту в покритті, що супроводжується нестійким фазово-структурним станом покриття і різким падінням його твердості. Збільшення товщини шарів до 100 нм і більше підвищує твердість і адгезійну міцність покриттів системи MoN/CrN [3].

Області застосування покриттів на основі MoN/CrN на теперішній час розширюються, що сприяє подальшому дослідженню їх властивостей, характеристик і режимів отримання. Найчастіше їх застосовують для менш швидкого зносу інструменту і для поліпшення експлуатаційних характеристик інструментів і деталей машин, виготовлених зі сталей та інших матеріалів. Однак своє використання такі покриття знайшли і в інших галузях. Останнім часом широкою популярністю користуються годинники з PVD-покриттям, оправы окулярів з позолотою. Це стало можливим за рахунок застосування в якості матеріалів для напilenня, окрім Ti, також Mo та Cr і використання в технологічній суміші активного газу азоту N [4].

#### Список літератури

1. Павлиго Т.М., Сердюк Г.Г. Класифікація наноматеріалів у системі міжнародної стандартизації // Наноструктурное материаловедение. – 2010. – № 4. – С. 92-99.
2. Sobol' O.V., Andreev A.A., Grigoriev S.N., Gorban' V.F., Volosova M.A., Aleshin S.V., Stolbovoy V.A. Physical characteristics, structure and stress state of vacuum-arc tin coating, deposition on the substrate when applying high-voltage pulse during the deposition // Problems of Atomic Science and Technology. – 2011. – No 4 (74), pp. 174-177.
3. Lackner J.M., Waldhauser W., Majo L., Kot M. Tribology and Micromechanics of Chromium Nitride Based Multilayer Coatings on Soft and Hard Substrates // Coatings. – 2014. – No 4, pp.121-138.
4. Lukaszkowicz K., Dobrzański L.A., Zarychta A., Cunha L. Mechanical properties of multilayer coatings deposited by PVD techniques onto the brass substrate // J. of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. – 2006. – Vol. 15, No 1-2, pp. 47-52.

## КАРБОХРОМУВАННЯ У ПОРОШКОВІЙ СУМІШІ ПРИ ОДНОЧАСНОМУ НАСИЧЕННІ ВУГЛЕЦЕМ І ХРОМОМ

*Міняйло А. М., Власова А. С., магістранти;  
Дегула А. І., доцент*

Одним з найбільш ефективних методів поверхневого зміцнення металів і сплавів є хіміко-термічна обробка (ХТО). Однак традиційні процеси ХТО (цементация, нітроцементация та азотування) не завжди задовольняють сучасним вимогам, що пред'являються до деталей машин і інструменту. Це обумовлює інтерес до процесів формування дифузійних покриттів на основі карбідів [1].

Карбохромування – це один із методів хіміко-термічної обробки металів, коли здійснюють послідовне насичення поверхні сталі вуглецем, а потім хромом.

Карбохромування дозволяє отримувати більш товсті карбідні шари, ніж при хромуванні, при цьому не відбувається зневуглецювання підшару. Режими і способи карбохромування аналогічні процесам цементации і хромування. Цей процес забезпечує підвищення твердості, зносостійкості, жароміцності та корозійної стійкості сталі.

Карбохромування можна здійснювати послідовно і одночасно. При послідовному карбохромуванні поверхню насичують спочатку вуглецем (процес цементации), а потім хромом (дифузійне хромування). Одночасне карбохромування полягає в отриманні дифузійного шару за один цикл в єдиному робочому просторі печі. При одночасному карбохромуванні дифузійний шар утворюється з одного джерела - суміші порошків. Упаковку зразків або виробів в суміш для насичення проводять за способом цементации в твердому карбюризаторі. Герметизацию контейнерів здійснюють за допомогою плавких затворів.

Дифузійні шари, що утворюються в результаті одночасного насичення в порошкових сумішах складаються з суцільних карбідних шарів  $(Cr, Fe)_{23}C_6$  і  $(Cr, Fe)_7C_3$  з підшаром хромистого мартенситу [2].

Спосіб одночасного карбохромування деталей призводить до утворення на їх поверхні зносостійкого шару високої твердості при одночасному спрощенні технологічного процесу і зниженні енерговитрат.

### Список літератури

1. Филоненко Б.А. Комплексные диффузионные покрытия.- М.: Машиностроение, 1981. - 136 с.
2. Патент на изобретение №: 2057201 «Способ карбохромирования деталей».



## ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ БОРИДНИХ ШАРІВ НА ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЯХ

*Счко Л.А., Охріменко В. О., студенти*

Однією з головних задач сучасного матеріалознавства є підвищення стійкості деталей машин та інструментів та надання їм комплексу оптимальних фізико-механічних властивостей за допомогою насичення поверхні металів та сплавів різними хімічними елементами.

Для забезпечення підвищених показників зносостійкості, гідроабразивного зношування, кавітаційної стійкості, корозійної стійкості, окислювальної стійкості застосовують один із прогресивних методів хіміко-термічної обробки – боридування. Не дивлячись на велику кількість переваг боридування, головним недоліком даного виду ХТО є окрихнення боридних шарів, що неприпустимо при проектуванні та експлуатації ряду деталей машин та механізмів. Для усунення цього недоліку застосовують комплексні боридні покриття.

В процесі комплексного боридування найчастіше застосовують метод боридування в порошкових сумішах. Суміші для порошкового боридування зазвичай складаються із: порошоків бору (феробор, карбід бору, аморфний бор та інш.), активаторів (NaF, KF, LiF), окису алюмінію ( $Al_2O_3$ ). Порошок насилають до контейнеру з товщиною між деталями не менше 20 міліметрів, контейнер герметизують (зазвичай плавким затвором). До недоліків цього методу можна віднести те, що габаритні деталі неможливо насичувати в цей спосіб, він затратний для велико-серійного та масового виробництва.

Елементи, що містяться в суміші, чинять істотний вплив як на кінетику формування боридних шарів, так і на будову, фазовий склад і властивості покриттів. Наприклад, деякі з них можуть підвищувати пластичність, але суттєво знижувати твердість (мідь, титан), майже не впливати на твердість, але зменшувати крихкість поверхні (хром, нікель).

При модифікуванні поверхневого боридного шару невеликим вмістом молібдену та нікелю забезпечується висока твердість, збільшується опір до крихкого руйнування, підвищується зносостійкість у широкому діапазоні температур.

Позитивно на поверхневий шар може впливати легування його міддю. Вона значно знижує крихкість покриття, підвищує його пластичність, покращує антифрикційні властивості, підвищує товщину шару, і майже не впливає на твердість покриття.

Суттєво підвищити пластичність поверхневого шару може додавання хрому до шихти при боридуванні, при цьому зносостійкість деталей та пластичність покриття збільшується, а крихкість зменшується.

Якщо при боридуванні до шихти додати порошок олов'яної бронзи, то досить сильно зросте пластичність покриття, збільшується товщина дифузійного шару, значно зменшиться його крихкість. Недоліки цього складу

карбюризатора полягають у можливості отримання пористого покриття, та досить високого зменшення твердості як поверхневого так і перехідного шару. Але покриття має високе зчеплення з поверхнею основного металу.

Доволі високий показник твердості та зносостійкості показує покриття при додаванні до борирувальної суміші кремнію. Також збільшується жаростійкість, корозійна стійкість і деякі електромагнітні властивості покриття, а також зменшується пористість дифузійного шару. Проте, при значному вмісті кремнію інтенсифікація процесу ХТО погіршується.

Отже, борирування є перспективним напрямом хіміко-термічної обробки. Воно забезпечує покращення зносостійкості, твердості корозійної стійкості та інших властивостей. Проте його головним недоліком залишається підвищена крихкість покриттів. Тому актуальним є пошук перспективних методів формування комплексних боридних шарів, вивчення впливу складу сумішей для комплексного борирування та дослідження фазового складу і фізико-механічних властивостей комплексних боридних покриттів.

*Робота виконана під керівництвом доцента Гапонової О. П.*

## ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ БОР-ХРОМОВИХ ТА БОР-МІДНИХ ПОКРИТТІВ НА ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЯХ

*Охріменко В. О., студент; Гапонова О. П., доцент*

Сучасна технологія в своєму розпорядженні має численні методи зміни фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей металевих поверхонь в заданому напрямку, кожен з яких має свої оптимальні галузі застосування. До одного з таких методів зміцнення і нанесення захисних покриттів відноситься хіміко-термічна обробка.

Для досягнення високої зносостійкості та твердості деталей машин застосовують борирування, якому піддають будь-які марки залізвуглецевих сплавів. Через високу твердість боридного шару, він має низьку пластичність, що утрудняє застосування борирування для зміцнення поверхні виробів, що працюють в умовах знакозмінних навантажень, а також зазнають в процесі роботи механічні або термічні удари.

Одним із ефективних методів зменшення крихкості боридних шарів є їх мікролегування і створення сприятливого напруженого стану у поверхневому шарі. Легувальні елементи по різному впливають як на властивості поверхневого шару, так і на будову, фазовий склад і механічні властивості.

З метою оцінки впливу природи борирувального агента, складу борирувальної суміші, складу сталі, а також параметрів борирування на фазовий склад, структуру і властивості боридних були обрані інструментальні сталі У8 та ХВГ. Борирування проводили в герметичних

контейнерах при температурі 900<sup>0</sup>С, впродовж 4 годин. Мікроструктурний аналіз проводили на мікроскопі МІМ-7 в інтервалі збільшення 50 – 500 раз. ДюрOMETричні дослідження проводили на приборі ПІМТ-3 при навантаженні 0,49 – 0,98 Н.

Отримані за даною технологією комплексні боридні покриття мають голчасту структуру з чітко вираженою межею поділу покриття-основа (рис. 1, 2). Голки боридів нормально орієнтовані до поверхні зразка, вклинюються в перлітні зерна основи. Після борохромовання боридні голки мають дещо заокруглений характер (рис. 1), покриття після бороміднення щільні з менше виразною голчастою структурою дифузійного шару (рис. 2).

ДюрOMETричні дослідження показали, що отримані шари після борохромовання мають максимальну мікротвердість поверхні ~ 16 ГПа для сталі У8 та ~ 19 ГПа для ХВГ, після бороміднення – ~ 10,9 ГПа для сталі У8 та ~ 14 ГПа для ХВГ, що дещо нижче твердості борированого шару при класичній технології насичення (мікротвердість ~ 20 ГПа).

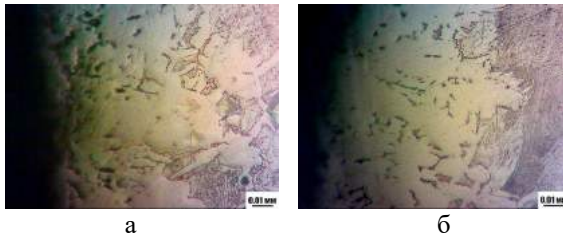


Рисунок 1 – Мікроструктура боридних покриттів на сталях: а – У8; б – ХВГ



Рисунок 2 – Мікроструктура борхромових покриттів на сталях: а – У8; б – ХВГ

Склад суміші при борируванні істотно впливає на товщину шару. Так, після борохромовання отримали шар товщиною 80–110 мкм, тоді як після бороміднення – 130–150 мкм.

Випробуваннями на абразивну зносостійкість встановлено, що боридні та бор-хромові дифузійні покриття, мають кращі триботехнічні характеристики порівняно з класичним борируванням. Відносна зносостійкість бор-мідних покриттів  $K_{Cu} = 4,09$  і  $K_{Cu} = 4,46$  на сталі У8 і ХВГ відповідно, бор-хромових –  $K_{Cr} = 3,65$  і  $K_{Cr} = 3,75$  для У8 і ХВГ відповідно. Отже стійкість до абразивного зносу сталей У8 і ХВГ після бороміднення

зменшується у 1,3-1,5 рази, порівняно з покриттями, отриманими за класичною технологією.

Отже, борирування один із перспективних методів покращення зносостійкості покриттів. Але головним його недоліком є крихкість покриття. В роботі показано, що покриття В – Сг характеризуються високою твердістю, а отже і зносостійкістю покриттів. Мідь також сприяє дифузії бору вглиб сталі, що забезпечує формування щільних та рівномірних за товщиною покриттів, а також дещо зменшує твердість та крихкість покриття, роблячи його більш пластичним.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ТЕРМІЧНОЇ І ТЕРМОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБОК НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ШТАМПОВИХ СТАЛЕЙ

*Самсоненко Т. Ю., магістрант; Гапонова О. П., доцент*

Термомеханічна обробка сталі (ТМО) являє собою сукупність операцій деформації, нагрівання та охолодження (в різній послідовності), в результаті яких відбувається формування остаточної структури металевого сплаву, а отже, і його властивості проходять в умовах підвищеної щільності і відповідного розподілу недосконалостей будови, створеної пластичною деформацією. ТМО сталі виконується головним чином за трьома схемами: високо – температурна (ВТМО), низькотемпературна (НТМО). У представлений роботі використовувалася ВТМО.

Для дослідження використовувалися інструментальні сталі У8 та Р6М5. ВТМО цих сталей проводили за різними режимами: для сталі У8 ступінь деформації є при температурі 800-840°C становив 6, 10, 15, 25, 30 та 50 %; для сталі Р6М5 при температурі 1000-1050°C  $\epsilon = 10, 20, 42, 60$  %. Дослідження мікроструктури проводили із застосуванням металографічного мікроскопу МІМ-7.

Експериментально встановлено, що безпосередньо після ВТМО зі збільшенням ступеня деформації в межах  $\epsilon = 6 - 50$  % зростає твердість сталі У8 від 60 до 65 HRC, твердість сталі Р6М5 зі збільшенням ступеня деформації від  $\epsilon = 10$  % до  $\epsilon = 60$ % змінюється незначно, 60-63 HRC. Очевидно, це пов'язано із наявністю більшої кількості залишкового аустеніту в швидкорізальній сталі. Але при цьому в обох сталях відбувається закономірне подрібнення розміру зерна та карбідів, особливо у сталі Р6М5, і підвищення однорідності структури.

Таким чином, високотемпературна термомеханічна обробка сприяє підвищенню твердості та міцності вуглецевих і легованих інструментальних сталей за рахунок подрібнення зерна та структурних складових, створення сприятливої дислокаційної структури, що сприяє зміцненню при збереженні достатньої пластичності.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТА МАТЕРІАЛІВ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР, ПІСЛЯ ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ, ДИФУЗІЙНОЇ МЕТАЛІЗАЦІЇ, НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ МЕТОДОМ КАТОДНО-ІОННОГО БОМБАРДУВАННЯ І ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ

*Бібік В. І, магістрант; Руденко Л. Ф., ст. викладач*

Сьогодні з тертям пов'язана одна з найгостріших проблем сучасності — знос машин і механізмів. Витрати на відновлення машин в результаті зносу величезні, при чому щорічно вони збільшуються.

Міцність, надійність і довговічність деталей машин та матеріалів триботехнічного призначення в значній мірі визначаються фізико-механічними властивостями робочих поверхонь. Тому важливу роль в технології машинобудування відіграють процеси поверхневого зміцнення деталей. [1]

Існує безліч способів поверхневого зміцнення та підвищення зносостійкості деталей.

Найрозповсюдженим способом зміцнення поверхневого шару є хіміко-термічна обробка, яка дозволяє змінювати хімічний і фазовий склад поверхневого шару та градієнт властивостей деталей у напрямку від поверхні до серцевини. Це досягається за рахунок дифузійного насичення поверхневого шару яким-небудь елементом ( у даному випадку хромом), що знаходиться в аморфному стані і здатний розчинитися в металі оброблюваної деталі. Хіміко-термічна обробка забезпечує підвищення зносостійкості деталей через збільшення твердості поверхневого шару.

Особливе місце займає метод електроіскрового легування, який заснований на перенесенні матеріалу електрода (переважно матеріалу анода) при імпульсному іскровому розряді в газовому середовищі на оброблювану поверхню. Для нанесення електроіскрових покриттів застосовують вібруючі електроди.

Метод катодно-іонного бомбардування – це фізичний метод нанесення покриттів (тонких плівок) в вакуумі, шляхом конденсації на підкладку (виріб, деталь) матеріалу з плазмових потоків, що генеруються на катоді-мішені в катодній плямі вакуумної дуги потужнострумового низьковольтного розряду, що розвивається виключно в парах матеріалу електрода. [2]

У даній роботі провели порівняльний аналіз зносостійкості покриттів отриманих після дифузійної металізації (хромування), електроіскрового легування і катодно-іонного бомбардування.

При проведенні науково-дослідної роботи було доведено, що при хромуванні можна підвищити зносостійкість деталей триботехнічного призначення, що виготовленні зі сталі 40Х в 5 разів, при електроіскровому легуванні майже в 2 рази. Це дозволяє стверджувати, що дані методи

підвищення зносостійкості є перспективними та економічно обґрунтованими при впровадженні їх на виробництві.

Зносостійкість зразка після нанесення покриття методом катодно-іонного бомбардування не збільшилася, в силу того, що при випробуванні покриття швидко продавлюються і відшаровуються від основного металу. Це каже про те, що при нанесенні покриттів даним методом вирішальну роль відіграє матеріал основи, тому даний метод не підходить для підвищення зносостійкості деталей, що виготовляються з поліпшуваних сталей, зокрема 40Х.

#### Список літератури

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Износ и безызносность / Д.Н. Гаркунов. – М. : МСХА, 2001. – 616 с.
2. Ляшенко Б.А. Тенденция развития упрочняющей поверхностной обработкой и положение в Украине / Ляшенко Б.А., Клименко С.А./ Сучасне машинобудування /. – 1999. - №1. – 94-104с.

### ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАТЕРІАЛУ КОЛЕСА НАСОСА ГЦН, ЩО ПРАЦЮЄ В УМОВАХ КАВІТАЦІЇ, КОРОЗІЇ І РАДІАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

*Рибальченко Ю. О., магістрант; Руденко Л. Ф. ст. викладач*

Об'єктом дослідження являється деталь насоса "колесо робоче", для якого нам необхідно зробити, шляхом проведення наукових досліджень, узагальнення і аналізу отриманих результатів, вибір оптимального процесу зміцнення матеріалу колеса і, можливо, зробити заміну матеріалу на сучасніший, технологічніший і довговічніший, що збільшить тимчасовий ресурс робота насос.

Робоче колесо - відцентрове, закритого типу, з лопатками двоякої кривизни - виконано литтям. Маточина робочого колеса має центруючі конуса, що забезпечує беззазорну посадку робочого колеса на вал, незалежно від температури доквілля. Робоче колесо кріпиться на валу за допомогою евольвентних шліців, а в осьовому напрямленні - гайкою обтічником.

Геометричні параметри колеса великою мірою визначаються ККД насоса.

З поверненням ККД при роботі насоса на робоче колесо діють осьові сили, які виникають внаслідок несиметричного розподілу тиску і швидкостей руху рідини в порожнинах, що безпосередньо оточують колесо. Осьові сили, як правило, двоякої дії - статистичні та динамічні і вони викликають значний і нерівномірний зношування колеса.

Окрім осьових сил на колесо діє і радіальна сила, яка також призводить до зміни характеру тиску по колу колеса, його нерівномірному зношенню і зниженню працездатності. Такий вид зносу деталей насоса

називають гідроабразивним, оскільки він відбувається в рідкому середовищі і при зміні різних видів навантажень.

У поточній рідині також виникає кавітація. Явище кавітації в рідині яка рухається виникає в тих випадках, коли статистичний тиск в якій-небудь області потоку падає нижче тиску насиченої пари рідини. Реальна рідина, як правило, не може сприймати розтягуючих зусиль, які виникають при попаданні тиску в ній нижче тиску насиченої пари, тому у вказаних областях відбувається її скипання і порушується суцільність потоку з утворенням численних парових бульбашок і стійких каверн, що примикають до стінок (caverna (лат.) - порожнина; звідси походить назва "кавітація"). Як тільки парові бульбашки, що рухаються разом з потоком рідини, потрапляють в область, де статистичний тиск вище пружності насиченої пари, пара конденсується і бульбашки зникають.

Аналіз літературних даних підтверджував, що необхідно провести випробування і контроль корозійної і кавітації стійкості аналізованих і сталей, що вивчаються, для деталі "колесо робоче" насоса ГЦН. Механічні властивості після термічної обробки повністю відповідають технічним вимогам у усіх аналізованих марок стали, тому випробувань не проводять.

#### Список літератури

1. Арзамасов Б. Н. Матеріалознавство. – М., 1986. – 136 с.
2. Лахтин Ю. М., Арзамасов Б. Н. Хіміко-термічна обробка металів. – 1985.

### КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ПІДБОРУ МАТЕРІАЛІВ І МЕТОДУ ЗМІЦНЕННЯ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ САЛЬНИКОВОГО УЩІЛЬНЕННЯ КИСНЕВОГО КОМПРЕСОРА

*Устименко М. С., магістрант; Руденко П. В., асистент*

Одним з найважливіших вузлів поршневого компресора є штокове ущільнення, що забезпечує його герметичність.

Тільки в газовій галузі США використовується понад 29 000 поршневих компресорів, в кожному з яких, в середньому, має чотири циліндри, що означає використання близько 160 000 систем ущільнення поршневих штоків. Через ці системи щорічно в атмосферу викидається 43,8 млрд. Фут.<sup>3</sup> (1 226 млрд. М<sup>3</sup>) метану, що дозволяє розглядати їх як один з основних джерел емісії на компресорних установках при видобутку природного газу.

Спрацювання робочої поверхні штока залежить від ряду факторів:

1. Матеріалу штока, твердості і морфології поверхні.
2. Робочого середовища, тиску, температури і лінійної швидкості штокадної ступені компресора.
3. Конструкції ущільнення і матеріалу сальників.

4. Точності виготовлення деталей ущільнення і ряду інших чинників.

Правильний вибір матеріалів пари тертя штокового ущільнення є складним комплексним інженерним завданням, що враховує велику кількість факторів.

В даний час найбільш перспективним матеріалом для виготовлення сальникових ущільнень є полімерні композитні матеріали з матрицею політетрафторетилену і різними наповнювачами.

Електроерозійне легування (ЕЕЛ) робочої поверхні штока є одним з актуальних напрямків зміцнення поверхні і поліпшення триботехнічних властивостей.

В ході проведення експерименту було досліджено вплив процесу тертя штока зі сталі 40Х з зміцнюючим покриттям на основі хрому, двокомпонентних твердих сплавів, кераміки і композитних сальникових ущільнень.

## ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

*Кочура В. О., студент; Руденко П. В.; асистент*

Мета роботи – це здешевлення виробництва за рахунок заміни дорожчого матеріалу на більш дешевий аналог не втрачаючи технологічні та механічні властивості при заміні та за рахунок правильного призначення оптимального режиму термічної обробки ролика .

Робочі валки прокатних станів повинні забезпечувати надійне захоплення, бути досить міцними і зносостійкими, володіти високим опором ударних навантажень, які неминуче виникають у початковий момент захоплення. Якість робочих валків і їх стійкість в значній мірі визначають техніко-економічні показники роботи станів.

Знос прокатних станів залежить від: хімічного складу, структури валка, температурного режиму прокатки і умов охолодження валків, прийнятої системи калібрування та режиму обтиснень, стану валкової арматури і налаштування стану.

Сталь ХВГ є аналогом сталі ШХ15СГ. По властивостям аналог не поступається і тому може повноцінно замінити більш дорожчу сталь – ШХ15СГ.

Термічна обробка: відпал (не повний):  $A_{c1} + 50...100^{\circ}C$  - при температурі  $750...800^{\circ}C$ , Час витримки при відпалі складається з часу, необхідного для повного прогрівання деталі, і часу, потрібного для закінчення структурних перетворень, що забезпечить повну перекристалізацію. Потім охолодження з пічкою до  $500^{\circ}C$  і далі на спокійному повітрі, це забезпечить мінімальне структурне фазове зняття напруги.

Гартування :  $A_{c1} + 30...50^{\circ}C$  - здійснюють з витримкою при температурі  $750...800^{\circ}C$  близько 20–30 хв., після чого – охолодження в маслі,



забезпечить структуру мартенсит. Основна мета гартування сталі - отримання високої твердості, зносостійкості і механічних властивостей.

Відпуск (низький) - здійснюється при температурі 150...200°C. Витримка 2 – 4 години з подальшим охолодженням на повітрі. Для усунення внутрішніх напруг після гартування деталі піддають відпуску в камерних печах. При цьому найбільший інтервал між гартуванням і відпуском допускається не більше 4 год. Забезпечить структуру мартенситу відпуску.

Висновок: використовуючи сталь ХВГ і представлену термічну обробку вдається здешевити виробництво при збереженні технологічних властивостей, використовуючи економічно технологічні процеси.

## РОЗРОБКА ПЕРСПЕКТИВНОГО МЕТОДУ ВИГОТОВЛЕННЯ МАТРИЦІ

*Безкостий І. М., студент*

На сьогоднішній день найбільш перспективним видом обробки металів тиском є штампування. Штампування – це процес пластичної деформації матеріалу із зміною форми і розмірів тіла.

До основних переваг штампування можна віднести: високу продуктивність, якість та точність виробів, економія металу, низька собівартість, можливість повної автоматизації, простота експлуатації обладнання, можливість виготовлення виробів з різноманітних матеріалів, низька кваліфікація робітників, малі втрати матеріалу, високий коефіцієнт його використання.

Завдяки вирубним штампам для холодного деформування можливо менше витратити часу на механічну обробку, а розміри виробів будуть більш точними. Ці численні інструменти різноманітні за формою, розмірами і напруженим станом, що виникає в процесі експлуатації, що вимагає застосування різних сталей.

Не менш важливим для вирубного штампу холодного деформування буде можливість забезпечити мінімальний відхід матеріалу для виготовлення тої чи іншої деталі, при отриманні якісних деталей та достатньої стійкості штампа, а досягти це можливо за допомогою раціонального варіанту розташування деталей.

Основні вимоги до штампових сталей: це висока міцність, твердість, зносостійкість, гарна ударна в'язкість та теплостійкість так як при роботі матеріал штампу нагрівається.

Сталі, що застосовуються для виготовлення інструменту такого роду, називають штамповими сталями. Для виготовлення матриці штампу холодного деформування я обираю сталь Х6ВФ і замітник для неї 9ХВГ.

Завдяки вибору сталі 9ХВГ ми можемо знизити енергозатратність, так як для Х6ВФ потрібно більші температури нагріву. Температура ізотермічного відпалу для Х6ВФ 830-850°C, а для 9ХВГ 770-790°C.

Температура гартування для Х6ВФ: 980-1000°C, а для 9ХВГ: 820-840°C. Також 9ХВГ відрізняється своєю нижчою вартістю, що зробить процес виготовлення більш дешевим.

*Робота виконана під керівництвом ст. викладача Руденко Л. Ф.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОКРИТТІВ ОТРИМАНИХ ІОННО-ПЛАЗМОВИМ АЗОТУВАННЯМ

*Булига К. С., магістрант; Марченко С. В., доцент*

Використання покриттів сприяє зміцненню поверхневого шару, збільшенню терміну експлуатації різального інструмента, заміні дорогих інструментальних матеріалів більш дешевими.

Серед існуючих методів нанесення зносостійких покриттів вигідно вирізняється метод іонно-плазмового азотування. Цей метод дозволяє отримати зносостійкі покриття, які підвищують стійкість в тому числі інструменту в середньому в 3,0 рази.

При азотуванні металів утворюються багатошарові дифузійні шари, які складаються з поверхневої нітридної зони і дифузійного підшару – зони внутрішнього азотування. Головною перевагою іонного азотування є можливість отримання дифузійного зміцненого шару, або шару з монофазним нітридом Fe<sub>4</sub>N ( $\gamma'$ -фаза) на поверхні.

Покриття отримані булатуванням відрізняються як за властивостями, так і за зовнішнім виглядом, мають різну товщину на різних матеріалах.

Сукупність правильно підібраних параметрів дають змогу отримати найоптимальніше покриття для заданих експлуатаційних умов.

Для визначення оптимальних параметрів запропоноване проведення таких досліджень:

1) Визначення товщини та твердості покриття з використанням мікротвердоміру.

2) Випробування за методом тертя по нежорстко закріплених абразивних частинках.

3) Визначення відносної зносостійкості при терті «метал по металу».

Для дослідження була обрана сталь Р3М3Ф2, що найчастіше використовується для високонавантажених різальних інструментів. Нанесення покриття проводилось на установці «Булат-3Т». Режими варіювались в діапазонах: струм дугового розряду-катода – 90-110 А, тиск робочого газу-азота –  $2 \cdot 10^{-3}$  мм. рт.ст. Час нанесення покриття в режимі розпилення катода в середовищі робочого газу – 20 хвилин, додаткова напруга – 170-200 В, температура нагріву зразка – 80-550°C.

Таким чином дослідження покриття в зазначених діапазонах параметрів дасть змогу визначити оптимальний для конкретних умов експлуатації.

## ЗАСТОСУВАННЯ ХІМІКО-ТЕРМОЦИКЛІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ВАЛІВ ЗІ СТАЛІ 25ХГТ

*Мірошніченко О. М., магістрант; Лупирь О. В., студент;  
Говорун Т. П., доцент*

Часто традиційні способи зміцнюючих технологій виявляються недостатньо ефективними при вирішенні задач нової техніки. Це призвело до розробки у останній час способів та режимів, в основі яких лежать прийоми, що дозволяють інтенсифікувати велику кількість фізико-хімічних процесів за рахунок використання природи матеріалів і особливостей протікаючих у них структурних перетворень. До них можна віднести термоциклічну обробку (ТЦО). ТЦО складається із періодично повторюваних нагрівань і охолоджень по режимам, що враховують внутрішню будову матеріалу, а саме: різницю у теплофізичних характеристиках фаз, об'ємний ефект фазових перетворень та ін. Такий підхід дає можливість за короткий проміжок часу, залучивши до роботи практично всі резерви, сформулювати оптимальну структуру. При цьому можуть бути суттєво розширені можливості у частині отримання матеріалів із заданими властивостями і вдосконалення на цій основі машин, конструкцій, окремих вузлів та деталей. Все це ставить ТЦО у розряд перспективних напрямлень у металообробці.

Основним завданням в області технології хіміко-термічної обробки (ХТО) є істотна інтенсифікація процесів дифузійного насичення. Одним з перспективних напрямків вирішення поставленої задачі є використання при ХТО режимів термоциклічної обробки (ХТЦО), яка полягає в спільному здійсненні процесів дифузійного насичення і термічної обробки в режимі термоциклів матеріалу в інтервалі температур поліморфних перетворень. Використання ТЦО безпосередньо у процесах ХТО при цементації, азотуванні (ХТЦО) і т.д. дозволяє за більш короткий проміжок часу, ніж при ізотермічній витримці, досягти необхідного дифузійного збагачення поверхневих шарів необхідними елементами.

Для поверхневого зміцнення виробів із низьковуглецевих сталей (до 0,25 % вуглецю), якою є і сталь 25ХГТ, переважно застосовують цементацію. Метою цементації є отримання твердої та зносостійкої поверхні, що досягається збагаченням поверхневого шару вуглецем та наступним гартуванням із низьким відпуском. Цементація та наступна термічна обробка одночасно підвищує і межу витривалості.

Основними недоліками технології традиційних методів ХТО сталей є велика тривалість процесів дифузійного насичення і необхідність застосування додаткової термічної обробки з дотриманням суворо регламентованих технологічних режимів. Крім того, при ХТО відбуваються деформація і викривлення виробів, що пов'язані з об'ємними змінами внаслідок структурних перетворень в сталі, наприклад, через відмінності питомих обсягів структурних складових до і після гартування. Джерелом

викривлення є так само напруги, що виникають у виробі при нагріванні і охолодженні, при фазових перетвореннях і в результаті попередньої обробки. Значний вплив на викривлення мають прокалюваність і розмір зерна сталі. Для зменшення викривлення необхідно використовувати сталі з регламентованою прокалюваністю і гарантованим розміром спадкового зерна. Ефективними шляхами регулювання напруги для зменшення деформацій і викривлення оброблюваних виробів є методи попередньої термічної обробки і способи, що передбачають певні режими нагрівання та охолодження, наприклад, використання після насичення ступінчастого або ізотермічного гартування в розплаві солей.

Недоліки традиційних способів ХТО у багатьох випадках ліквідуються при поєднанні цього процесу із ТЦО. По-перше, ті структурні зміни, які отримуються у результаті ТЦО, прискорюють наступну дифузію атомів у металевому матеріалі. Тому використання ТЦО як попередньої ТО перед звичайною ХТО є достатньо перспективним. По-друге, проведення ХТО у температурному режимі ТЦО є найбільш ефективним методом інтенсифікації хімічного насичення поверхні деталей при одночасному покращенні їх якості. По-третє, використання ТЦО після ХТО у одному технологічному процесі виправляє перегрів (крупнозернистість) і інші дефекти структури, які отримуються зазвичай при високотемпературній ХТО.

Проведено дослідження поверхневого зміцнення зразків зі сталі 25ХГТ із застосуванням звичайної цементації у твердому карбюризаторі і цементації з ТЦО. Склад карбюризатора був наступний: вуглекислий барій 10 – 15 % та деревинне вугілля 90 – 85 %. Після традиційної цементації зразки піддавалися подвійному гартуванню із охолодженням у маслі і низькому відпуску. ХТЦО проводилося у інтервалі температур (920 - 930) °С – 550 °С. Тривалість циклу при температурі насичення 920 – 930 °С складала 1,5 години. Друга партія зразків після вказаного вище ХТЦО піддавалися повторному нагріванню до температури 790-810 °С із охолодженням у циклі до 550 °С та тривалістю процесу два цикли, далі проводили гартування у маслі і низький відпуск.

Циклування при цементації дозволяє позбавитися від залишкового аустеніту та підвищеної кількості цементиту, а використання термоциклічної обробки із додатковими циклами гартування ТЦО дозволяє збільшити глибину дифузійного шару до 1,1 – 1,2 мм. ХТЦО за рахунок інтенсифікації процесів дифузії, фазових та структурних перетворень дозволяє скоротити тривалість термічної обробки, підвищити зносостійкість сталей у порівнянні із стандартною хіміко-термічною обробкою в 1,2 – 1,5 рази за рахунок збільшення товщини цементованого шару, покращити весь комплекс механічних властивостей, а значить – надійність деталі. Також слід зазначити, що обробка із використання ТЦО забезпечує мінімальне короблення виробу завдяки малим витримкам при максимальних температурах процесу.

## ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИЛЬХРОМІВ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВПУСКНИХ КЛАПАНІВ ДВЗ

*Чернякова М. Р., студент; Харченко Н. А., доцент*

Автомобільна галузь – одна із багатьох галузей сучасної України, що на сьогодні стоїть на дорозі розвитку з близькою перспективою виходу на ринок Європи. З цієї точки зору актуальність робіт з вивчення, розробки чи вдосконалення технологічних процесів виготовлення широкого спектру деталей автомобільної промисловості є очевидною.

Впускний клапан – елемент механізму газорозподілу двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ), який відповідає за впуск в робочу камеру згорання паливно-повітряної суміші. Під час експлуатації впускні клапани піддаються впливу високих динамічних навантажень, корозійній дії і впливу температур в межах 300 - 500 °С [1].

Одним із найбільш розповсюджених матеріалів для виготовлення впускних клапанів ДВЗ є високолеговані хромокремнієві сталі (сильхроми) 40Х9С2, 40Х10С2М - сталі мартенситного класу. Присутній в сталі Мо підвищує жароміцність і перешкоджає виникненню відпускнуї крихкості сталі. Сильхроми характеризуються підвищеною жаростійкістю в середовищі гарячих вихлопних газів, значним опором газовій корозії в продуктах згорання різних палив і високою зносостійкістю при терті і ударних навантаженнях [2].

Необхідні експлуатаційні властивості впускні клапани, виготовленні із сильхрому отримують після комплексної термічної обробки [2]. Режим термічної обробки впускного клапана двигуна внутрішнього згорання зі сталі 40Х10С2М складається з послідовних операцій:

- 1) відпал: нагрів до температури 980-1000 °С, охолодження з піччю.
- 2) гартування струмами високої частоти: нагрів до температури 1100-1150°С, охолодження – на повітрі;
- 3) відпуск: нагрів до температури 350-400 °С, охолодження – на повітрі.

Запропонована термічна обробка клапану ДВЗ автомобіля зі сталі 40Х10С2М призводить до формування в поверхневому шарі структури типу мартенсит відпуску мікротвердістю 6,5-4,5 ГПа. При цьому відмічається зменшення мікротвердості від поверхні до серцевини виробу в 2,0-2,5 рази.

### Список літератури

1. Ненишев А.С. Технология производства деталей двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие / А.С. Ненишев, С.В. Мельник, В.П. Расщупкин, М.С. Корытов, Ю.К. Корзунин. – Омск: СиБАДИ, 2009. – 92 с.
2. Гольдштейн М.И. Специальные стали: Учебник для вузов/ М.И. Гольдштейн, С.В. Грачев, Ю.Г. Векслер.- 2-е. изд., перераб и доп.- М.: МИСИС, 1999.- 408 с.

## ПОДУШКА ГІДРОП'ЯТИ, УМОВИ РОБОТИ ТА МЕТОДИ ЗМІЦНЕННЯ

*Руденко П. Л., студент; Руденко П. В., асистент*

Гідроп'ята - автоматичне саморегулююче пристрій встановлюється на насоси високого тиску. Принцип дії гідроп'яти полягає у зрівноважуванні осьових навантажень за рахунок різниці впливу на диск рідини з боку всмоктування і нагнітання.

Правильно спроектована і змонтована гідроп'ята працює автоматично: при зміні осьового зусилля торцевий зазор між п'ятою і диском змінюється так, щоб змінилося тиск перед розвантажувальним диском і створило силу, рівну і протилежно спрямовану наявную.

Деталь апарату, подушки гідроп'ята та диск розвантажувальний, піддаються 3 групи зносу: механічний; корозійний; кавітаційний і гідроабразивний.

Для того щоб збільшити термін роботи деталі необхідно підібрати марку сталі провести термічну обробку.

В умовах виробництва для деталі подушка гідроп'яти застосовують сталь 50X15МСЛ але доцільно змінити марку сталі на 40X13. Так як сталь 50X15МСЛ є досить новою маркою сталі на території СНГ тому на неї нема технологічного процесу і вона є досить дорогою через великий вміст легувальних елементів. В свою чергу сталі 40X13 широко застосовується для виготовлення деталей компресорів гідрокомпресорів та виробів, які працюють до температури 400-450 °С і в слабо агресивних середовищах.

Термічна обробка:

1. Попередня термічна обробка – нормалізація + високий відпуск.

Нормалізація нагрів до температури 1050-1150 °С, витримка – 2,5 години, охолодження на повітрі с наступним відпуском . Відпуск при температурі 700-720 °С отримуємо структуру : тростит + сорбіт. Твердість – 28-30 HRC.

2. Остаточна термічна обробка – гартування і відпуск. Гартування при температурі 1050-1150 °С, охолодження на повітрі бо сталь мартенситного класу . Структура: мартенсит гартування + карбіди + аустеніт залишковий. Твердість після гартування 60-61 HRC. Для зняття внутрішніх напруг деталь піддаю відпуску при температурах 450-500 °С отримуємо структуру тростіт. Твердість 40-45 HRC.

Висновки: замінив марку сталі на 40X13 бо вона є більш дешевою і технологічною ніж марка сталі 50X15МСЛ указана в умовах виробництва та розробив технологічний процес.

## ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

*Василега В. А., студент; Марченко С. В., доцент*

Мета роботи – це здешевлення виробництва за рахунок заміни дорожчого матеріалу на більш дешевий аналог не втрачаючи технологічні та механічні властивості при заміні. Деталь – штамп для холодного деформування.

Зносостійкість є важливим показником що визначає, термін служби багатьох штамів. Фактором, що впливає на стійкість деталей штампової оснастки є процеси поверхневого руйнування, які складаються з великої кількості мікроскопічних виривів.

Якість обробки поверхонь пуансонів і матриць штампів, їх точна взаємна підгонка, використання правильних матеріалів забезпечує високу стійкість штампа в роботі. Нехтування одним з цих вимог явиться причиною низької якості штампа. Наприклад, низька твердість штампа внаслідок неправильного режиму термічної обробки, зведе нанівець всі зусилля по отриманню високої точності обробки, так як штамп матиме низьку стійкість.

Таким чином можна сформулювати низку основних властивостей, що їм має відповідати штамп:

- а) бути високоміцним;
- б) мати високу твердість;
- в) високу зносостійкість;
- г) високу в'язкість, щоб внаслідок частих і сильних ударів крайки не викрашувалися;

Штампові сталі повинні володіти, також, особливими технологічними властивостями. До них відносяться:

- а) добра оброблюваність різанням і тиском;
- б) добра прогартованість, можливість отримати високу твердість і рівномірну дрібнокристалічну структуру;
- в) нечутливість до перегріву, можливість гартуватися з нагріву до високих температур.

Для виготовлення штамів, що працює в умовах динамічних навантажень, використовують сталь підвищеної прогартованості 6ХС замість 6ХВ2С. За властивостями обрана сталь не поступається і тому може повністю замінити більш дорожчу сталь – 6ХВ2С.

Так як деталь працює при великих силових навантаженнях, її виготовляють з особливої, зносостійкої сталі. Вона відрізняється міцністю і не деформується під впливом температурних перепадів.

Термічна обробка:

1. Попередня термічна обробка – повне відпалювання. Нагрів до температури 850-870 °С, витримка – 2 години, охолодження з піччю. Структура: ферит + перліт. Твердість – 200-240 НВ.

2. Остаточна термічна обробка – гартування і низькотемпературний відпуск. Гартування при температурі 840-860 °С, середа охолодження – олива. Структура: мартенсит гартування + карбіди. Твердість після гартування 58-62 HRC. Для зняття внутрішніх напруг деталей піддаю низькому відпуску при температурах 240-270 °С. Структура: мартенсит-відпуску і карбіди. Твердість 54-56 HRC.

Висновок: використовуючи сталь 6XC замість 6XB2C і представлену термічну обробку вдається здешевити виробництво при збереженні технологічних властивостей.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ ЛЕГУВАННЯМ

*Ніколаєнко А. С., студент; Гапонова О.П., доцент*

Одна з найбільш важливих проблем технологічного прогресу полягає в необхідності забезпечувати постійну відповідність властивостей нових матеріалів, що застосовуються в машинобудуванні, і все більш жорстких умов їх роботи. Як правило, виявляється, що хоча б за одним з параметрів ці матеріали не відповідають вимогам, що ставляться до них. Найчастіше найбільш слабким елементом в системі матеріал – робоче середовище, що визначає допустимі умови експлуатації та ресурс всієї системи, є поверхня матеріалу. З цього випливає, наскільки важлива задача розробки методів і технологій нанесення захисних покриттів на поверхню матеріалів.

Вибір конкретного покриття у вищезгаданій системі визначається балансом результатів і витрат, тобто співвідношенням між поліпшенням експлуатаційних характеристик деталі і вартістю нанесення відповідного покриття.

Сучасні технології нанесення покриттів мають численні методи зміни фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей металевих поверхонь в заданому напрямку, кожен з яких має свої оптимальні галузі застосування. До одного з таких методів зміцнення і нанесення захисних покриттів відноситься електроіскрове легування (ЕІЛ). До його переваг відносяться: можливість нанесення на оброблювану поверхню компактним електродом будь-яких струмопровідних матеріалів; висока міцність зчеплення шару, що наноситься, з матеріалом основи; низька енергоємність процесу; простота здійснення технологічних операцій і т.д.

У працях дослідників, таких як В. Є. Авраменко, В. П. Александрова, В. Б. Тарельник, Б. Р. Лазаренко і Н. І. Лазаренко і багатьох інших зазначалося, що властивості поверхневого шару, істотно змінюються при ЕІЛ порівняно з покриттями, отриманими традиційними способами нанесення.



Однак властивості цього шару до кінця не визначені. Для простоти вивчення шару дослідники розбивають його на зони.

Одні автори ділять його на наступні зони, представлені на (рис. 1.).

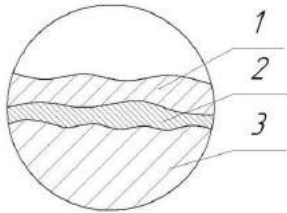


Рисунок 1 – Змінений поверхневий шар катода, отриманий після ЕІЛ: 1 – «білий» шар; 2 – перехідний шар; 3 – незмінений матеріал заготовки, основа

Дослідники вважають, що в «білому» шарі спостерігаються хіміко-термічні перетворення, перехідний шар включає в себе зону термічного впливу і дифузійну зону і під яким знаходиться незмінений матеріал виробу (катода). Автори вважають, розподіл зон залежить від матеріалу основи і режимів електроіскрового легування.

Номенклатура деталей, для яких застосовують нанесення покриттів методом ЕІЛ досить широка, це різальний, штамповий інструмент, деталі машин (торцеві ущільнювачі, посадкові місця підшипників, робоча поверхня лопатки парової турбіни та інші), що працюють в екстремальних умовах.

Нами запропонований спосіб зміцнення поверхневого шару колінчатого валу методом електроіскрового легування. В якості основи використовувати сталь конструкційну 40Х, електрод – графіт. Запропонований спосіб простий та економічний. Базовим способом зміцнення деталі є хіміко-термічна обробка – азотування. Цей спосіб є досить тривалий і енергозатратним, також він потребує спеціального обладнання. Коли як електроіскрове обладнання досить просте у використанні, і є можливість нанесення поверхневого шару лише у місцях робочої поверхні, що дає змогу зекономити велику кількість часу, та легуючого елемента (електрода) через локальну обробку.

Отже, електроіскрове легування є досить перспективним методом через свою універсальність та економічність як в області нанесення покриттів, так і при відновленні робочої поверхні виробів.

#### Список літератури

1. Тарельник В. Б. Управление качеством поверхностных слоев деталей комбинированным электроэрозионным легированием / В. Б. Тарельник. – Суми: МакДен, 2002. – 323 с.

2. Гитлевич Л. Е. Электроискровое легирование металлических поверхностей / Гитлевич А. Е., Михайлов В. В., Парканский Н. Я., Ревутский В. М. – Кишинев: Штинца, 1985. – 196 с.

# **ХІМІЧНІ НАУКИ**

## МЕМБРАНИЙ ЕЛЕКТРОЛІЗ В ПРОЦЕСАХ РЕГЕНЕРАЦІЇ РОЗЧИНІВ, ЩО МІСТЯТЬ Cr<sup>6+</sup>

*Рибалко М. А., студент; Ляховка А. В., студент;  
Большаніна С. Б., доцент*

Сполуки шестивалентного хрому широко використовуються в сучасній промисловості. Найважливіша область їх застосування - гальванічне виробництво, яке незмінно є одним з основних забруднювачів навколишнього середовища. З метою підвищення якості очищення стічних вод і регенерації хромовмісних розчинів застосований спосіб регенерації таких розчинів з використанням електрохімічного модуля. Даний прилад складається з електролізера, розділеного катіонообмінною мембраною на зовнішній анод і катодну камеру, з розміщеним в ній катодом, підключеними до джерела постійного струму. Лабораторний електролізер (Рис.1) включав: анод, виготовлений зі свинцю (марки С2), і катод з титану (ВТ1-0). У анодну камеру подавали хромовмісний розчин, що підлягав регенерації, а в катодну камеру наливали католіт - 1% розчин сірчаної кислоти. Електроліз проводили при густині струму  $d_A$  5-10 А / дм<sup>2</sup>. Катіонообмінна мембрана Ralex CM-PES 11-66 встановлювалася таким чином, що утворювала одну зі стінок катодної камери з боку анода. Впритул до мембрани з боку анода прикріплювалася фільтрувальна тканина. Наявність фільтрувальної тканини перешкоджає швидкому засміченню мембрани.

В процесі електролізу іони Cd<sup>2+</sup> або Zn<sup>2+</sup> переходять у катодну камеру, а іони Cr<sup>3+</sup> будуть окислюватися на аноді відповідно до схеми:

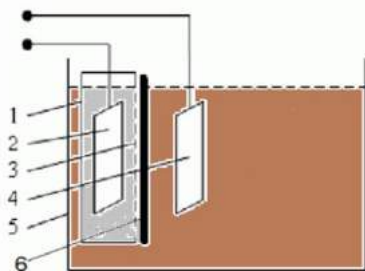
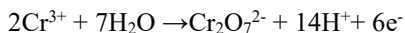


Рисунок 1 – Схема мембранного електролізера з зовнішнім анодом.

- 1 – корпус електролізера;
- 2 – внутрішній електрод - катод;
- 3 – іонообмінна мембрана;
- 4 – зовнішній електрод - анод;
- 5 – ванна з робочим розчином;
- 6 – фільтрувальне полотно.

Ефективність роботи модуля досить висока. За 250 годин роботи в ванні гальванічної лінії було повернуто понад 2 кг (2,44 кг) сполук шестивалентного хрому.

## СИНТЕЗ ПЛІВОК НА ОСНОВІ АЛЬГІНАТУ ТА ЖЕЛАТИНУ З ДОДАВАННЯМ СТРЕПТОЦИДУ

*Ковшун А. В., студент; Сандюк А. Ф., студент;  
Кириченко О. М., зав. навч. лабораторії; Большанина С. Б., доцент*

Метою нашої роботи було виготовлення плівок, які можуть бути використані в медичній практиці для швидкого загоювання ран. Основою для виготовлення плівкових матеріалів є біополімери желатин (Жел), що є денатурованою формою колагену, та натрію альгінат (Альг), який отримують із водоростей і широко використовують у якості біодобавки. В якості лікарського засобу використали стрептоцид, що має антисептичні, бактеріостатичні та регенеруючі властивості і належить до групи сульфаніламідів. Всі компоненти є безпечними для організму людини.

Натрію альгінат – лінійний, аніонний полісахарид, який складається з глікозидних залишків  $\beta$ -D-мануранової і  $\alpha$ -L-гулуранової кислот і утворює плівку завдяки взаємодії з двовалентними катіонами двовалентних металів ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ). До того ж він має відмінні сорбційні властивості та широко використовується в якості ефективного ентеросорбенту, оскільки чудово зв'язує і виводить з організму токсини, шлаки, радіонукліди і навіть солі важких металів. Основною метою використання желатину у складі плівок була його амінокислотна подібність до колагену, який є необхідний для нормального функціонування шкіри людини, але при цьому, в порівнянні з колагеном він має значно меншу антигенність, що розширює межі його застосування. Порошок стрептоциду можна застосовувати не тільки при ранах, опіках, фурункулах, карбункулах але й при інших захворюваннях шкіри інфекційно-запального характеру, до того ж він відрізняється достатньо низькою ціною, що робить його використання економічно вигідним.

Для виготовлення плівок були приготовлені розчини натрію альгінату (3%) і желатину (3%). Компоненти було змішано у наступних співвідношеннях Альг/Жел: 1:1, 2:1, 3:1. До колоїдних розчинів було додано суспензію стрептоциду (2 табл по 0,5 г на 100 мл води), отриману суміш виливали в чашку Петрі та додавали розчини  $\text{ZnSO}_4$  або  $\text{CaCl}_2$  з концентраціями 0,1 М, плівки залишали в розчинах на 2 доби для остаточного гелеутворення. Співвідношення компонентів наведено в таблиці.

Найбільш вдалим для формування плівок було співвідношення Альг/Жел = 3:1 (див. рисунок), такі плівки є щільними та гнучкими при отриманні, як в розчині  $\text{ZnSO}_4$ , так і в розчині  $\text{CaCl}_2$ .

Таблиця – Співвідношення компонентів при синтезі плівок  
Альг-Жел-стрептоцид

Співвідношення Альг/Жел	Об'єм розчину		
	V (3% Жел), мл	V (3% Альг), мл	V суспензії стрептоциду, мл
1:1	10	10	10
2:1	10	20	10
3:1	10	30	10



а



б

Рисунок – Плівки складу 3 Альг/1 Жел в 0,1 М розчинах  $ZnSO_4$  (а) і  $CaCl_2$  (б)

Отримані плівки є перспективним матеріалом, для біомедичного застосування, оскільки усі складові є доступними і майже не мають протипоказань, не викликають алергічної реакції. Для підвищення її еластичності доцільно додавати гліцерин, а для коригування товщини – використовувати спрей-розпилення розчинів солей. Плівка створить надійний бар'єр, що перешкоджатиме потраплянню в середину рани бактерій, до того ж йони  $Zn^{2+}$ , що входять до її складу, матимуть додаткову антисептичну дію.

## ОЧИЩЕННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ РОЗЧИНІВ

*Кириченко О. М., зав. навч. лабораторії*

У даній роботі розглядаються шляхи застосування мембранного електролізу на гальванічній ділянці підприємства, де застосовуються розчини пасивіровки і освітлення, що містять сполуки шестивалентного хрому. У таких розчинах в результаті тривалої експлуатації  $\text{Cr}^{+6}$  з хромат ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) і дихромат ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) іонів відновлюється до  $\text{Cr}^{+3}$ , а цинкове або кадмієве покриття розчиняється. В результаті в розчинах накопичуються іони трьохвалентного хрому і металів, що робить їх непридатними для експлуатації. Використання електрохімічного модуля, що складається з електролізера, розділеного катіонообмінною мембраною на зовнішній анод і катодну камеру, з розміщеним в ній катодом, дозволяє не тільки провести процеси регенерації йонів хрому, а й позбавити технологічні розчини від йонів домішкових металів. Одночасно з процесами регенерації дихромат іонів, яке відбувається на аноді, катіони домішкових металів, через фільтрувальне полотно і катіонообмінну мембрану мігрують в катодну камеру. У катодній камері ці іони відновлюються до металів або, як показав рентгенофазового аналіз, утворюють в розчині католіту малорозчинні сполуки - карбонати, оксиди. На рисунку представлені дані щодо вилучення домішок з технологічних ванн пасивіровки та освітлення.

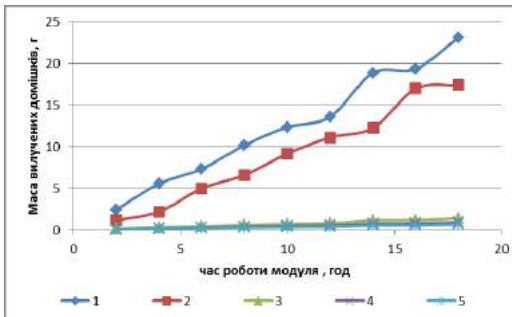


Рисунок – Вилучення домішок при роботі модуля і маси речовин, що виділяються на катоді:

1 – маса загального осаду;  
2 – маса кадмію; 3 – маса карбонату кадмію; 4 – маса магнетиту; 5 – маса оксиду кремнію

За 18 годин роботи модуля з ванни пасивіровки об'ємом 150 л було видалено більше 20 г домішок.

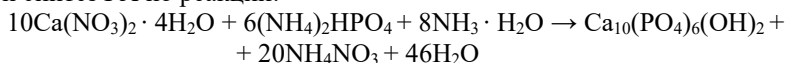
Процеси катодного відновлення, які протікають в електролізері, дозволяють ефективно очищати гальванічні ванни від домішкових металів, що позитивно впливає на якість покриттів. Можливість тривалий час експлуатувати ванни освітлення і пасивіровки, не скидати в стічні води агресивні і токсичні компоненти з цих ванн, вирішує екологічну задачу - захист навколишнього середовища. І що не менш важливо зменшується плата за стоки, їх утилізацію і нейтралізацію.

# СИНТЕЗ ГРАНУЛИРОВАННЫХ БИОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЛЬГИНАТА И ГИДРОКСИАПАТИТА С ДОБАВЛЕНИЕМ ИОНОВ СЕРЕБРА

*Чубур В. С., студент; Умник И. В., студент; Сипко И. А., студент;  
Воробьева И. Г., доцент*

Среди металлов серебро обладает наиболее сильным бактерицидным действием. Чувствительность разных патогенных и непатогенных организмов к серебру неодинакова. Патогенная микрофлора намного более чувствительна к ионам серебра, чем непатогенная. Поэтому серебро действует избирательно, в большей степени уничтожая вредные микроорганизмы [1]. Серебро обладает более мощным антимикробным эффектом, чем пенициллин, биомицин и другие антибиотики, и оказывает губительное действие на штаммы (разновидности) бактерий, устойчивые к антибиотикам. Очень важно, что при этом ионы серебра безвредны для клеток организма человека, в отличие от микроорганизмов[2]

Поэтому целесообразно вводить их в современные биоматериалы для ортопедического применения с целью уменьшения воспаления на начальной стадии имплантации. Их основой является гидроксиапатит (ГА), входящий в состав костной ткани, имеющий отличные адсорбционные свойства и хорошо сочетающийся с природными полимерами, в частности, с альгинатом (АЛЬГ). Добавление антибактериальных компонентов возможно при синтезе, благодаря свойству альгината образовывать комплексы с ионами металлов. В нашей работе были синтезированы материалы ГА-АЛЬГ-Аг. Сначала проведен синтез ГА по реакции:



Свежеприготовленный раствор ГА смешивали с 3%-ным водным раствором альгината в концентрации 10 % и полученную суспензию по каплям добавляли в 0,1 М раствор кальций нитрата, выдерживали в нем гранулы в течении 24 часов, промывали и помещали в 0,01 М раствор аргентум нитрата на сутки. Полученные материалы требуют дальнейшего исследования их структурных особенностей и биоактивности.

## Список литературы

1. Doer R. Zur Oligodinamie des Silbers / R. Doer, W. Bergner // Biochem. Zeitschr. -1922. - N131. - P. 351 - 356.
2. Иванов В.Н. Некоторые экспериментальные и клинические результаты применения катионов серебра в борьбе с лекарственно-устойчивыми микроорганизмами /В.Н. Иванов, Г.М. Ларионов, Н.И. Кулиш, М.А. Лутцева и др. // Серебро в медицине, биологии и технике. Сиб.отд. РАМН. - 1995. - №4 - С. 53 - 62.

## УТВОРЕННЯ ПЛІВОК НА ОСНОВІ АЛЬГІНАТУ НАТРІЮ, ЖЕЛАТИНУ ТА ФУРАЦИЛІНУ З ДОДАВАННЯМ ІОНІВ $\text{Ca}^{2+}$ та $\text{Zn}^{2+}$

*Руденко К. О., студент; Голубов В. І., студент;  
Кириченко О. М., зав. навч. лабораторії; Яновська Г. О., асистент*

В останні роки відбувається стрімкий розвиток біофармації, науки, що обґрунтувала вплив лікарської форми та допоміжних речовин на терапевтичний ефект лікарського засобу. Актуальним стає створення нових лікарських форм з підвищеною біодоступністю лікарських речовин, зручних для використання хворими та лікарем. Деякі з них можуть бути використані при реконструкції дефектів кісткових тканин, що утворюються в результаті патологічних змін в організмі, значних хірургічних втручань або травм.

Желатин (Жел) є денатурованою формою колагену, що входить до складу шкіри, тому його використання при утворенні плівкових матеріалів є цілком природнім. Лікарський засіб "Фурацилін", застосовують при багатьох запальних захворюваннях, дрібних ушкодженнях шкіри (подряпини, порізи) і глибоких (пролежні, виразки, гнійні рани), при інфікуванні ЛОР-органів і в офтальмології [1]. Альгінат натрію (Альг) - лінійний, аніонний полісахарид, який складається з глікозидних залишків  $\beta$ -D-мануранової і  $\alpha$ -L-гулуранової кислот і взаємодіє з двовалентними катіонами металів ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  та ін.). При розчиненні у воді утворює колоїдний розчин, але він не розчинний у спирті, органічних розчинниках, кислих середовищах із  $\text{pH} < 3$  [2]. Іони кальцію впливають на проникність клітин тканин для калію і натрію, надають стабілізуючий вплив на мембрани нервових клітин, беруть участь в процесах зсідання крові. Цинк впливає на всі процеси кровотворення, розвиток організму, ріст, розмноження, зміцнює імунну систему, так як він здатний підвищити опірність організму до різних інфекцій, важливий для обміну білків, жирів і вуглеводів.

Для проведення дослідів спочатку подрібнили і розчинили в невеликій кількості води 4 таблетки Фурациліну по 20 мг. До отриманого розчину додали 100 мл 1% желатину. Потім змішали утворений колоїдний розчин з альгінатом натрію 1 % в різних співвідношеннях (див. таблицю). Однакову кількість колоїдного розчину помістили в 2 чашки Петрі, в одну з яких додавали 0,1 М р-н  $\text{CaCl}_2$ , а в іншу - 0,1 М р-н  $\text{ZnSO}_4$ .

Таблиця – Співвідношення компонентів при синтезі плівок

	Номер зразку									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Концентрація желатину	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	3 %	3 %
Концентрація альгінату	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %



### Продовження таблиці

Співвідношення Альг/Жел	1:1	1:1	2:1	2:1	3:1	3:1	4:1	4:1	1:3	1:3
Розчин гелеутворювача	CaCl <sub>2</sub>	ZnSO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	ZnSO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	ZnSO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	ZnSO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	ZnSO <sub>4</sub>

Плівки після 60 годин були взяті для дослідження в них десорбції іонів Ca<sup>2+</sup> та Zn<sup>2+</sup>, а отримані препарати залишені для подальших досліджень у фізіологічному розчині з метою оцінки здатності вивільнення іонів в умовах організму.

На рисунку представлений загальний вигляд плівок у розчинах іонів металів Ca<sup>2+</sup> і Zn<sup>2+</sup> відповідно.

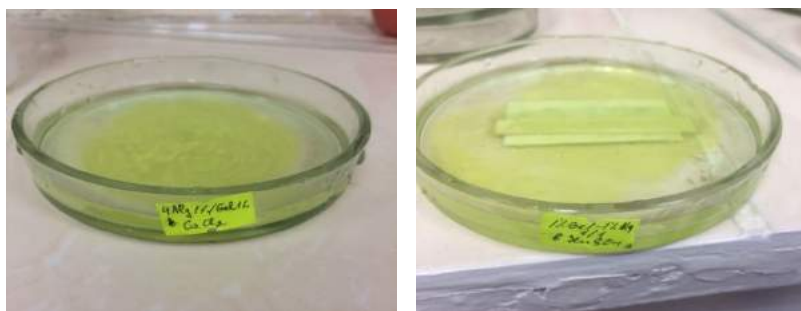


Рисунок – Плівки Альг-Жел-Фурацилін в розчинах а) CaCl<sub>2</sub> та б) ZnSO<sub>4</sub>

Найбільш вдалим поєднанням компонентів виявилися зразки: 2, 3, 5, 6, 7, 8. Найменш вдале поєднання – зразки 9 і 10, що внаслідок розбавлення розчином 3 % желатину плівку так і не сформували, а залишились у вигляді желеподібної субстанції при 18°C.

Отримані плівки складу Фурацилін-Альг-Ca(Zn) є перспективними матеріалами при запальних захворюваннях, порізах завдяки їх біосумісності (яка забезпечується використанням не шкідливих для організму матеріалів, що мають природне походження). Наявність в таких плівках Фурациліну стимулюватиме загоюванню ран.

### Список літератури

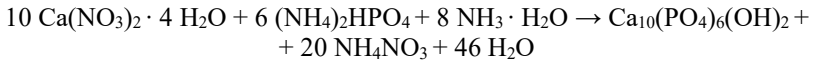
1. R.S. Vardanyan, V.J. Hruby Antimicrobial Drugs Synthesis of Essential Drugs 2006, Pages 499 – 523.
2. J. Venkatesan, I. Bhatnagar, P. Manivasagan, K.-H. Kang, Se-K Kim Alginate composites for bone tissue engineering: A review. International Journal of Biological Macromolecules Vol. 72 (2015) 269 – 281.

## СИНТЕЗ ГРАНУЛЬОВАНИХ БІОМАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ АЛЬГІНАТУ ТА ГІДРОКСИПАТИТУ З ДОДАВАННЯМ ІОНІВ МАГНІЮ

*Мосьян А. Б., студентка; Яновська Г. О., асистент*

В останні роки значна увага приділяється створенню керамічних матеріалів медичного призначення, які можуть бути використані при реконструкції дефектів кісткових тканин, що утворюються в результаті патологічних змін в організмі, значних хірургічних втручань або травм [1]. Величезна кількість матеріалів на основі гідроксиапатиту  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  (ГА) використовуються для заміщення кісткових дефектів, оскільки він є основним мінеральним компонентом кісткової тканини [2] і володіє відмінними сорбційними властивостями [3]. Магній приймає участь у кістковому обміні регулюючи ступінь засвоєння кальцію та впливаючи на формування кісткової тканини, активує роботу багатьох ферментів. До того ж він є біогенним елементом та необхідний для нормального функціонування організму. Альгінат натрію (Альг) - лінійний, аніонний полісахарид, який складається з глікозидних залишків  $\beta$ -D-мануронової і  $\alpha$ -L-гулууронової кислот і утворює оболонку мікрогранул завдяки взаємодії з двовалентними катіонами металів ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  та ін.).

В даній роботі було проведено синтез матеріалів ГА-Альг-Mg. Спочатку було синтезовано ГА, сформовані мікрогранули, які занурювали в розчин  $\text{MgSO}_4$  різних концентрацій. Синтез ГА проводили за такою реакцією:



Для отримання матеріалів ГА-Альг синтезований ГА було змішано з 3% розчином натрію альгінату у співвідношенні 1:1 для отримання композитних мікрогранул із вмістом альгінату 1,5%. Отриману суспензію капали в 0,1 М розчин  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Частину мікрогранул одразу було тричі промито дистильованою водою з наступним зануренням у 0,05 М, 0,1 М та 0,2 М розчин  $\text{MgSO}_4$  на 24 години (зразки 1a, 1b, 1c). Частину мікрогранул було залишено у 0,1 М розчині  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  на 24 години, після чого їх тричі промили дистильованою водою і занурили в розчини  $\text{MgSO}_4$  відповідних концентрацій на 24 години (зразки 2a, 2b, 2c). Фільтрати після 24 годин було взято для дослідження в них концентрації йонів  $\text{Mg}^{2+}$ , а отримані гранули висушені і залишені для подальших досліджень десорбції йонів  $\text{Mg}^{2+}$  у фізіологічному розчині з метою оцінки здатності вивільнення йонів  $\text{Mg}^{2+}$  в умовах організму. На рисунку представлений загальний вигляд мікрогранул у 0,05 М розчині  $\text{MgSO}_4$ .



Рисунок – Морфологія гранульованих біоматеріалів ГА-Альг- $Mg^{2+}$ .

Отримані мікрогранули складу ГА-Альг- $Mg$  є перспективними матеріалами для заповнення кісткових дефектів завдяки їх біосумісності (яка забезпечується використанням не шкідливих для організму матеріалів, що мають природне походження). Наявність в таких мікрогранулах ГА стимулюватиме розвиток кісткової тканини внаслідок ідентичності їх основного матеріалу - ГА. Дослідження сорбційних властивостей отриманих мікрогранул дозволить підібрати оптимальні концентрації для контрольованого вивільнення йонів  $Mg^{2+}$  в умовах організму.

#### Список літератури

1. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция. - М.: Наука, 2005. – 204 с.
2. Hench L. L., Bioceramics: from concept to clinics. / J. Am. Ceram. Soc. 74 (1991) 1487-1510.
3. В.М. Thomson, М. Asce, С.Л. Smith, R.D. Busch, M.D. Siegel, С. Baldwin, Removal of metals and radionuclides using apatite J. Environ. Eng. 129 (2003) 492 – 499.

## МЕХАНІЗМ УТВОРЕННЯ АМІЛОЇДУ БІЛКОМ S100A9

Сулкіс Д., студент, Вільнюський університет, м. Вільнюс, Литва;  
Морозова-Рош Л. А. професор, Університет Умео, м. Умео, Швеція;  
Яцішин І. О., асистент, СумДУ, м. Суми, Україна

Амілоїдоз це процес агрегації білків за допомогою утворення крос бета-листів. Ці агрегати мають структуру фібрил і є чинниками низки захворювань, включаючи хвороби Альцгеймера та Паркінсона. Механізми утворення амілоїду підрозділяють на первинні – нуклеація, та вторинні – автокатолітична нуклеація, фрагментація та дисоціація. Проінфламаторний білок S100A9 є частиною амілоїдних бляшок у тканинах мозку пацієнтів з хворобою Альцгеймер [1]. Кінетика формування амілоїду досліджувалася за допомогою флуоресценції (Thioflavin T –  $\lambda_{ex}/\lambda_{em}=450/482$  нм, 20 мМ; 42 °С, рН 7.4; S100A9 – 30-300 нМ,  $\mu=13242$  Да). На рисунку 1а наведено кінетичні залежності утворення фібрил. Залежність часу напівперетворення від концентрації є лінійною (рисунок 1б). Це вказує на те, що механізмом утворення амілоїду білком S100A9 є первинна нуклеація [2].

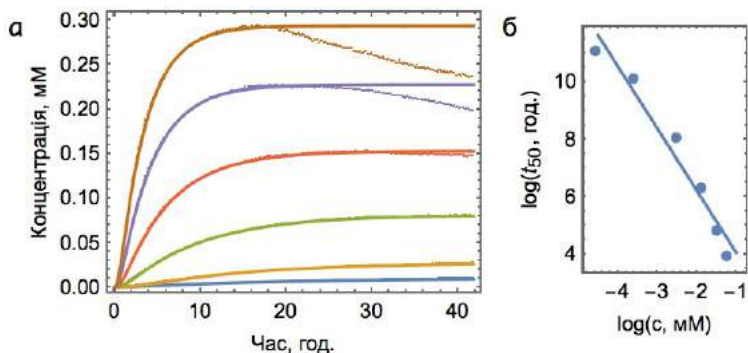


Рисунок 1 – Утворення амілоїду з білка S100A9, а – кінетичні залежності, б – залежність часу напівперетворення реакції від концентрації

### Список літератури

1. Horvath, I., et al., Pro-inflammatory S100A9 Protein as a Robust Biomarker Differentiating Early Stages of Cognitive Impairment in Alzheimer's Disease. ACS Chemical Neuroscience, 2016. 7(1): p. 34 - 39.
2. Oosawa, F. and M. Kasai, A theory of linear and helical aggregations of macromolecules. Journal of molecular biology, 1962. 4(1): p. 10 - 21.

## РОЗРАХУНОК КОНЦЕНТРАЦІЙ РОЗЧИНІВ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ

*Мосъпан А. Б., студентка; Лебедев С. Ю., доцент*

У багатьох галузях науки, промисловості, виробництві сільськогосподарської продукції і продуктів харчування, медицині використовуються розчини кислот і основ, що мають різні концентрації. Для визначення концентрації розчину традиційно застосовують ареометричний метод. Сутність цього методу полягає у визначенні густини розчину за допомогою набору ареометрів і встановленні його концентрації на підставі відповідних значень у довідкових таблицях. Значення густини розчину, отримане при вимірюванні ареометром, не завжди можна знайти у довідковій таблиці. У таких випадках значення концентрації розчину розраховують, використовуючи метод інтерполяції.

Сучасна комп'ютерна техніка дозволяє зробити процес розрахунку концентрацій розчинів більш зручним, а, головне, більш точним. У цій роботі пропонується спосіб розрахунку концентрацій розчинів кислот й основ за формулами, отриманими шляхом обробки наявних літературних даних щодо значень густини розчинів.

Методика опрацювання літературних даних полягала в наступному. Наявні у довідкових таблицях дані [1-3] (у цьому випадку 308 значень), які пов'язують густину розчину ( $\rho$ ) сульфатної кислоти та його молярну концентрацію ( $C$ ) представляли у вигляді графіку  $C=f(\rho)$ . Після цього підбирали вид лінії тренду та оцінювали її якість за допомогою коефіцієнту кореляції  $R^2$ . В ідеальному випадку цей коефіцієнт повинен дорівнювати одиниці.

Було встановлено, що кращим рівнянням, яке описує залежність молярної концентрації від густини, є поліном виду  $C = a\rho^2 + b\rho + d$ . Більша кількість членів поліному ускладнює залежність, менша – робить її менш точною.

Однак очевидним є те, що одним рівнянням неможна точно описати всю область концентрацій, тому що на окремих ділянках спостерігається відхилення від монотонності. Саме тому нами було виділено декілька ділянок, на кожній з яких залежність  $C=f(\rho)$  описується максимально точно. Графік для одного з таких діапазонів представлений на рисунку.

У таблиці наведені значення коефіцієнтів рівняння  $C = a\rho^2 + b\rho + d$  для всього діапазону концентрацій сульфатної кислоти, представлених в літературі. Видно, що для різних інтервалів коефіцієнти цього рівняння сильно відрізняються. Крім того слід зазначити, що для всіх інтервалів коефіцієнт кореляції практично дорівнює одиниці, що підтверджує правильність проведених нами розрахунків.

Таким чином, запропонований нами підхід дозволяє спростити розрахунки концентрацій розчинів за значеннями їх густин. Крім того,

розрахункову формулу можна вводити до комп'ютерних програм, у яких концентрація використовується в якості параметру.

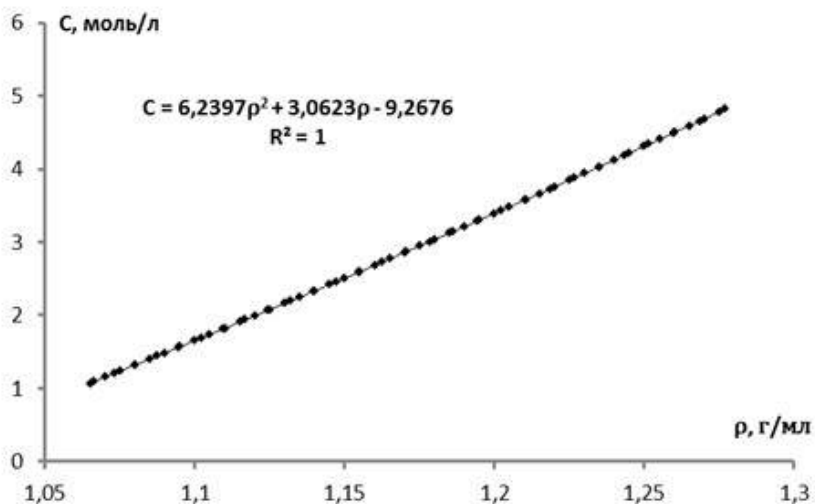


Рисунок – Залежність концентрації розчину сульфатної кислоти від густини

Таблиця – Дані для розрахунку концентрацій розчинів сульфатної кислоти

Кислота	Коефіцієнти рівняння $C = a\rho^2 + b\rho + d$ , моль/л			Інтервал використання $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$R^2$
	a	b	d		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	8,0307	-0,4755	-7,5319	1,000 – 1,060	1,0000
	6,2397	3,0623	-9,2676	1,061 – 1,279	1,0000
	2,3467	13,1400	15,788	1,280 – 1,539	1,0000
	9,4108	-9,0344	1,6271	1,540 – 1,760	1,0000
	173,2070	-587,4123	512,2513	1,761 – 1,820	0,9997
	884,9785	-3175,2629	2864,4892	1,821 – 1,829	0,9998
5926,1688	21632,7007	19759,1696	1,830 – 1,836	0,9992	

#### Список літератури

1. Лазарев А. И., Харламов И. П., Яковлев П. Я., Яковлева Е. Ф. Справочник химика-аналитика. – М.: Металлургия, 1976. – 184 с.
2. Рабинович В. А., Хавин З. Я. Краткий химический справочник. – Л: Химия, 1977. – 376 с.
3. Лидин Р. А., Андреева Л. Л., Молочко В. А. Справочник по неорганической химии. – М: Химия, 1987. – 320 с.

## МОРФОЛОГІЯ ПОВЕРХНІ ПЛІВОК $Zn_2SnO_4$ ОТРИМАНИХ ХІМІЧНИМ МЕТОДОМ СПРЕЙ-ПІРОЛІЗУ

*Салозуб А. О., студент; Опанасюк А. С., професор; Манжос О. П., доцент*

На сьогоднішній день потрібні напівпровідникові оксиди ( $Cd_2SnO_4$ ,  $Zn_2SnO_4$ ,  $In_2CdO_4$ ,  $In_2Sn_4O_{12}$ ) є перспективними з огляду широких можливостей використання у якості віконних шарів сонячних елементів. Станат цинку ( $Zn_2SnO_4$ ) зарекомендував себе як альтернатива бінарним оксидам ( $In_2O_3$ ,  $SnO_2$ ,  $ZnO$ ) через низьку вартість отримання та відносно високий показник перетворення енергії. Так для сонячних елементів на базі активних поглинаючих шарів  $CdTe/CZTSe$  ефективність перетворення енергії збільшилася з 13,5% зі струмознімальним шаром  $SnO_2$ , і до 15,8% при  $Zn_2SnO_4$ , що тільки підтверджує перспективність обраного напрямку досліджень. Однак через маловивченість  $Zn_2SnO_4$  постала проблема контролю їх властивостей, обумовлених фізико-технологічними параметрами осадження.

Хімічним методом спреї-піролізу, що передбачає конденсацію з рідкої фази, були осаджені тонкі шари  $Zn_2SnO_4$ . З'єднання станат цинку отримували при різній температурі підкладки  $T_s = (250 - 450)^\circ C$  та сталій концентрації  $Zn$  та  $Sn$ , у відношенні 1:2. Джерелом  $Sn$  та  $Zn$  виступали 0,25 М пентагідрату тетрахлориду олова і 0,5 М гексагідрату нітрату цинку та декілька крапель  $HNO_3$ , у якості розчинника виступала дистильована вода, на кожен реагент, крім азотної кислоти, її приходилося по 10 мл. Плівки були осаджені на скляні підкладки, що попередньо очищувалися етанолом та водою за допомогою ультразвукової ванни.

Дослідження морфологія поверхні проводилися з використанням мікрофотографій отриманих за допомогою скануючого електронного мікроскопу Hitachi S-4800 та атомно-силового мікроскопу NT-MDT в напівконтактному режимі вимірювання. Товщина плівок була визначена шляхом фотографування поперечного перерізу плівок.

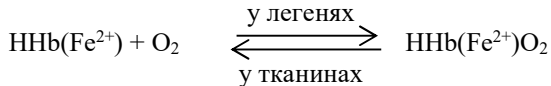
Результати досліджень показали, що ріст плівок відбувався пошарово, а розмір їх зерен визначався температурою підкладки. Отримані мікрофотографії дали змогу оцінити шорсткість поверхні тонких шарів. Така особливість відображає структурні зміни не тільки у плівці, але й на границі розділу фаз плівка-підкладка.

Таким чином, мікрорельєф отриманих плівок досить неоднорідний, що підтверджується наявністю зерен з нечіткими границями. Завдяки встановленим фізико-технологічним режимам було досліджено характер зміни морфології поверхні  $Zn_2SnO_4$  при різній температурі підкладки. А також встановлені оптимальні параметрами отримання плівок станат цинку для подальшого використання у якості віконних шарів в сонячних елементах третього покоління.

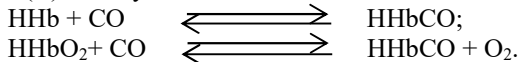
## ХІМІЯ ГЕМОГЛОБІНУ

*Кіяшко Ю. М., студент; Тверезовська А. І., студент; Лицман Ю. В., доцент*

Однією з найважливіших комплексних сполук в організмі людини є гемоглобін. Це складний білок, молекула якого складається з двох частин: білкової – глобіну та небілкової – гему. Гем – біонеорганічний комплекс Феруму (II) з поліциклічною органічною сполукою порфірином. Комплексоутворювач  $\text{Fe}^{2+}$  утворює шість зв'язків за донорно-акцепторним механізмом. Чотири зв'язки з атомами Нітрогену порфіринового ліганду, п'ятий – зв'язок з атомом Нітрогену амінокислоти гістидину у складі білка глобіну, а шостий – зв'язок з молекулою води. Молекула гемоглобіну містить чотири фрагменти  $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$ ,  $\beta 1$ ,  $\beta 2$ , кожний з яких здатен до обміну ліганду молекули води на молекулу кисню і перетворенню внаслідок перебігу даного процесу на оксигемоглобін. Вказана лігандообмінна реакція відбувається у легенях, а у тканинах відбувається зворотна реакція за такою схемою:

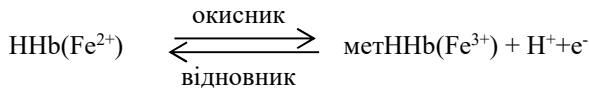


Для гемоглобіну та оксигемоглобіну також можливий перебіг лігандообмінної реакції з обміну молекули води або молекули кисню на молекулу карбон (II) оксиду:



Внаслідок перебігу цієї реакції відбувається утворення карбоксигемоглобіну, який у 210 разів міцніший за оксигемоглобін, що призводить до зменшення кисневої ємності крові та отруєння організму.

Також для гемоглобіну можливий перебіг окисно-відновних реакцій. Для таких окисників як нітрити, нітрати, нітроген (IV) оксиду, гідроген пероксиду, озону спричиняє перетворення гемоглобіну на метгемоглобін внаслідок окиснення Феруму (2+) до Феруму (3+) та відриву катіонів від ліганду – води:



Метгемоглобін не здатен переносити кисень, отже, його утворення спричиняє зменшення кисневої ємності крові.

Отже, для гемоглобіну характерними є лігандообмінні реакції, в яких не відбувається зміни ступеня окиснення Феруму; окисно-відновні реакції, в яких відбувається окиснення Феруму (2+) до Феруму (3+); кислотно-основні перетворення. Всі зазначені види перетворень гемоглобіну мають важливе біологічне значення, зокрема, перебіг лігандообмінних реакцій дозволяє гемоглобіну виконувати функцію із транспортування кисню, а кислотно-основних – брати участь у регуляції рН крові.



## ПРИЧИНЫ НЕОБЫЧНЫХ ВКУСОВЫХ ПРИСТРАСТИЙ

*Бадер Моса Мохаммад Ахмад, студент; Дыченко Т. В., ст. преподаватель*

В данной работе рассмотрены некоторые причины тяги к определенным продуктам питания.

Шоколад содержит много магния. Поэтому сильное желание шоколада может указывать на нехватку этого минерала, который влияет на работу сердца и мышц, важен для здоровья кожи и волос. В случае нехватки магния хочется также и кислых продуктов. Источником магния являются орехи, зеленые листовые овощи, коричневый рис, цельно зерновой хлеб, тыквенные семечки.

Желание сладкого свидетельствует о нехватки хрома. Низкий уровень этого элемента замедляет углеводный обмен и клетки не получают глюкозу из крови, а организм – необходимое количество энергии. Хром содержится в говядине, курятине, моркови, картофеле, брокколи, спарже, цельно зерновом хлебе, яйцах.

Если хочется мяса, это может быть признаком того, что организм нуждается в железе и цинке. Последний минерал играет важную роль для поддержания иммунной системы. Цинк содержится в креветках, чечевице, шпинате, тыквенных семечках, сыре.

Тяга к твердому сыру свидетельствует о дефиците кальция. Он не только отвечает за крепкие зубы и кости, но и принимает участие в нервных и мышечных функциях. Твердые сыры содержат много жира, поэтому можно получить кальций из маложирных молочных продуктов, лосося, сардины, брокколи и миндаля.

Желание к пище, богатой углеводами, может свидетельствовать о нехватке аминокислоты триптофан. Организм нуждается в ней для синтеза гормона серотонина, который регулирует настроение. Дефицит серотонина вызывает депрессию, тревожность, бессонницу. Углеводы не содержат триптофан, но они повышают уровень глюкозы в крови, что способствует поступлению триптофана в головной мозг. Источником триптофана является индейка, молоко, яйца, грецкие орехи, кешью, творог, бананы.

Если не хватает азота, то возникает желание в большом количестве есть хлеб. Азот содержится в продуктах с высоким содержанием белка – мясе, рыбе, орехах и бобах.

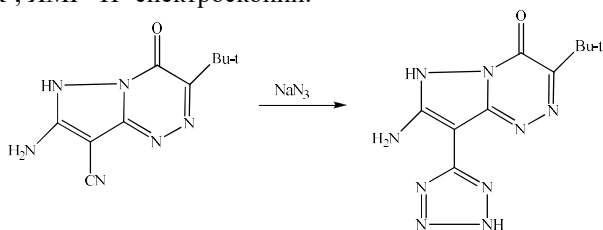
При нехватке хлоридов хочется соленых продуктов. Чтобы восполнить их недостаток можно выпить некипяченое козье молоко, съесть рыбу, приправлять салаты морской солью.

Тяга к тонизирующим напиткам свидетельствует, что не хватает серы. Именно отсутствие этого элемента в организме отвечает за желание выпить кофе или чай. Восполнить нехватку можно клюквой, хреном, брокколи, белокочанной капустой.

# СИНТЕЗ 7-АМИНО-3-*трет*-БУТИЛ-8-(2*Н*-ТЕТРАЗОЛ-5-ИЛ)ПИРАЗОЛО[5,1-*с*][1,2,4]ТРИАЗИН-4(6*Н*)-ОНА И КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Григорьева Е. В., студент; Ефремова А. Н. студент;  
Мионович Л. М., профессор, ЮЗГУ, г. Курск, Россия

7-Амино-3-*трет*-бутил-8-(2*Н*-тетразол-5-ил)пиразоло[5,1-*с*][1,2,4]триазин-4(6*Н*)-он получали взаимодействием 7-амино-3-*трет*-бутил-4-оксо-6*Н*-пиразоло[5,1-*с*][1,2,4]триазин-8-карбонитрила с азидом натрия в присутствии хлорида аммония в ДМФА. Строение соединения подтверждено данными ИК-, ЯМР <sup>1</sup>Н- спектроскопии.



Методом тонкослойной хроматографии с денситометрией изучена кинетика реакции циклоконденсации в условиях термического нагрева. На хроматографическую пластинку наносили не менее 10 точек исследуемого раствора через равные промежутки времени. Объемы проб имели одинаковые количества (микрошприц). В качестве элюента использовали метанол: хлороформ : уксусная кислота = 1 : 4 : 0,2. Для определения константы скорости строили график  $\ln W = f(\ln C)$ , представленный на рисунке.

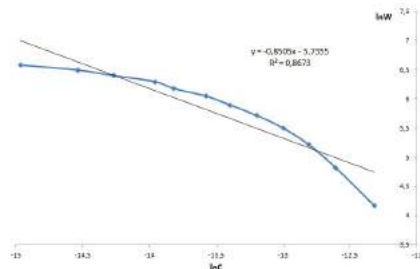


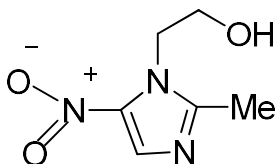
Рисунок – График зависимости  $\ln C$  от  $\ln W$  циклоконденсации 7-амино-3-*трет*-бутил-8-(2*Н*-тетразол-5-ил)пиразоло [5,1-*с*][1,2,4]триазин-4(6*Н*)-она в термических условиях

Натуральный логарифм константы скорости определяется точкой пересечения прямой с осью ординат. Константа скорости реакции составила  $k = 3,23 \cdot 10^{-3}$  моль/л·мин.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТВОРЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА МЕТРОНИДАЗОЛА

*Агафонова О. А., магистрантка; Миронович Л. М., профессор,  
ЮЗГУ, г. Курск, Россия*

Метронидазол – синтетическое производное природного вещества азомицина, продуцируемого *Streptomyces* spp, представлен химической формулой:



Является препаратом противомикробного действия и основными показателями качества является распадаемость лекарственных форм, растворение и количественное содержание активного вещества. Растворимость метронидазола определяет биодоступность препарата.

Нами изучено растворение метронидазола в растворах соляной кислоты различной концентрации при температуре  $37 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . Количественное определение проводили на спектрофотометре Evolution Array при длинах волн 317, 277 и 267 нм. Сравнивали оптическую плотность испытуемого раствора и раствора СО метронидазола относительно раствора сравнения. Спектрофотометрическим методом определили содержание метронидазола в одной таблетке, которое составило 0,256 г.

Растворение проводили в аппарате «Вращающаяся корзинка». Брали среднее арифметическое 6 определений содержания метронидазола, перешедшего в раствор HCl за 45 минут. Количество метронидазола рассчитывали по формуле

$$X = 3,6 P m_0 D_1 / 0,256 D_0,$$

где  $D_0$ ,  $D_1$  – оптическая плотность испытуемого раствора и раствора СО метронидазола;

$P$  – содержание основного вещества в СО метронидазола, %;

$m_0$  – масса навески метронидазола, г.

Установлено, что количество метронидазола, перешедшего в раствор составляет более 95% и с увеличением концентрации соляной кислоты в растворе увеличивается, при этом достигает максимума при растворении в растворе 1 М HCl.

**ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ,  
КОМП'ЮТЕРНА МЕХАНІКА**

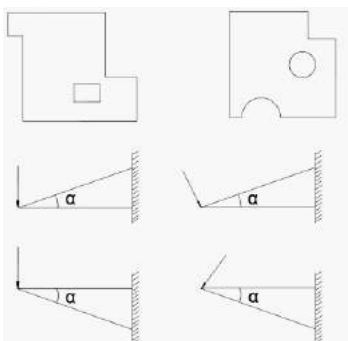
## РАЗЛИЧНЫЕ ПРИЕМЫ НАХОЖДЕНИЯ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ В СЛОЖНЫХ, ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЯХ. СОПОСТАВЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ПЛОСКОМ КРОНШТЕЙНЕ

*Моисеенко В. С., ученица; Трифонов К. Д., ученик,  
Центр детского и юношеского творчества г. Белополье;  
Смирнов В. А., директор, Центр НТТУМ, СумГУ, г. Сумы*

Центр тяжести определялся в четырех несимметричных сложных сечениях. Рассматривались различные способы: обычный - путем разбиения сложной фигуры на простые; способ «отрицательных» площадей, способ подвешивания, способ «веревочных» многоугольников. Для определения центра тяжести выбирались вспомогательные ортогональные оси  $X, Y$ , по крайним нижним и левым граням сечений. Проводилась систематизация координат простых фигур по осям.

Нахождение центра тяжести проводилось по формулам  $X_c = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i}$ ,  $Y_c = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$ . Соединяя центры тяжести простых фигур получали ядро сечения.

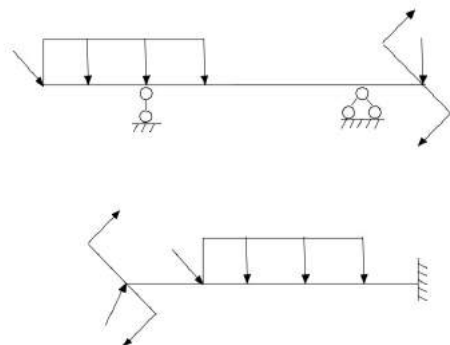
Проводился анализ приложения ВнСФ в границах ядра и за его пределами. Определялось положение главных центральных осей сложного сечения. При определении усилий в кронштейне выбирались различные схемы приложения силы  $F$  от  $10^\circ$  до  $30^\circ$  при неизменном положении тяг и фиксированном приложении силы  $F$  при изменении угла между тягами от  $10^\circ$  до  $60^\circ$ . Необходимо отметить, что кронштейн с точки зрения расчетной схемы относится к плоской системе сходящихся сил и для определения значений продольных усилий требуется составление двух независимых уравнений статики  $\sum X = 0$ ,  $\sum Y = 0$ . Подбор поперечных сечений не проводился. Полученные значения  $N$  с учетом различных видов деформаций изображались в графическом режиме в ортогональных проекциях. Рассматривалась возможность применения гибких и жестких связей. Выбирались оптимальные: приложение силы ( $F$ ) и угла между тягами для уменьшения значений ВСФ ( $N$ ).



## ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ПРОЧНОСТИ И ТИПОВ ЗАДАЧ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА И ОСЕВОГО СЖАТИЯ, РАСТЯЖЕНИЯ

*Тарасенко Д., ученица, школа № 5,  
Центр внешкольного образования, г. Лебедин;  
Смирнов В. А., директор, Центр НТТУМ, СумГУ, г. Сумы*

Для статически определимых, консольных и однопролетных балок вначале определялись опорные реакции, выполнялась проверка. Затем, используя способ «характерных» точек строились эпюры: поперечных сил, продольных усилий и изгибающих моментов. Применялась зависимость между распределенной нагрузкой (внешний силовой фактор) и поперечной силой, изгибающим моментом. Сопоставлялись «скачки» эпюр  $Q$  и  $M$  с величинами  $F$  и  $m$ , действующими на балки. Изучались условия прочности: для деформации поперечного изгиба по нормальным и касательным напряжениям.  $\frac{M_{max}}{W} \leq [\sigma]$ ,  $\frac{Q_{max} \cdot S}{I \cdot b} \leq [\tau]$ ; для деформации осевого растяжения, сжатия  $\frac{N}{A} \leq [\sigma]$ ; деформации кручения  $\frac{M_{кр}}{W_p} \leq [\tau]$ . Рассматривались типы задач. Подбиралось поперечное сечение балок в виде квадрата, прямоугольника, круга, кольца. Для каждого сечения строились эпюры нормальных и касательных напряжений по формулам  $\sigma = \frac{M_{max}}{W}$ ,  $\tau = \frac{Q_{max} \cdot S}{I \cdot b}$ . Для определения площади поперечного сечения элементов выполнялось решение проектной задачи. Анализировались значения эпюр нормальных и касательных напряжений по крайним граням сечения, а также в центре тяжести его. Для более объективного изучения напряженного состояния балок, рассматривалась конструктивная схема с неблагоприятным выбором сочетания значений внутренних силовых факторов:  $Q$ ,  $M$ ,  $N$ . Вычерчивался лист ватмана формата А-I.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В ЖЕСТКОМ ЗАКРЕПЛЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЛОМАНОГО БРУСА

*Яковчук В. В., ученица,*

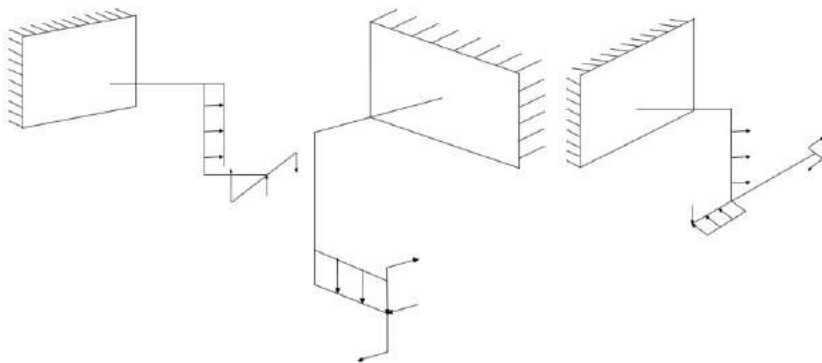
*Центр детского и юношеского творчества г. Белополье;*

*Безкровная А., ученица, школа № 5,*

*Центр внешкольного образования, г. Лебедин;*

*Смирнов В. А., директор, Центр НТТУМ, СумГУ, г. Сумы*

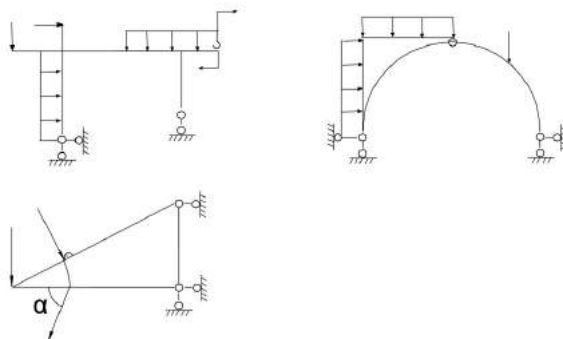
С целью большей наглядности при определении величин внутренних силовых факторов изготовлено несколько моделей пространственного ломаного бруса, на наружных гранях которого нанесены продольные и поперечные полосы перпендикулярные друг другу. При приложении внешних сил на модели можно увидеть подтвержденные гипотезы Бернулли и принципа Сен-Венсана. В каждом узле бруса проводились ортогональные оси  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . Используя принцип независимости действия сил составлялись шесть независимых уравнений статики:  $\Sigma X = 0$ ,  $\Sigma Y = 0$ ,  $\Sigma Z = 0$ ,  $\Sigma M_x = 0$ ,  $\Sigma M_y = 0$ ,  $\Sigma M_z = 0$ , из которых определялись значения проекций главного вектора и главного вектора момента, действующих в жестком защемлении пространственного ломаного бруса. Выполнялась пространственная конструктивная схема. Проводился анализ видов деформации в стойке и ригеле под действием внешних силовых факторов  $F$ ,  $t$ ,  $q$  с одновременным указанием внутренних силовых  $Q$ ,  $M$ ,  $N$ ,  $M_{кр}$ . Показан предполагаемый характер деформаций. Изучалось различное действие  $F$ ,  $t$ ,  $q$  на вид и характер деформации отдельных частей ломаного бруса. Сопоставлялись условия равновесия пространственной и плоской систем произвольно расположенных сил.



## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В ПЛОСКИХ СИСТЕМАХ ПРОИЗВОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ И СХОДЯЩИХСЯ СИЛ

*Пономаренко А. Д., ученик; Усик А. М., ученик,  
Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье;  
Смирнов В. А., директор, Центр НТТУМ, СумГУ, г. Сумы*

Рассмотрены различные расчетные схемы систем сходящихся сил и произвольно расположенных сил. К ним отнесли: рамы, арки и фермы. Все конструкции статически определимы, с учетом формулы  $L=C_{on}-3$ . В трехшарнирной арке наличие шарнира в коньке позволяло составить дополнительное независимое уравнение статики относительно левой или правой части арки. Конструкции нагружены внешними силовыми факторами:  $F$ ,  $m$ ,  $q$ . При определении опорных реакций использовался принцип независимости сил и принцип освобождаемости от связей. Проверка выполнялась различными способами:  $\sum Y = 0$  и  $\sum M_c = 0$ , где точка  $C$  выбиралась на «теле» рамы или арки. Меняя расположение внешних сил получали значение величин опорных реакций, отличные от заданного нагружения. Проводился анализ их величин:  $V_A, V_B, H_A, H_B$ . Намечался предварительный характер деформации элементов рамы и арки. При расчете фермы вначале намечался порядок вырезания узлов с учетом системы сходящихся сил и составлением двух независимых уравнений статики  $\sum X = 0, \sum Y = 0$ . Проведение ортогональных осей выбиралось с учетом рационального решения уравнений. Определение опорных реакций в ферме выполнялось как в системе произвольно расположенных сил. Исследовались преимущества и недостатки метода вырезания узлов. Усилия в элементах фермы определялись способом «моментной» точки, которые совпали с усилиями найденными «вырезанием» узлов с небольшими погрешностями. Изучалось определение усилий графическим способом: построением «силовых» многоугольников. Отмечалось, что аналитические условия равновесия для плоской системы сходящихся сил – два, а графических – одно – замкнутость силового многоугольника.





## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРІЩИН НА МІЦНІСТЬ КОРПУСУ ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА

*Тимченко Д. В., студентка; Гудков С. М., доцент*

Головним елементом будь якого відцентрового компресора є його корпус. Корпус компресора ізолює робоче середовище, піддаючись його хімічному впливу, сприймає механічне та теплове навантаження. Тому надійність роботи відцентрового компресора залежить від надійності його корпусу. Головною характеристикою надійності корпусу відцентрового компресора є його міцність. Втрата міцності відцентрового компресора призводить до його руйнування, наслідком чого можуть бути великі економічні втрати, забруднення навколишнього середовища, а також нанесення шкоди життю людини.

Розрахунок на міцність корпусу відцентрового компресора необхідно проводити для всіх станів, що виникають під час експлуатації, враховуючи всі зовнішні фактори та навантаження. Втрата міцності найчастіше пов'язана з руйнуванням елементів конструкцій або їх деформацією, першопричиною яких є виникнення і розвиток в тілі конструкцій тріщин і повзучості матеріалу. Причиною виникнення тріщин є втома металу, яка визначається багатьма чинниками.

За допомогою програмного комплексу ANSYS Student була проведена оцінка міцності корпусу відцентрового компресора з та без поверхневих тріщин. Для цього було проведено аналіз можливостей та особливостей використання програмного комплексу ANSYS Student для розрахунку міцності з урахуванням поверхневих тріщин.

В результаті розрахунку виконано порівняльний аналіз отриманих результатів напружено-деформованого стану корпусу відцентрового компресора з тріщиною та без. Були отриманні розподіли еквівалентних напружень, коефіцієнти інтенсивності напружень у вершинах тріщини, переміщення, а також коефіцієнти міцності. Побудовані залежності коефіцієнтів інтенсивності напружень по фронту тріщини, які дають можливість оцінити міцність корпусу з поверхневою тріщиною.

При статичних навантаженнях критичне значення коефіцієнтів інтенсивності напружень тріщин які були розраховані не впливають на міцність корпусу відцентрового компресора. Тому для більш ретельного аналізу впливу поверхневих тріщин на міцність корпусу відцентрового компресора був виконаний втомний аналіз.

За допомогою визначених коефіцієнтів інтенсивності напружень визначена швидкість розвитку втомної тріщини та кількість циклів навантаження до руйнування при тиску гідровипробувань.

# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ЧИСЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ДИНАМІКИ РОТОРА ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА

*Вербовий А. Є., студент; Павленко І. В., доцент*

Сучасні методи дослідження динаміки роторних систем, засновані на використанні комп'ютерних програм, що реалізують метод скінченних елементів, як правило, використовують тривимірні моделі або балкові скінченні елементи з урахуванням припущення про недеформованість плоских поперечних перерізів. Застосування тривимірних моделей, зокрема, у програмному комплексі ANSYS вимагають суттєво більшого машинного часу на реалізацію. Застосування ж балкових моделей є порівняно нетрудомістким щодо введення вихідних даних, а також не вимагають значного машинного часу.

Метою роботи є підтвердження достовірності математичної моделі вільних коливань роторних систем, що реалізується за допомогою комп'ютерної програми "Critical frequencies of the rotor" [1], шляхом порівняння результатів розрахунку із даними числового моделювання в ANSYS. Для досягнення поставленої мети вирішені наступні завдання:

- розроблена математична модель розрахунку динаміки ротора, заснована на розгляді балкових скінченних елементів;
- забезпечена можливість урахування залежності коефіцієнта жорсткості опор і ущільнень від частоти обертання ротора, а також гіроскопічних моментів насадних деталей;
- проведена верифікація запропонованої моделі на прикладі ротора багатоступінчастого відцентрового компресора 225ГЦ2-135/12-50М1245.

У результаті числового розрахунку визначені власні та критичні частоти ротора, побудовані відповідні форми коливань. Достовірність запропонованої математичної моделі підтверджена теоремою про взаємне розташування спектрів вільних і критичних частот, а також шляхом порівняння результатів динамічного розрахунку у програмі "Critical frequencies of the rotor" з результатами числового моделювання в ANSYS із застосуванням тривимірної скінченноелементної моделі.

Встановлено, що програма "Critical frequencies of the rotor" має перевагу порівняно із процедурою побудови діаграми Кемпбела в ANSYS, оскільки дозволяє автоматично розраховувати критичні частоти з урахуванням наперед заданої залежності жорсткості підшипникових опор від частоти обертання ротора.

## Список літератури

1. Комп'ютерна програма "Critical frequencies of the rotor" : авторське свідоцтво № 59855, Україна / І. В. Павленко, В. І. Симоновський. – Дата реєстрації 27.05.2015 р.

## УРАХУВАННЯ ТЕРТЯ НА КРИВОЛІНІЙНИХ ДІЛЯНКАХ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

*Голохвост О. О., студент, МК СумДУ; Павленко І. В., доцент, СумДУ*

Під час аналітичного розв'язання задачі про рух матеріальних об'єктів на криволінійних ділянках, як правило, необґрунтовано нехтують силами тертя з огляду на складність інтегрування основного рівняння динаміки. Це призводить до суттєвого завищення швидкості  $v$ .

Вищезазначеної проблеми можна уникнути, застосовуючи теорему про зміну кінетичної енергії в інтегральній формі. При цьому основною задачею є встановлення аналітичного виразу для роботи сили тертя  $A (F_T)$ . Зокрема, для нульових початкових умов [1]

$$A (F_T) = -3fmgR [\exp(-2f\varphi) + 2f \sin\varphi - \cos\varphi] / (1+4f^2), \quad (1)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя,  $\varphi$  – кут,  $g$  – прискорення вільного падіння,  $R$  – радіус кривизни траєкторії.

Можна показати, що рух матеріальної точки по круговій ділянці описується нелінійним рівнянням

$$v \cdot dv/d\varphi + f v^2 = gR (\cos\varphi - f \sin\varphi). \quad (2)$$

Також встановлено аналітичний вираз для роботи сили тертя на скінченній ділянці кола з довільними початковими умовами [1–2].

У результаті розв'язання трансцендентного рівняння

$$\cos\alpha - 2f \sin\alpha = \exp(-2f\alpha) \quad (3)$$

знайдено залежність кута зупинки  $\alpha$  від коефіцієнта тертя  $f$ .

### Список літератури

1. Павленко І. В. Визначення роботи сили тертя під час руху матеріальної точки по дузі кола // Вісник Сумського державного університету : науковий журнал. – Серія «Технічні науки». – Суми : СумДУ, 2010. – № 2. – С. 119–124.

2. Голохвост О. О. Дослідження руху матеріальної точки на криволінійних ділянках з урахуванням тертя / О. О. Голохвост; наук. керівник І. В. Павленко // Матеріали VIII студентської конференції «Перший крок у науку» (Суми, 11 грудня 2016 р.). – Суми : СумДУ, 2016. – Секція «Технічна фізика. Оптика. Електроніка». – С. 247.

## МЕТОД ПОСЛІДОВНИХ НАБЛИЖЕНЬ В ЗАДАЧАХ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ

*Капанайко В. С., студент; Павленко І. В., доцент*

Одними із найскладніших задач нарисної геометрії є задачі про знаходження точок перетину просторових кривих із поверхнями. Для їх розв'язання, як правило, застосовують комбінацію способів введення допоміжних січних циліндричних поверхонь і перетворення комплексного креслення, зокрема заміни площин проєкцій. Для усунення недоліків такого підходу, пов'язаних зі складністю і відсутністю універсальної процедури, запропоновано метод послідовних наближень [1–2], схему і алгоритм реалізації якого на прикладі довільної поверхні обертання наведено на рисунку.

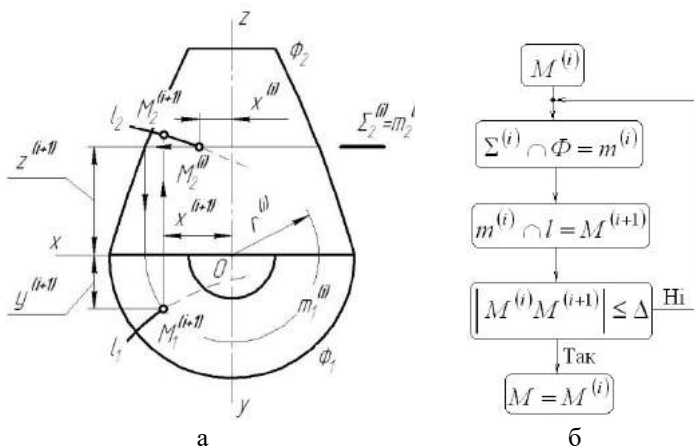


Рисунок – Схема (а) і алгоритм (б) реалізації  
методу послідовних наближень

Перевагами методу є простота реалізації алгоритму, відносно швидка збіжність, можливість контролю точності після кожної ітерації.

### Список літератури

1. Павленко І. В. Нарисна геометрія : підручник / І. В. Павленко, В. В. Павленко. – Суми : СумДУ, 2015. – 239 с.
2. Павленко І. В. Застосування методу послідовних наближень для визначення точок перетину просторової лінії з поверхнею тіла обертання / І.В. Павленко // Вісник СНАУ: науковий журнал. – Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». – Суми : СНАУ, 2011. – № 1 (23). – С. 85–89.

## ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ – ЗАГОТОВКА»

*Курилов Б. М., студент; Павленко І. В., доцент;  
Іванов В. О., доцент*

Верстатні пристрої (ВП) призначені для точного базування та надійного закріплення заготовок при механічній обробці на металорізальних верстатах та є невід'ємною частиною замкненої технологічної системи «верстат – ВП – різальний інструмент – заготовка». При цьому більшість існуючих методик розрахунку не враховують динамічний характер процесу різання і взаємодії заготовки з елементами ВП. Таким чином, проблема динамічного розрахунку ВП є актуальною та пов'язаною з важливими міждисциплінарним науково-практичним завданням забезпечення стійкого положення заготовки у процесі виготовлення деталей.

Метою роботи є підвищення ефективності застосування ВП з урахуванням динамічних складових сил різання. У процесі досягнення поставленої мети були вирішені такі задачі: встановлені умови забезпечення стійкого рівноважного положення заготовки у ВП під дією просторової системи сил різання та закріплення; створена математична модель динаміки механічної системи «ВП – заготовка»; досліджені власні і вимушені коливання та перевірена динамічна стійкість системи «ВП – заготовка»; розроблені рекомендації щодо урахування жорсткостей різального інструменту та затискного пристрою.

У результаті виконання роботи розроблено методику стапичного та динамічного розрахунку для дослідження механічної системи «ВП – заготовка» із застосуванням системи розрахункової алгебри MathCAD.

### Список літератури

1. Ivanov V. Numerical simulation of the system “fixture – workpiece” for lever machining / V. Ivanov, D. Mital et al. / The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2016. – DOI: 10.1007/s00170-016-9701-2.
2. Павленко І. В. Забезпечення умов стійкості заготовки у верстатному пристрої зі схемою базування за трьома площинами / І. В. Павленко, В. О. Іванов // Вісник СНАУ : науковий журнал. – Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». – 2015. – № 11 (27). – С. 23–26.
3. Павленко И. В. Математическая модель динамики системы «станочное приспособление – заготовка» на примере схемы базирования по трём плоскостям / И. В. Павленко, В. А. Иванов, Б. Н. Курилов, С. О. Чигрин // Безопасность и проектирование конструкций в машиностроении. – Курск : ЮЗГУ, 2015. – С. 119–122.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГИНУ БАЛКИ ШЛЯХОМ РОЗВ'ЯЗАННЯ НЕЛІНІЙНОГО РІВНЯННЯ ПРУЖНОЇ ОСІ

Олійник Я. О, студент, МК СумДУ;  
Павленко І. В., доцент, СумДУ

Процес проектування машинобудівних конструкцій нерозривно пов'язаний із дослідженням їх напружено-деформованого стану. Ураховуючи, що переважна кількість конструкцій складається з елементів, що працюють на згинання, то задача їх розрахунку є актуальною. Диференціальне рівняння пружної осі має вигляд

$$EI [1 + (dy/dx)^2]^{-3/2} \cdot d^2y/dx^2 = M(x), \quad (1)$$

де  $x$  – осьова координата,  $y(x)$  – функція прогину,  $EI$  – згинальна жорсткість,  $M(x)$  – згинальний момент.

Як правило, рівняння (1) лінеаризується для малих значень девіацій  $dy/dx \ll 1$ . У даній роботі показано, що для деяких способів закріплення такий підхід призводить до якісно відмінної форми прогину [1] (рисунок).

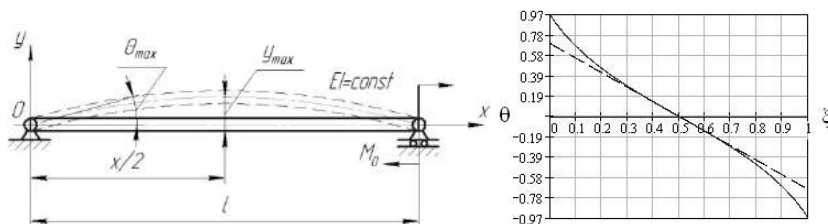


Рисунок – Результати розрахунку

У роботі також запропоновані наближені розв'язки нелінійного рівняння (1) для різних розрахункових схем. Крім того, отримано таблицю коефіцієнтів уточнення та межі їх застосування [2].

## Список літератури

1. Павленко І. В. Несколько приближенных решений уточненного дифференциального уравнения упругой линии / И. В. Павленко, Д. А. Жигилий, П. Ю. Ткач // Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій : тези доповідей. – Ч. 2. – Суми : СумДУ, 2010. – С. 138–139.

2. Павленко І. В. Розв'язання нелінійного рівняння пружної осі балки / І. В. Павленко // Вісник Сумського державного університету : науковий журнал. – Серія «Технічні науки». – Суми : СумДУ, 2010. – С. 100–118.

## ВИВЧЕННЯ ЗАКОНІВ МЕХАНІКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВІРТУАЛЬНОГО ІГРОВОГО СЕРЕДОВИЩА

*Радько А. Д., студент, МК СумДУ;  
Павленко І. В., доцент, СумДУ*

Переважна більшість сучасних комп'ютерних ігрових середовищ застосовують потужні комп'ютерні засоби, засновані на застосуванні тривимірного моделювання, а також технологій віртуальної та доповненої реальності. Це дозволяє із певною мірою наближення здійснювати моделювання фізичних процесів реального світу.

Для моделювання застосовуються, як правило, не самостійні програми, а підпрограми, спрямовані на відтворення фізичних законів у віртуальному середовищі [1]. Зокрема, ігрові фізичні двигики (Physical Engines) мають суттєву перевагу порівняно з іншими, оскільки відтворюють процеси у реальному часі. При цьому основним недоліком є неможливість високої точності обчислень, що негативно впливає на реалістичність фізичних процесів.

У роботі із застосуванням віртуального ігрового середовища "World of Tanks" на прикладі вивчення механіки польоту снарядів та їх взаємодії з іншими об'єктами досліджуються закони класичної механіки, зокрема, загальні теореми про зміну кількості руху, кінетичного моменту і кінетичної енергії.

У наведений спосіб визначаються кінематичні характеристики снаряда з урахуванням сил тяжіння, опору повітря та деривації. Крім того, на підставі законів класичної механіки та опору матеріалів досліджується взаємодія снаряда з іншими об'єктами.

Необхідно зазначити, що оскільки вищезазначений фізичний двигик має обмежений функціонал, то розробниками запропоновані заходи щодо його удосконалення.

### Список літератури

1. Радько А. Д. Застосування законів механіки у віртуальному ігровому середовищі / А. Д. Радько; наук. керівник І. В. Павленко // Матеріали VIII студентської конференції «Перший крок у науку» (Суми, 11 грудня 2016 р.). – Суми : СумДУ, 2016. – Секція «Математичні науки. Комп'ютерні та інформаційні технології». – С. 82.

## ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ОПОРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

*Чигрин С. О., студент; Кравченко Е. Ю., студент;  
Павленко І. В., доцент; Іванов В. О., доцент*

Підвищення конкурентоспроможності вітчизняного машинобудування нерозривно пов'язане із забезпеченням високоефективних технологічних процесів. При цьому існуючі конструкції опорних елементів верстатних пристроїв не здатні повністю забезпечити належне використання металорізальних верстатів у багатономенклатурному виробництві.

У роботі розглянуто типові конструкції опорних елементів верстатних пристроїв (рисунок), розроблено їх конструкторсько-технологічну класифікацію і виявлено раціональну сферу застосування на прикладі колон, плит, кутників і кубів.

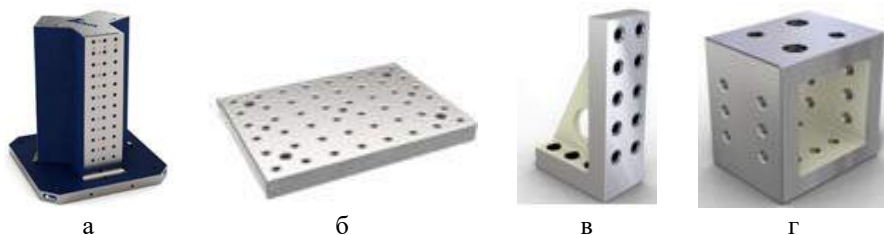


Рисунок – Типові конструкції опорних елементів:  
а – колона; б – плита; в – кутник; г – куб

Конструкції вищезазначених опорних елементів є необґрунтовано матеріалоемними із значно завищеними показниками запасу міцності. У зв'язку із цим метою даної роботи є оптимізація конструкцій опорних елементів з огляду на існуючі схеми їх силового навантаження. Для досягнення поставленої мети сформульовані такі задачі досліджень:

- створення параметричних тривимірних скінченноелементних моделей типових опорних елементів;
- чисельне моделювання напружено-деформованого стану конструкцій опорних елементів із застосуванням сучасних інструментів інженерного аналізу;
- реалізація процедури параметричної та топологічної оптимізації типових конструкцій опорних елементів.



## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА НА МАГНИТНОМ ПОДВЕСЕ

*Тартагашев М. Д., студент; Симоновский В. И., профессор*

Необходимым условием виброндёжности турбокомпрессоров является обеспечение устойчивости ротора в области рабочих частот вращения. Эта проблема особенно актуальна для компрессоров на магнитном подвесе, где рабочие частоты лежат выше второй, а то и третьей критической частоты. При этом причиной потери устойчивости могут быть не только циркуляционные составляющие реакций подшипников скольжения, но и процессы взаимодействия ротора с рабочей средой в области рабочих колёс.

Для анализа устойчивости ротора турбокомпрессора на магнитном подвесе мощностью 16,85 МВт была разработана дискретная трехмассовая неконсервативная модель, представляющая собой систему дифференциальных уравнений 12-го порядка. Сосредоточенные массы модели оценивались с помощью метода идентификации на основе данных расчёта собственных частот и форм балочной конечно-элементной модели ротора.

В результате исследования устойчивости этой модели были получены зависимости граничной по устойчивости частоты вращения от ряда параметров подшипников и уплотнений, выявлены закономерности влияния этих параметров и получены количественные представления о запасах по устойчивости вращения рассмотренного ротора.

### Список литературы

1. Исследование устойчивости ротора на сегментных подшипниках / Л. Ю. Равлюк, В. И. Симоновский, Д. В. Лейких // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2011. – № 4. – С. 83–87.
2. Разработка нелинейной математической модели ротора турбокомпрессора, вращающегося в сегментных подшипниках / В. И. Симоновский, Л. Н. Равлюк // Вісник СумДУ. Серія Технічні науки.– 2012.– №2.– С.84-89.
3. Симоновский В.И., Василевский В.О. Особенности колебаний роторов турбокомпрессоров в неустойчивой области частот вращения. Журнал инженерных наук. Том.1, №2 (2014). С. 1–7.

## АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

*Санин А. И., студент; Симоновский В. И., профессор*

При расчётах динамики роторов центробежных машин иногда не достаточно получить собственные частоты и формы на основе использования линейных конечно-элементных моделей. Такие задачи, как изучение несинхронных составляющих колебаний, в особенности при потере устойчивости вращения, предполагают рассмотрение нелинейных моделей.

В работе была получена дискретная нелинейная модель ротора, основанная на идентификации масс модели по данным расчёта собственных частот и форм КЕ-модели. В модели учитывались неконсервативные силы и нелинейности квазиупругих составляющих как в уплотнениях проточной части, так и в подшипниках скольжения.

На примере ротора насоса ПЭ-600-300 были выявлены закономерности совместного влияния подшипников и уплотнений на устойчивость и особенности нелинейных колебаний ротора при переходе в неустойчивую зону частот вращения. В частности, изучено влияние на устойчивость анизотропности квазиупругих составляющих реакций подшипников, которая естественно возникает в горизонтальных роторах.

### Список литературы

1. В. И. Симоновский. Уточнения математических моделей коливальных систем за экспериментальными данными. – Суми, вид-во СумДУ, 2010. – 91 с.
2. Математическая модель ротора турбокомпрессора для исследования несинхронных составляющих вибраций / В. Г. Гадяка, Д. В. Лейких, В. И. Симоновский // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2010. – № 2 (20). – С. 48–50.
3. Явление потери устойчивости вращения ротора на сегментных подшипниках / В. Г. Гадяка, Д. В. Лейких, В. И. Симоновский // Вибронадежность и герметичность центробежных машин : монография / под ред.: В. А. Марцинковского, А. В. Загоруйко. – Сумы : Сумский государственный университет, 2011. – С. 283–293.
4. Симоновский В.И. Оценивание коэффициентов математических моделей колебательных систем. Учебное пособие.- Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbruecken, 2015. – 100 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИНАМИКИ РОТОРА ТУРБОКОМПРЕССОРА ГПА

*Грицун Д. В., студент; Симоновский В. И., профессор*

В работе исследованы особенности динамики ротора ГПА, связанные с неконсервативными составляющими реакций сегментных подшипников, а также нелинейностями квазиупругих сил. Расчёты проведены на основе нелинейной дискретной модели, эквивалентные массы которой рассчитывались методом идентификации по данным расчёта свободных колебаний КЕ-модели ротора. Изначально рассматривалась дискретная трехмассовая модель, которая затем в силу приближительной симметрии двух опорного ротора была заменена двух массовой. Далее были добавлены слагаемые, учитывающие сопротивление и циркуляционные составляющие реакций в подшипниках, а также нелинейности квазиупругих сил.

В результате численного интегрирования системы уравнений модели (которая имеет 8-й порядок) выявлены закономерности колебаний ротора в устойчивой и неустойчивой областях частот вращения. Сделана оценка влияния на устойчивость коэффициентов циркуляционных сил и сопротивления подшипников. На рисунках 1 и 2 в качестве примера приведены соответственно колебания ротора в вертикальной плоскости и орбита при частоте вращения, несколько превосходящей граничную по устойчивости. При этом появляется субгармоническая автоколебательная составляющая.

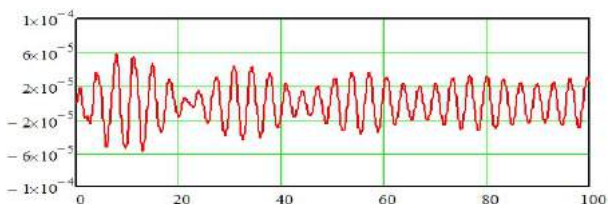


Рисунок 1 – Колебания ротора на границе устойчивости

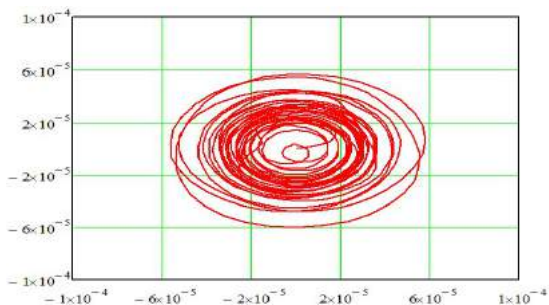


Рисунок 2 – Орбита центра ротора

## ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ГАЗОДИНАМІЧНИХ СЕПАРАЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ГАЗОРІДИННИМ ПОТОКОМ

*Дем'яненко М. М., студентка; Старинський О. Є., студент;  
Павленко І. В., доцент; Ляпоценко О. О., доцент*

Природний газ в пластових умовах у своєму складі містить велику кількість домішок, зокрема важкі вуглеводневі фракції конденсату та пластову воду. Тому для подальшого транспортування по магістральним газопроводам його піддають обробці до належної якості на установках комплексної підготовки газу, невід'ємними елементами технологічних ліній яких є сепараційне обладнання. Високі експлуатаційні характеристики цього обладнання досягаються лише при дотриманні розрахункових значень режимних параметрів.

У роботі розглядаються способи вловлювання високодисперсної краплинної рідини з газорідного потоку [1, 2] з метою розширення діапазону роботи сепараційне обладнання. Враховуючи те, що під впливом розподілу тиску газорідного потоку на гнучкі стінки криволінійних каналів змінюється форма останніх і площа прохідного перетину каналу, яка в свою чергу впливає на гідродинамічні параметри потоку, дослідження процесу такої взаємодії є актуальною науково-прикладною задачею, яка може бути розв'язана із використанням методів обчислювальної гідродинаміки з застосуванням програмного комплексу ANSYS. Моделювання здійснюється у модулях Fluent Flow і Transient Structural, зв'язок яких реалізований із використанням міждисциплінарного модуля System Coupling. На рис. 1 показана розрахункова модель та поверхні для завдання граничних умов.

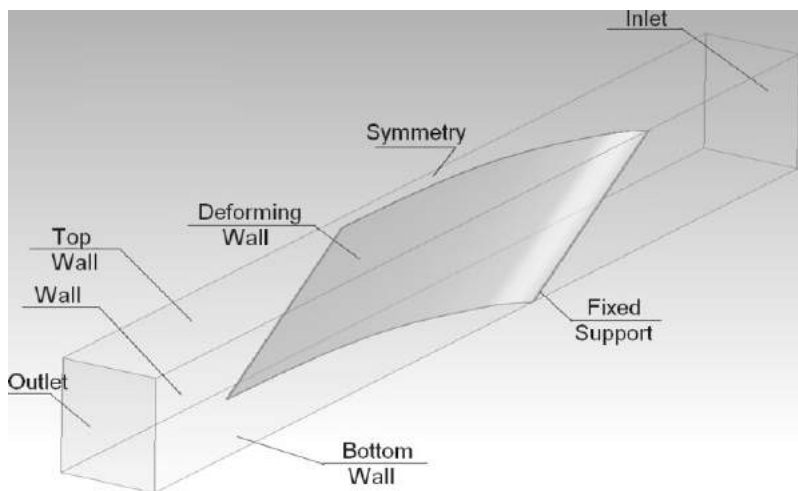


Рисунок 1 – Розрахункова модель із граничними умовами

Характер задачі та обраний підхід до її розв'язання має деякі особливості та обмеження у використанні кожного модуля. Зокрема, для врахування руху деформівного твердого тіла у потоці рідини застосовується динамічна сітка, що перебудовується методами Smoothing (Diffusion) і Remeshing (Local Cell).

Для запобігання появи елементів з «від'ємним» об'ємом задавався контакт без тертя з його активацією за 0,5 мм. Розрахунки здійснювались для таких параметрів газорідного потоку:

- швидкість на вході до газосепараційного пристрою 2–6 м/с;
- об'ємна доля рідини до 200 г/м<sup>3</sup>;
- розмір краплин 1–100 мкм.

На рис. 2 наведено залежність переміщень деформівного елемента від часу для критичного режиму, що спостерігається при критичному значенні осередненої швидкості газокраплинного потоку 6 м/с і відповідає появі автоколивань газодинамічних сепараційних елементів, що самовільно збуджуються та не затухають [3].

Наступні дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу автоколивань пластин на процес розділення компонентів газорідної суміші з подальшою ідентифікацією параметрів математичної моделі, що описує взаємодію газорідного потоку з деформівними елементами.

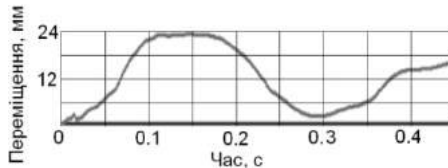


Рисунок 2 – Переміщення деформівного елемента (швидкість потоку 6 м/с)

#### Список літератури

1. Спосіб вловлювання високодисперсної краплинної рідини з газорідного потоку : патент України на корисну модель / О. О. Ляпощенко, І. В. Павленко, О. В. Настенко та ін. – Україна. – № 102445, МПК В01D 45/04 (2006.01), заявл. 25.05.15, опубл. 26.10.15, бюл. № 20. – 4 с.
2. Спосіб вловлювання високодисперсної краплинної рідини з газорідного потоку : патент України на корисну модель / О. О. Ляпощенко, О. В. Настенко, І. В. Павленко та ін. – Україна. – № 111039, МПК В01D 45/00 (2006.01), заявл. 06.05.16, опубл. 25.10.16, бюл. № 20. – 3 с.
3. Дем'яненко М. М. Розв'язання задачі гідроаеропружності для процесу взаємодії газодисперсного потоку з динамічними відбійними елементами / М. М. Дем'яненко, І. В. Павленко, О. О. Ляпощенко // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції (Суми, 14–17 квітня 2015 р.) : у 2-х ч. – Суми : СумДУ, 2015. – Ч. 1. – С. 127–128.

## КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ СТАТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАБІРИНТНИХ ТА ЛУНКОВИХ УЩІЛЬНЕНЬ РОТОРІВ КОМПРЕСОРИВ

*Масалітін І. О. студент; Загорулько А. В., доцент*

У сучасному машинобудуванні підвищення ККД турбонасосного або компресорного агрегату на  $2 \div 4\%$  можна досягти за рахунок більш ефективної роботи шпаринних ущільнень.

Принцип роботи ущільнення заснований на багаторазовому перетворенні потенційної енергії тиску в кінетичну енергію газового потоку з подальшим розсіюванням кінетичної енергії в кільцевих камерах лабіринту.

Для їх розрахунку широко використовується спрощені формули, в які вводяться експериментальні коефіцієнти, що враховують тип ущільнення, розміри камер, форму гребінців. Ці дані отримані на імітаційних установках, зазвичай плоских, без урахування форми кільцевого зазору, обертання валу, впливу критеріїв моделювання. Системні дослідження таких ущільнень не проводилися.

При обертанні ротора в кільцевих каналах виникають значні гідродинамічні сили, зумовлені порушенням симетрії поля тисків. Газогідродинамічні збудження від високошвидкісних течій в дроселуючих зазорах призводять до втрати динамічної стійкості в наслідок віброударних режимів руху роторів всередині них.

Ущільнення безконтактного використовуватися підприємствами насосного і компресорного машинобудування у відцентрових машинах для енергетичних блоків ТЕС і АЕС, системах видобування і транспортування енергоносіїв та ракетних двигунів. Виникає необхідність використання методів обчислювальної гідромеханіки для аналізу. Використання програмних засобів такого роду дає можливість більш точно визначити статичні та динамічні характеристики ущільнення, та підібрати для нього оптимальну форму

У роботі проведений обчислювальний експеримент для декількох конструкцій лабіринтних, лункових і лабіринтно-лункових ущільнень. Виконано порівняння їх гідродинамічних і ротородинамічних характеристик та видані рекомендації щодо оптимізації їх робочих параметрів.

## АНАЛІЗ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ АРМОВАНИХ ТА НЕАРМОВАНИХ ЦЕГЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Закорко В., учень, ПТУ № 6; Дем'яненко М. М., студентка, СумДУ

В наш час будівельна галузь стрімко розвивається, а тому до житлових багатоповерхових будівель із цегли висуваються нові вимоги, серед яких однією з найважливіших є підвищення кількості поверхів зі зменшенням обсягів використання цегляної кладки. Рациональне поєднання цегляної кладки та арматури разом із забезпеченням їх надійної сумісної роботи дозволяє підвищити показники міцності конструкції, зменшити розміри поперечного перерізу. Отже актуальною задачею є дослідження впливу на несучу здатність цегли армованої та неармованої, при незмінній марці цегли та розчину, та при зміні марки цегли та постійному поперечному перерізі і розчині.

Проводився розрахунок цеглових елементів схильних до деформацій відцентрового стискання, виходячи з умови міцності при деформації осьового розтягу. Дана умова виконана по методу граничних станів, з урахуванням системи частинних коефіцієнтів.

Розрахунки несучої здатності проводились для незмінної марки цегли М100, розчину 75 та різних поперечних перерізів 25×25, 38×38, 51×51, 64×64, 77×77, з урахуванням коефіцієнта поздовжнього вигину та гнучкості елемента. Отримані значення представлені в графічному вигляді на рисунку 1а. Також було проведено визначення несучої здатності армованого елемента для вказаних різних значень поперечних перерізів та марки цегли, розчину. Отримані дані представлені у графічному вигляді на рисунку 1а. Також розрахунки несучої здатності проводились для марки цегли М50, М75, М100, М150, М200, М250, розчину 75. Отримані дані представлені у графічному вигляді на рисунку 1б.

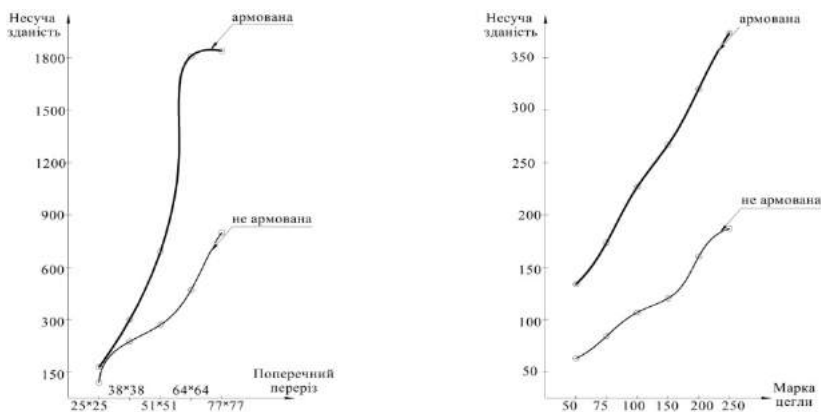


Рисунок 1 – Графік несучої здатності цегляного елемента

## РОЗРАХУНОК СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДИФІКОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМАТИЧНОГО ОСЬОВОГО РОЗВАНТАЖЕННЯ РОТОРА ВІДЦЕНТРОВАНОГО НАСОСА

*Гахун А. О., студент; Совенко Н. В., доцент*

На ротор багатоступеневого насоса діє значна осьова сила. Найбільш ефективним способом урівноважування осьових сил є використання автоматичного пристрою – гідроп'яти.

Гідроп'ята являє собою систему автоматичного регулювання торцевого зазора, осьової сили, що діє ротор насоса, та витоків. При зміні робочих характеристик насоса значно змінюються і робочі характеристики гідроп'яти. При цьому для таких розвантажувальних пристроїв характерні великі витoki. Щоб забезпечити малі втрати робочого середовища необхідно зменшувати робочий зазор при можливих змінах осьової сила з урахуванням деформацій диска, що може призвести до небезпечного контакту торцевих поверхонь. Це насамперед визначає актуальність проблеми розрахунку і конструювання гідроп'ят.

Робота пов'язана з пошуком необхідних параметрів пристрою автоматичного розвантажування. Деформації диску гідроп'яти призводять до дифузорності торцевого зазора, що в свою чергу, зменшує величину сумарної сила та збільшує витoki. Тому при проектуванні гідроп'яти особлива увага приділяється забезпеченню площинності торцевого зазора. Завдяки рухомому кільцю, що пружно встановлюється в корпусі або на диску, що обертається, намагаються зменшити вплив деформацій на робочі характеристики урівноважуючого пристрою, і тим самим забезпечити його задовільну роботу на широкому діапазоні робочих параметрів насоса. Під час роботи рухливе кільце відстежує початковий перекис гідроп'яти і сприяє підтримці плоского торцевого зазора. При цьому величина середнього торцевого зазора гідроп'яти зменшується, що веде до зменшення витрати рідини через гідроп'яту і збільшення ККД насоса.

В роботі наведено статичний розрахунок характеристик врівноважуючого пристрою з урахуванням силових деформацій елементів конструкції. При статичному розрахунку досліджується залежність величини торцевого зазора гідроп'яти від зовнішньої дії, зокрема від осьової сили, яка в процесі експлуатації машини може істотно відхилитися від розрахункової у бік збільшення. Для знаходження осьової сили необхідно визначити розподіл тиску рідини на торцевій поверхні диска гідроп'яти. При цьому через силові деформації диска, а для модифікованої конструкції - пружно-встановленого кільця, сила, що виникає в торцевому зазорі, буде функцією цих деформацій, а отже функцією тиску в камері гідроп'яти. Для більш точного вирішення цієї задачі необхідно, перш за все, розглянути течію рідини в торцевому дроселі з урахуванням перекосів і деформацій врівноважуючого диска.



## ВРАХУВАННЯ ВИПАДКОВОЇ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ «РОТОР - ШПАРИННІ УЩІЛЬНЕННЯ» НА ВІБРАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА

*Бідненко І. Г., студентка; Савченко Є. М., доцент*

Однією з основних причин порушення нормальної роботи відцентрових машин, зокрема, насосів та компресорів, є їх підвищена вібрація, головним джерелом якої є неврівноважений ротор, що обертається в підшипниках та так званих шпаринних ущільненнях. Ротор і ущільнення розглядаються при цьому як замкнена гідромеханічна система, в якій роль зв'язуючої ланки виконує перекачуване середовище, його інерційні і гідродинамічні характеристики. Вплив середовища особливо істотний при наявності великих градієнтів швидкостей і тисків. Такі умови саме і характерні для малих зазорів шпаринних ущільнень, на яких дроселюються великі перепади тиску, а одна зі стінок належить ротору, що обертається і вібрає. Таким чином, ротор і ущільнення являють собою складну гідромеханічну систему, характеристики якої мають визначальний вплив на надійність, герметичність та вібраційні характеристики відцентрових машин.

Дана робота присвячена дослідженню впливу випадкової зміни силових гідродинамічних факторів, що виникають під час течії рідини в циліндричних дроселюючих каналах ущільнень відцентрових машин. Ускладнює ситуацію той факт, що зазвичай на практиці через встановлені допуски на виготовлення геометричні параметри ущільнень мають випадковий характер, крім того, вони можуть змінюватися в процесі експлуатації через знос поверхонь, і таким чином, динамічні навантаження, що діють на ротор, також будуть мати випадковий характер. Саме тому в роботі проведено ймовірнісний розрахунок динамічних характеристик ротора, в якому відповідні параметри описуються випадковими величинами або функціями. Основною метою даної роботи є визначення впливу випадкової зміни параметрів ущільнень та діючих на ротор зовнішніх навантажень на динамічні характеристики системи "ротор – шпаринні ущільнення" відцентрового насоса.

Як впливає з отриманих у роботі оцінок, ймовірність безвідмовної роботи за критерієм неперевищення переміщеннями центра мас ротора величини середнього радіального зазору ущільнення є чутливою як до типу закону розподілу змушувальної сили, так і до параметрів самих шпаринних ущільнень. Використовуючи отримані в роботі вирази, можна розв'язувати задачу оптимізації, тобто визначати такі параметри системи "ротор - шпаринні ущільнення", що забезпечать її роботу в заданому діапазоні амплітуд вимушених коливань з мінімальною величиною витрат рідини через ущільнення.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН РУЙНУВАННЯ РОБОЧИХ КОЛІС ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА З УРАХУВАННЯМ НЕСТАЦІОНАРНОСТІ ПОТОКУ

*Гребенюк М. О., студентка; Савченко Є. М., доцент*

Відцентрові компресори – основне технологічне та енергетичне обладнання для підвищення тиску і транспортування газів. Робоче колесо є їх найбільш відповідальним вузлом. Руїнування колеса під час роботи машини може призвести до серйозної аварії та повної зупинки усієї машини.

Метою даної роботи є аналіз причин руїнування робочих коліс у відцентровому компресорі. Актуальність теми полягає у забезпеченні експлуатаційної надійності відцентрових компресорів за рахунок підвищення ресурсу їх робочих коліс.

Головна причина руїнування робочих коліс - вимушені коливання в проточних частинах відцентрових компресорів, причиною виникнення яких є коливання тиску при обертанні ротора компресора, викликані взаємодією між ротором і нерухомими елементами компресора (відомі як коливання Тайлера-Софрона), частота яких відповідає частоті проходження лопаток ротора при обертанні, а також нестационарні процеси в проточних частинах відцентрового компресора, викликані потоком газу, такі як аероакустичні, вихороутворення, помпаж, зрив потоку з обертанням.

За допомогою сучасних програмних комплексів можна аналізувати тривимірну картину течії, отримувати корисну інформацію практично в будь-якій точці проточної частини, у тому числі і в робочих колесах. Це, зокрема, дозволяє проводити аналіз можливих причин руїнування робочих коліс з урахуванням нестационарності потоку. У роботі показано, що у відцентрових компресорах переважно спостерігаються аеродинамічні нестационарні процеси, для яких несуттєвий зв'язок між аеродинамічними та пружними характеристиками системи. Виникнення ж аеропружних нестационарних процесів, для яких основну роль відіграє зв'язок між аеродинамічними характеристиками елементів проточної частини та характеристиками пружності елементів конструкції компресора, можна чекати в компресорах високого і надвисокого тисків. Побудована скінченно-елементна модель робочого колеса, проведено розрахунки, наведено результати чисельного аналізу статичного та динамічного стану робочого колеса, а також аналіз взаємодії між роторними та статорними елементами компресора, які дозволяють проаналізувати процеси, що відбуваються в змінній проточній частині в результаті вихороутворення та пульсації тиску.

Проведені дослідження дозволили краще зрозуміти процеси, що відбуваються у проточній частині відцентрового компресора, провести розрахунки тривимірного нестационарного турбулентного потоку в ньому та зробити попередні висновки про причини руїнування робочих коліс.

## ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ НА СТАДІЇ ТЕХНІЧНОГО, ТЕХРОБОЧОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ ЗА ДОПОМОГОЮ 3D-ПРИНТЕРУ

*Новіков В., учень, ДНЗ Сумський хіміко-технологічний центр професійно-технічної освіти; Лісовенко Д. В., асистент, СумДУ*

Для створення повноцінної фізичної 3D-моделі за допомогою адитивних технологій була вивчена САД-програма «КОМПАС-3D». На стадії технічного проекту за допомогою «КОМПАС-3D» розроблялись ескізи деталі механічного приводу поршневого механізму.

Техноробочий та робочий проекти виконувалися за допомогою технологій адитивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу (друку, нарощування) за даними цифрової моделі. Модель була підготовлена за допомогою «КОМПАС-3D». Програма «CuraEngine» нарізає пошарово 3D-модель, а потім перетворює її в спеціальний «G-Code», який задає координати друку.

Друк здійснюється спеціальним пристроєм – 3D-Принтером, який забезпечує створення фізичного об'єкта шляхом послідовного накладання пластичного матеріалу на основі віртуальної 3D -моделі. 3D-принтери, як правило, швидші, більш доступні і простіші у використанні, ніж інші технології адитивного виробництва. 3D-принтери пропонують розробникам продуктів можливість друку деталей і механізмів з декількох матеріалів та з різними механічними та фізичними властивостями за один процес складання.

Створена повноцінна фізична модель механічного приводу поршневого механізму за допомогою 3D-технології. У виготовленні моделі використовувався пластик PLA.

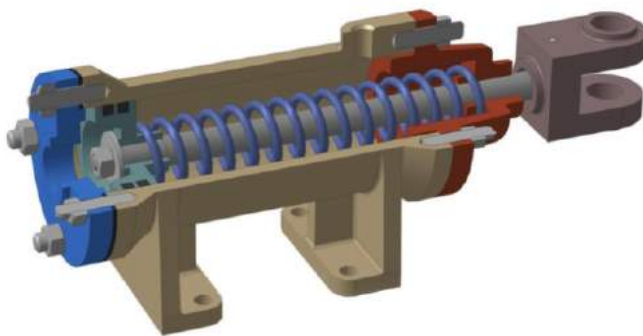


Рисунок – 3D моделі механічного приводу поршневого механізму

## НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН СКЛОПЛАСТИКОВИХ ТРУБ ТА ЇХ З'ЄДНАНЬ

*Леоненко Є. М., студент; Литвинов С. О., студент;  
Дейнека А. В., ст. викладач*

Високі показники питомої міцності і жорсткості волокнистих композиційних матеріалів разом з хімічною стійкістю, порівняно малою вагою та іншими властивостями, зробили ці матеріали привабливими для виготовлення трубопроводів різного призначення. Застосування склопластикових труб взамін металевих збільшує термін служби трубопроводів майже в 4 рази, приблизно в 3 рази знижує вагу трубопроводу, а також виключає застосування антикорозійних захисних властивостей та зварювальних робіт. Значним недоліком таких трубопроводів є місця з'єднання склопластикових труб, тому розробка їх ефективних конструкцій та моделювання напружено-деформованого стану є актуальною задачею.

На основі методу скінченних елементів було досліджено напружено-деформований стан різних варіантів конструкцій з'єднань склопластикових труб, таких як склопластикові муфти та бандажі різної конфігурації. Система «трубопровід-композитне з'єднання» навантажувалася внутрішнім тиском і температурою. Також проводилося дослідження впливу неідеальності контакту сусідніх шарів композитного матеріалу та клейового шару між трубами та з'єднання на напружено-деформований стан запропонованої системи.

Слід зазначити, що між різницею переміщень точок сполучених поверхонь сусідніх шарів і дотичними напруженнями у поздовжньому напрямку існує залежність  $u^{i-1}(r_i, z) - u^i(r_i, z) = k^i \tau_{rz}^i$ . У загальному випадку  $k^i$  – заданий параметр, який визначається шляхом чисельних та експериментальних досліджень. Як граничні значення з цього рівняння постають два варіанти:  $1/k^i = 0$  – спостерігається ідеальне прослизання суміжних шарів,  $k^i = 0$  – ідеальний контакт. Вважається, що радіальні напруження й переміщення при переході через поверхню розділу шарів стрибка не мають.

В ході дослідження було виявлено небезпечні точки таких з'єднань. На основі модифікованого критерію міцності, який включає трансверсальні напруження і враховує вплив ослабленого міжфазного контакту шарів, визначені максимально допустимі тиск та температурні навантаження для кожного варіанту конструкцій муфти та бандажу. Дано оцінку ефективності використання варіантів конструкцій склопластикової муфти або бандажу та рекомендації по застосуванню цих конструкцій при різних умовах експлуатації трубопроводів.

# ДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК РОТОРА ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА З УРАХУВАННЯМ БАГАТАШПАРИННОГО УЩІЛЬНЕННЯ

*Позовний О. О., студент*

Як відомо, основним джерелом вібрацій відцентрових машин є неврівноважений ротор. Тому для аналізу та прогнозування їх вібраційного стану необхідні перш за все розрахунки динаміки роторів. Динамічні характеристики роторів (критичні швидкості, амплітуди вимушених коливань, межі динамічної стійкості) великою мірою залежать від шпаринних ущільнень. У відцентрових насосах для зменшення об'ємних втрат застосовують багатошпаринні ущільнення. Багатошпаринні ущільнення виконують одночасно функції ущільнень та гідростатичних демпферних опор. Однак з досвіду експлуатації високооборотних насосів відомо, що в деяких випадках такі ущільнення викликають підвищену вібрацію ротора.

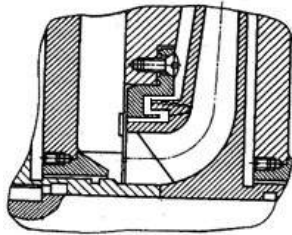


Рисунок – Багатошпаринне ущільнення відцентрового насоса

В даній роботі за допомогою методів теорії коливань була виконана оцінка впливу багатошпаринних ущільнень на динаміку ротора відцентрового насоса. В результаті розрахунку були побудовані амплітудні та фазові частотні характеристики в залежності від кількості шпаринних ущільнень. Для випадку залежності перепаду тиску від частоти обертання, амплітудна характеристика не має резонансного піку, що підтверджується відсутністю критичних частот обертання.

## Список літератури

1. Марцинковский, В. А. Динамика роторов центробежных машин : монография / В. А. Марцинковский. – Сумы : СумГУ, 2012. – 562 с. – 172-13.
2. Марцинковский, В. А. Щелевые уплотнения: теория и практика / В. А. Марцинковский. – Сумы : СумГУ, 2005. – 416 с.
3. Марцинковский, В. А. Насосы атомных электростанций / В. А. Марцинковский, П. Н. Ворона. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 256 с.

*Робота виконана під керівництвом професора Марцинковського В. А.*

**ОПІР МАТЕРІАЛІВ  
ТА МАШИНОЗНАВСТВО**

## ЗАЧЕМ НУЖЕН СОПРОМАТ. (О роли общенаучных дисциплин в учебном процессе)

*Каринцев И. Б., профессор*

Сопротивление материалов, как общенаучная дисциплина, формирует мышление будущего инженера, так как выполняет связующую роль между теоретическими науками (математикой, механикой и др.) и конкретными техническими дисциплинами выпускающих кафедр. По образному выражению проф. Феодосьева В. И. сопромат является азбукой и грамматикой расчетов на прочность, что особенно важно для всех инженерных специальностей накануне чтения профилирующих дисциплин.

Однако, в последнее время, качество преподавания этой дисциплины стремительно падает. И причин здесь несколько.

Во-первых, резко сокращается количество учебных часов. Еще недавно число часов было в несколько раз больше. Сегодня только приходится мечтать о старых временах. Кроме того, дополнительно вводились для всех инженерных специальностей такие дисциплины, как прикладная теория упругости, прикладная теория колебаний. Сейчас принято решение сократить не только количество часов, но и их сжать во времени, т.е. излагать дисциплину в течение одного семестра, что не может сказаться на эффективности его усвоения. Вызвано это тем, что выпускающие кафедры начали чтение специальных дисциплин на II курсе, где обычно располагались общенаучные дисциплины. К сожалению, также приходится констатировать, что происходит ухудшение преподавания курса физики в школах, что отражается на уровне новых абитуриентов, поступающих на I курс нашего вуза.

Все это приводит к тому, что настало время предпринимать меры, которые должны повысить качество подготовки будущих специалистов. Во-первых, намерены продолжить сотрудничество с Центром научно-технического творчества молодежи, активно участвовать в подготовке научных докладов школьников и участвовать в организации конференции школьников в помещении лаборатории сопротивления материалов. Сегодня новый прием – это важнейшая задача всего инженерного факультета. Во-вторых, считаем полезным введение в этом учебном году чтение нового курса для специальности гидравлические машины, основы теории упругости, пластичности и ползучести, что позволяет формировать у будущих инженеров интерес к проблемам прочности в других условиях.

Кроме того, кафедрой принято решение организовать подготовку аттестацию лаборантов физико-механических испытаний с целью поднятия уровня проведения экспериментальных исследований.

По-прежнему имеет важное значение повышение методического уровня преподавания общественных дисциплин с целью повышения качества обучения будущих специалистов.

## О РЕГИОНАЛЬНОМ ЦЕНТРЕ «ТЕХНОЛОГИЯ»

*Каринцева А. И., зав. лабораторией*

В этом году исполняется 10 лет создания Регионального учебно-методического и научно-исследовательского центра «Технология». Этот центр был создан для осуществления комплексной поддержки отечественного машиностроения в создании современных конструкций, работающих в условиях повышенной опасности с целью улучшения их качества, надежности, работоспособности и долговечности. Поэтому сегодня можно подвести некоторые итоги.

В первую очередь основную роль сыграла организация научно-исследовательской лаборатории физико-механических испытаний, которая была аттестована Сумыстандартметрологией на проведение измерений геометрических и механических величин.

Это, прежде всего, испытания на растяжение с определением  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $\psi$  при нормальных и повышенных температурах, испытания ударной вязкости при низких и комнатной температуре, испытания на твердость по Роквеллу, Брюнеллу, микротвердости и других испытаний.

Для неразрушающих методов контроля создана также специальная лаборатория. Благодаря этому сегодня кафедра сопротивления материалов и машиноведения имеет постоянную хозяйственную тематику. Например, только за последние два года объем хозяйственной тематики составил свыше 1 млн. гривен.

Кроме того, Региональный центр «Технология» проводит опытно-конструкторские работы, которые дают значительный экономический эффект. Некоторые работы, проводимые центром, стали выходить за рамки Сумского района. Это и Киев, Харьков, Полтава и др.

При необходимости Центр привлекает специалистов с других кафедр с использованием их производственных помещений и материальной базы.

Активное участие Региональный центр «Технология» стал принимать в подготовке и переподготовке специалистов нашего региона. Только в конце прошлого года была организована аттестация лаборантов физико-механических испытаний с целью поднятия уровня проведения экспериментальных исследований. На сегодня уже подписан первый договор с ЭТЦ на подготовку четырех лаборантов.

Регулярно проводятся научные консультации для физических и юридических лиц и предприятий относительно вопросов прочности, надежности и долговечности конструкций.

Сегодня самое главное достижение центра – это устойчивая хозяйственная тематика, которая растет из года в год.

Поэтому то направление, которое было принято кафедрой сопротивления материалов и машиноведения, является правильным и необходимо приложить все усилия для достижения новых высот.



## ГНУЧКІ ДРОТОВІ ВАЛИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

*Куліков О. А., студент; Стрелец В. В., доцент*

Гнучкі дротові вали використовують для передачі обертального руху між вузлами машин або агрегатами, що змінюють своє відносне положення при роботі. Основні області застосування гнучких валів: механізований інструмент, вібратори, прилади дистанційного керування та контролю, слідкувальні приводи, верстати з переставними шпинделями та ін. Вперше ідею гнучкого вала запропонував і реалізував у 1829 році шотландський інженер Джеймс Несміт.

Гнучкі вали складаються з декількох шарів (від 2 до 6) скручених сталевих або бронзових дротів. Число дротів в шарі - від 4 до 12. Товщина дротів від 0,2 до 5 мм. Сусідні шари мають протилежний напрямок навивки. Кут між нитками повинен становити  $45 \pm 5^\circ$  до твірної циліндричної поверхні оболонки. Таким чином, гнучкі дротові вали є багат шарові багатозахідні виті пружини кручення. Головною властивістю гнучких валів є їх мала жорсткість при згині та значна жорсткість при крученні. Розтягнення і стискання гнучкого вала неприпустимі. Такі вали призначені для передавання невеликих обертальних моментів, потужностей до 15 к.с. (11 кВт) при великих (до 50000 об/хв) частотах обертання. Розрізняють гнучкі вали правого і лівого обертання. Для вала правого обертання зовнішній шар прагне зменшити свій діаметр при закручуванні вала за годинниковою стрілкою, якщо дивитися з боку привода, а для вала лівого обертання – навпаки. При необхідності вал може сягати в довжину до 5 м.

Гнучкий дротовий вал розміщується в еластичній захисній оболонці (броні), яка є своєрідним гнучким підшипником, а також сприймає сили від вала, обмежує і направляє його, захищає від ушкоджень і забруднень, зберігає на ньому консистентне змащення. Оболонка або броня не обертається і прикріплена до корпусу привода з одного боку і корпусу виконавчого механізму з іншого боку. Нормальна броня являє собою рукав, згорнутий із сталеві профільованої стрічки, в якому для ущільнення прокладається азбестовий або бавовняний шнур. Більш міцна і більш зносостійка посилена броня має додатково внутрішню спіраль зі сталеві стрічки овального перерізу або спіраль із сплющеного дроту. При підвищених вимогах до герметичності броні обплетення покривається шаром вулканізованої гуми з кордним прошарком.

Гнучкі вали використовують: у стоматології, коли вал встановлений на бормашинах; при роботі свердлами і фрезами в місцях, де неможливо або важко дістатися звичайним дрилем; для гравірування, полірування та шліфування; в промислових вібраторах; в автомобільній техніці для спідометрів; у бензокосах, коли вал може також захистити двигун від перевантажень; для прочищення внутрішніх поверхонь каналізаційних і технічних трубопроводів від засмічень; в центрифугах та ін.

## РЕДУКТОРЫ ЛИФТОВЫХ ПОДЪЕМНИКОВ

*Васильченко Д. Р., студент; Стрелец В. В., доцент*

В шахтных лифтах применяют червячные редукторы, которые устанавливаются в машинном отделении вверху шахты и характеризуются малыми габаритами, большим передаточным числом, плавностью и бесшумностью работы, кинематической точностью, самоторможением.

Червячные передачи отличаются друг от друга формой нарезанной части червяка (винта). По форме червяки бывают глобоидные и цилиндрические. Цилиндрические же червяки в зависимости от технологии нарезания делятся на архимедовы, конволютные, эвольвентные и червяки с вогнутым профилем витка. В зацеплении с цилиндрическим червяком обычно находится 1,5...2 зуба червячного колеса, в зацеплении же с глобоидным червяком – от 3 до 8 зубьев, что существенно повышает нагрузочную способность механизма. Однако глобоидные передачи чувствительны к точности изготовления и монтажа, т.е. зависят от качества производственного процесса.

Для того, чтобы повысить надежность и точность, несущую способность и КПД, понизить нагрев и изнашивание деталей лифтовых редукторов рассматривают следующие пути конструктивно-технологического совершенствования червячных передач.

1. Улучшение условий зацепления глобоидной червячной передачи за счет более совершенной технологии изготовления деталей, что в большинстве случаев является ноу-хау производственной фирмы.

2. Применение передач с вогнутым профилем витков червяка, когда увеличение площади контакта витков червяка и зубьев колеса обуславливает существенное снижение контактных напряжений.

3. Применение червячных мотор-редукторов, где вал-червяка одновременно является валом электродвигателя, за счет чего обеспечивается компактность и повышенная точность механизма.

4. Применение комбинации червячных передач и передач винт – гайка качения. В такой конструкции между витками червяка и зубьями колеса расположены шарики, заменяющие трение скольжения в обычной червячной передаче на трение качения. При этом можно отказаться от использования дорогих цветных металлов для зубьев колеса, исключить нагрев и заедание. Однако здесь основная проблема – обеспечение циркуляционного движения шариков по каналам возврата шариков, которые могут располагаться как в червяке, так и в червячном колесе.

В каждом из указанных вариантов существуют определенные технические трудности, решения которых ждут эксплуатационные и ремонтные службы лифтов, а постоянное увеличение зданий и сооружений с лифтовыми подъемниками подтверждает актуальность и необходимость таких решений.

## НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ ДВИЖЕНИЯ НА ЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ РАССТОЯНИЯ

*Ворожка А. С., студент; Стрелец В. В., доцент*

Проблема передачи механической энергии или движения на расстояние в десятки метров или несколько километров решалась по-разному уже давно, остается актуальной и сегодня. В работе рассмотрены некоторые способы (варианты) передачи движения на расстояние от двигателей к рабочим органам машин и механизмов.

Так, например, более сотни лет назад в США применялась джеркерная система (слово *jerk* – дергать) для привода одновременно нескольких нефтяных насосов на частных скважинах. В отдельном помещении размещался двигатель, вращательное движение которого преобразовывалось в возвратно-поступательное движение нескольких металлических штоков, отходящих от помещения в разные стороны по направлению к своим механизмам. Линии штоков тянулись на мили от главного двигателя. Держатели штоков имели различную форму и конструкцию в качестве опор или шарниров, в зависимости от назначения. Были поворотные, качающиеся, вилковые держатели, были также приспособления, уменьшающие или увеличивающие амплитуду колебаний штоков. Иногда в качестве тяг использовались деревянные брусья, подвешенные на опорах.

Другой способ передачи движения на расстояние – это канатная передача, в которой используется стальной проволочный канат. Первым применил такую передачу французский инженер Гирн в 1850 г. Канатная передача похожа на ременную передачу. Канат перебрасывается через два или большее число шкивов, необходимое натяжение обеспечивается собственной тяжестью каната. Если же передача длинная, то провисающие ветви каната подпирают. Скорость движения каната от 5 до 30 м/с. При необходимости могут применять систему из нескольких последовательно соединенных канатных передач. Механизмы передвижения с канатной тягой используются, например, в башенных и кабельных кранах.

Еще один способ передачи механической энергии на расстояние основан на использовании трансмиссионных валов. Отличительная особенность трансмиссионных валов – большая длина, доходящая иногда до нескольких десятков метров. Длинные трансмиссионные валы выполняют из отдельных секций, связанных друг с другом муфтами. Для предотвращения значительных поперечных прогибов секций вала под собственным весом трансмиссионные валы делают многоопорными. Трансмиссионные валы применяются, например, в буровых скважинных насосах, в приводе заднего винта вертолета, в мостовых кранах.

Когда в современном мире актуальны вопросы передачи на значительные расстояния электрической энергии, изображения, звука, информации, жидкости, газа и даже мыслей, то разработка и развитие новых способов передачи механической энергии не должны отставать.

## ПІДВИЩЕННЯ ККД ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ

*Васянович С. О., студент; Некрасов С. С., доцент*

Найпоширенішим способом передачі енергії обертанням є зубчасті передачі. Зубчасті передачі використовуються людством з давніх давен.

Ці механізми передають рух від одного валу іншому, зазвичай зі зміною частоти обертів за одиницю часу. Засобом зачеплення і безпосередніми елементами передачі руху служать або колеса, або рейки з нарізаними на їх робочих поверхнях заглибленнями й виступами особливої форми.

Сучасні машини працюють з більшими швидкостями та навантаженнями при цьому вони мають обмежені геометричні розміри. Тому задача підвищення здатності зубчастої передачі працювати з більшим навантаженням та більшою швидкістю має актуальне значення.

В роботі розглянуто черв'ячну передачу, яка має найнижчий ККД із усіх зубчастих передач. Найбільші втрати енергії в черв'ячній передачі пов'язані з великим швидкостями ковзання.

Як відомо найбільший ККД мають передачі в яких поверхні контакту, що передають рух, обкочуються одна по одній. В порівнянні з тертям ковзання, тертя кочення більш ефективне. В той же час мають широке розповсюдження мають кульково-гвинтові передачі.

Авторами запропоновано конструкцію черв'ячної передачі в якій тертя ковзання замінено тертям кочення. Така конструкція черв'ячної передачі буде мати значно вищий ККД та більший ресурс. Більш того в такій передачі будуть значно знижені температури, що виникають при роботі передачі.

На черв'яку та черв'ячному колесі виконуються канавки, які заповнені кульками, в результаті чого вони замикають кінематично черв'як і черв'ячне колесо передачі. Оскільки одна половина кожної кульки, що знаходиться в зоні зачеплення, розташована в канавці черв'яка, а друга одночасно – в канавці черв'яка. Причому твірні поверхні черв'яка і черв'ячного колеса можуть знаходитися в контакті з забезпеченням вільного ковзання однієї поверхні відносно іншої.

Під час обертання черв'яка кульки, що утворюють в його канавках замкнені контури, обкочують канавки черв'ячного колеса, переміщуючись одночасно по канавкам черв'яка та обертаючись навколо його осі, сприймають та передають навантаження аналогічно тілам кочення радіально-упорного підшипника.

Навантаження в кожній канавці черв'ячного колеса може передавати одна або декілька кульок, що знаходяться в зачепленні. Одночасно в зачепленні може знаходитися одна або декілька канавок черв'яка в залежності від кількості замкнених контурів кульок на черв'яку та коефіцієнтом перекриття.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПОВЗУЧОСТІ ТА РЕЛАКСАЦІЇ НАПРУЖЕНЬ В ПРАКТИЦІ СУЧАСНИХ ЧИСЕЛЬНИХ РОЗРАХУНКІВ

*Новіков С. О., студент; Жигилій Д. О., доцент*

Істотна кількість деталей машин тривалий час працюють під навантаженням при підвищених температурах. Такі умови роботи мають деталі парових і газових турбін, дизелів, атомних реакторів тощо. В процесі повзучості деформації можуть з часом досягати граничних величин за жорсткістю, а релаксація напружень також з часом поступово ослаблює пружний натяг з'єднань деталей. Також з причин зменшення граничних напружень з плином часу руйнуються деталі до вичерпання повного терміну експлуатації. Повзучістю називають повільне наростання деформацій з плином часу під дією постійних напружень.

При навантаженні зразка в початковий момент часу досягається початкова пружна або пружно-пластична деформація, а з часом розвиваються деформації повзучості. Розрізняють три стадії повзучості. Перша стадія відповідає несталій повзучості, коли швидкість деформації безперервно зменшується, прямуючи до деякої постійної швидкості, що характеризує другу стадію - стадію усталеної повзучості. Третя стадія, що передує руйнуванню, характеризується збільшенням швидкості деформування за рахунок зменшення перерізу зразка. При підвищенні температури випробування при одному і тому ж часі до руйнування відбувається перехід від в'язкого руйнування до крихкого. Однак при одній і тій же температурі випробування в'язке руйнування змінюється крихким зі збільшенням часу до руйнування. Процес втрати пластичності в часі носить назву скрихчування. Релаксацією напружень називається явище росту деформації з часом, яке закінчується руйнуванням, для випадку повзучості при навантаженні з постійними в зразку напруженнями. Релаксація представляє собою прояв повзучості при спадаючих напруженнях. Вона протікає особливо інтенсивно в початковий період. Також існують проміжні процеси, при яких деформація розвивається за певним законом у часі.

В роботі розглянуті моделі повзучості: зміцнення за деформаціями, зміцнення за часом, узагальнена експоненціальна модель, узагальнена модель Грехема (Graham), узагальнена модель Блекберна (Blackburn), модифікована модель зміцнення за часом, модифікована модель зміцнення за деформаціями, узагальнена модель зміцнення за часом, узагальнена модель Гарофало (Garofalo), експоненціальна форма, модель Нортон (Norton), комбінована модель зміцнення за часом та раціонально поліноміальна модель. Подано практичне застосування моделей, при моделюванні роботи товстостінних конструкцій, що працюють при високих температурах, методом скінченних елементів за допомогою програмного комплексу ANSYS. Показано суттєву кількісну і якісну різницю в напружено-деформованого стані при застосуванні і без застосування моделей текучості.

## ДИНАМІКА ПОВЗДОВЖНЬО-СТРУГАЛЬНОГО ВЕРСТАТА

*Тюленев А. Е., студент; Жигилій Д. О., доцент*

Основне призначення поздовжньо-стругальних верстатів це обробка різноорієнтованих площин, головним чином на великих деталях. Точність і чистота обробки площин великої ширини вища за фрезерні верстати. До того ж інструмент стругального верстата дешевше фрези, а установка великогабаритних деталей і налагодження верстата на обробку заготовки легша. На поздовжньо-стругальні верстати заготовку закріплюють на столі (3), що здійснює зворотно-поступальний (головний) рух. Різці закріплюються в супортах.

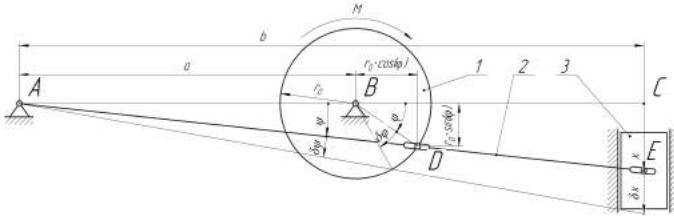


Рисунок – Наближена розрахункова схема механізмів поздовжньо-стругального верстата

З точки зору кінематики, це кривошипно-кулісний механізм зі ступенем рухомості  $W=1$ , який перетворює обертальний рух кривошипа (1) разом з кулісним каменем в т. D в зворотно-гойдальний рух куліси (2). Верхній кінець куліси (2) пов'язаний сережкою в т. E з повзуном (3).

Вважаючи відомими відстані  $AB = a$ ,  $AC = b$  та  $BD = r_0$ , при чому  $a \gg r_0$ , а також масу повзуна  $m$  та моменти інерції кривошипа  $I_{1B}$  та куліси  $I_{2A}$  відносно їх осей обертання відповідно, на основі принципу Д'аламбера-Лагранжа, нехтуючи дисипативними силами, визначена залежність між кутовим прискоренням обертання куліси (2) та активною парою сил  $M$ , прикладеною до кривошипа (1).

$$M \cdot \left( \frac{a + \cos \varphi}{r_0} \right)^3 - m \cdot \ddot{\psi} \cdot b^2 - I_{2A} \cdot \ddot{\psi} \cdot \frac{a + \cos \varphi}{\left( \frac{a}{r_0} \cdot \cos \varphi + 1 \right)^2} - I_{1B} \cdot \left[ \ddot{\psi} + 2 \cdot \frac{\left( \frac{a}{r_0} + \cos \varphi \right)^2}{\left( \frac{a}{r_0} \cdot \cos \varphi + 1 \right)^5} \cdot \dot{\varphi}^2 \cdot \varphi - \frac{\dot{\varphi}^2 \cdot \sin \varphi}{\left( \frac{a}{r_0} \cdot \cos \varphi + 1 \right)^4} \cdot \left( 2 \cdot \left( \frac{a}{r_0} \right)^2 + \frac{a}{r_0} + 2 \cdot \frac{a}{r_0} \cdot \cos^2 \varphi + 2 \cdot \cos \varphi \right) \right] = 0.$$

Проаналізовано залежність пускового моменту  $M_n$  від початкового положення механізму.

## МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКІВ КУТОВИХ ФЛАНГОВИХ ШВІВ

*Захарченко Д. І., учень, Сумський центр професійно-технічної освіти;  
Жигилій Д. О., доцент, СумДУ*

Кронштейн приварений до стінки двома фланговими кутковими швами.

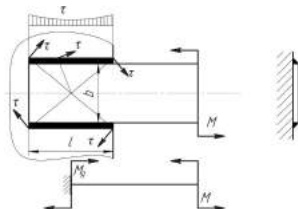


Рисунок – Розрахункова схема зварного кронштейна

На кронштейн діє пара сил в площині зварювального шва, що утворює момент  $M = 1000$  Н·м. В роботі визначається необхідна величину катета зварного шва, якщо допустимі дотичні напруження в зварному шві  $[\tau'] = 60$  МПа. Дослідження ведеться відносно лінійних розмірів конструкції а та l.

Напруження від реакції-моменту розподіляються по довжині шва нерівномірно, а їх напрямок різняться. Дотичні напруження пропорційні радіусу від центра тяжіння швів і перпендикулярні до нього. Цю умову аналітично виразимо у вигляді умови міцності для крайніх точок швів, яка полягає у тому, що найбільше дотичне напруження не перевищує допустимого:

$$\tau_{\max} = \frac{M \cdot \rho_{\max}}{I_p} \leq [\tau'], \text{ МПа, де } I_p = 2 \cdot 0,7k \cdot \left[ \left( \frac{b}{2} \right)^2 \cdot l + \frac{l^3}{12} \right], \rho_{\max} = \sqrt{\left( \frac{b}{2} \right)^2 + \left( \frac{l}{2} \right)^2}.$$

Математичну модель деформування також можна побудувати на припущенні, що довжина шва значно менша за ширину пластини  $a \ll l$ , тоді можна вважати, що дотичні напруження, що виникають на поверхні руйнування кутового шва, рівномірно розподілені уздовж шва. Рівняння рівноваги, записане відносно дотичних напружень, та умова міцності відповідно становлять:

$$\tau \cdot 0,7k \cdot b \cdot l = M; \quad \tau = \frac{M}{0,7k \cdot b \cdot l} \leq [\tau']$$

На основі зазначених моделей у програмі Microsoft Excel розраховані та побудовані у вигляді графіків залежності довжин катету k, мм від безрозмірного співвідношення довжини швів до ширини балки l/b при фіксованих l та k відповідно.

З аналізу графіків зроблено висновок, що розрахунок наближено можна вести за простішою моделлю короткого шва за умови, якщо  $l/b < 1,74$ , інакше треба використовувати модель довгого шва.

# МОДЕЛЮВАННЯ ТАВРОВОГО ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ ШТУЦЕРА МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Савченко М. О., учень, Сумський центр професійно-технічної освіти;  
Жигилій Д. О., доцент, СумДУ

Штуцер у вигляді труби зовнішнім діаметром  $D = 150$  мм приварений зварним тавровим з'єднанням до вертикальної стінки. Довжина труби складає  $a = 300$  мм. Труба навантажена осьовою силою  $P = 10$  кН і обертовим моментом  $T = 5$  кН·м. Визначено величину катета, за умови, що допустимі дотичні напруження в зварному шві  $[\tau'] = 60$  МПа.

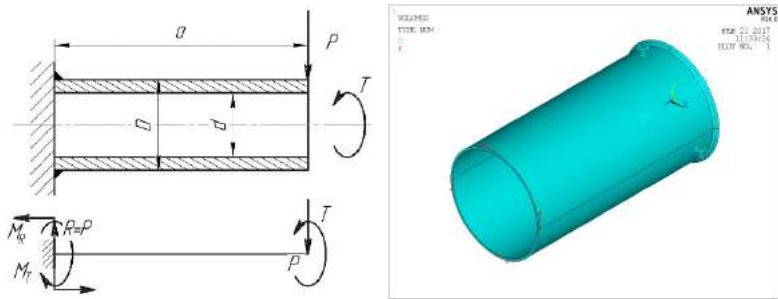


Рисунок – Розрахункова схема зварного штуцера

Сумарне напруження в зварному шві виникає від згинального моменту  $M_R = P \cdot a$ , що створюється силою  $P$ , та від крутного моменту  $M_T = T$ , що створюється парою сил  $T$ . Напруження діють у взаємно перпендикулярних площинах, тобто  $\tau_m = Pa/W \approx 4Pa/[\pi(0,7k)D^2]$  – максимальне дотичне напруження, створюване  $M_R$  та  $\tau_T = T/W_p \approx 2T/[\pi(0,7k)D^2]$  – максимальне дотичне напруження, створюване  $M_T$ . Сумарне дотичне напруження в зварному шві складається геометрично і повинно задовольняти умові міцності:  $[\tau'] \geq \sqrt{\tau_m^2 + \tau_T^2}$ . Тут прийнято, що катет шва малий в порівнянні з  $D$  і напруження розподілені рівномірно по кільцевій площадці діаметром  $D$ .

$$\text{Розв'язуючи, отримано } k \geq \frac{2}{0,7[\tau']\pi D^2} \sqrt{(T)^2 + (2Pa)^2} \approx 5,26 \text{ мм.}$$

Чисельно конструкцію змодельовано методом скінченних елементів (МСЕ), що реалізовано в програмному комплексі ANSYS. Задача розв'язана в тривимірній постановці. Показано, що загальні максимальні еквівалентні за III теорією міцності напруження дещо вищі за величину  $(\sigma_{\text{СКВ}}^{\text{III}} = 131 \text{ МПа})$  за прийняті в аналітичному розрахунку, а також що подані максимальні дотичні напруження на площадках руйнування швів, зазначених в аналітичному розрахунку, майже збігаються ( $\tau = 55,0 \text{ МПа}$ ).



## МОДЕЛЮВАННЯ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ З КУТОВИМИ ЛОБОВИМИ ШВАМИ КРОНШТЕЙНА МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

*Терещенко В. Ю., учень, Сумський центр професійно-технічної освіти;  
Жигилій Д. О., доцент, СумДУ*

Кронштейн приварений до стінки двома лобовими кутовими швами. На кронштейн діють сили  $P$  і  $P_1$ . Визначено необхідну величину катета зварного шва. Допустимі дотичні напруження в зварному шві  $[\tau] = 60$  МПа. Лінійні розміри становлять  $a = 300$  мм;  $l = 50$  мм.

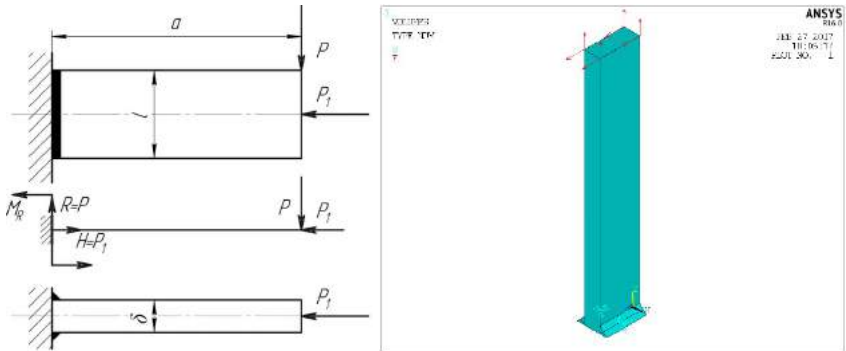


Рисунок – Розрахункова схема зварного кронштейна

Сумарне дотичне напруження в зварному шві складається геометрично  $\tau = \sqrt{(\tau_m + \tau_{P_1})^2 + \tau_P^2}$ , де  $\tau_m = M/W = Pa / [(2 \cdot 0,7 \cdot k) \cdot l^2 / 6]$  – напруження від згинального моменту (паралельного переносу сили  $P$ ),  $\tau_{P_1} = P_1 / (2 \cdot (0,7 \cdot k) \cdot l)$  – напруження від сили  $P_1$ ,  $\tau_P = P / (2 \cdot (0,7 \cdot k) \cdot l)$  – напруження від сили  $P$ ,  $k$  – шуканий катет шва.

Катет шва визначиться з умови його міцності:

$$\tau = \sqrt{(\tau_m + \tau_{P_1})^2 + \tau_P^2} \leq [\tau'] \quad k = \sqrt{\left(\frac{6Pa}{l} + P_1\right)^2 + P^2} / (2 \cdot 0,7 \cdot l \cdot [\tau']) \approx 8,77 \text{ мм.}$$

В роботі розраховано інженерним підходом та змодельовано методом скінчених елементів в тривимірній постановці в програмному комплексі ANSYS роботу кронштейна зі зварними з'єднаннями з кутувими лобовими швами. Показано, що загальні максимальні еквівалентні за III теорією міцності напруження дещо вищі за величиною ( $\sigma_{\text{екв}}^{\text{III}} = 210$  МПа) за прийняті в аналітичному розрахунку, а також що подані максимальні дотичні напруження на площадках руйнування швів, зазначених в аналітичному розрахунку, майже збігаються ( $\tau = 60,8$  МПа).

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА МНОГОПРОЛЕТНОЙ ШАРНИРНО-КОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ

*Иземенко В. В., ученик, Центр внешкольного образования, г. Лебедин;  
Смирнов В. А., директор, НТТУМ, СумГУ, г. Сумы*

Рассматривалась трехпролётная, шарнирно-консольная балка, относящаяся к плоской системе произвольно расположенных сил. Балка статически определимая. Шарниры в теле балки позволяют создавать дополнительные линейно независимые уравнения статики. С целью облегчения расчетов строилась, так называемая, поэтажная схема с учетом правила построения: вначале основная балка, затем подвесные и передаточные. Определялись значения опорных реакций для заданных типов балок, выполнялась проверка решения.

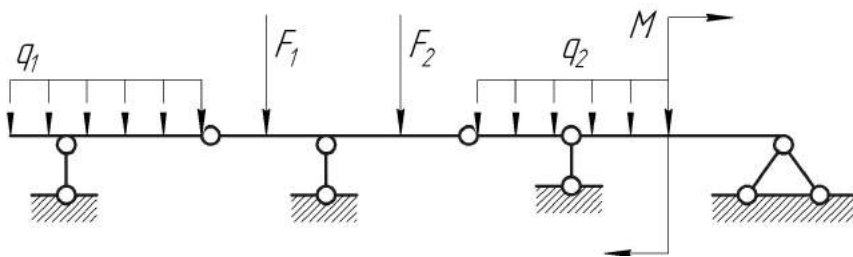


Рисунок – Расчётная схема балки

Переходя к построению эпюр внутренних силовых факторов, поперечной силы  $Q_y$  и изгибающего момента  $M_x$ , устанавливалось правило знаков. Выбирался способ их построения. Определялись значения поперечных сил и изгибающих моментов. Затем строились графики внутренних силовых факторов. При их построении учитывались положения разрывов второго рода (устраняемых разрывов) на эпюре  $Q_y$  в точке приложения  $F_1$  и  $F_2$ , а  $M_x$  – в  $M$ , а также дифференциальные зависимости  $q = \frac{dQ_y}{dz}$  и  $Q = \frac{dM_x}{dz}$ , раскрывающие геометрический смысл первой производной.

Производилась проверка решения для всей многопролетной балки. Анализируя значения величин пролетных и опорных моментов показана возможность добиться равенства  $M_{оп} = M_{пр}$ , что представляется весьма рациональным для подбора поперечного сечения балки исходя из условия

прочности при деформации поперечного изгиба:  $\frac{M_x}{W_x} \leq [\sigma]$  и  $\frac{Q_y \cdot S_x^{отбр}}{I_x \cdot b} \leq [\tau]$ .

## ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В ПЛОСКИХ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМАХ

*Филатов В. В., ученик, школа № 6; Смирнов В. А., директор, НТТУМ, СумГУ*

Рассматривались 3 задачи, относящиеся к плоской системе произвольно расположенных сил. Изучались особенности работы стойки и ригеля рам под действием внешних силовых факторов с предполагаемым характером и видом деформации. Вначале определялись опорные реакции с учётом принципа освобожденности от связей и принципа независимости действия сил. Проверка выполнялась как алгебраическая сумма моментов всех сил относительно любой точки ригеля или стойки. Далее вычислялись значения поперечных сил, изгибающих моментов, продольных усилий относительно характерных точек на участках рам.

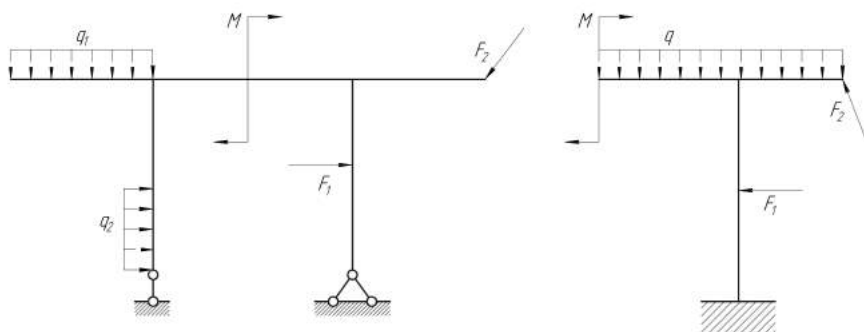


Рисунок – Расчётные схемы рам

Предварительно выбирался порядок расчёта, начиная со свободной части консоли. Внешняя сила  $F$  раскладывалась на ортогональные оси  $X$ ,  $Y$  с получением значений проекций  $F_x$  и  $F_y$ . При построении эпюр поперечных сил учитывались скачки от  $F$  и опорных реакций  $V$  и  $H$ . На эпюре изгибающих моментов скачки от действия сосредоточенного момента  $M$ .

Проводилась статическая проверка узлов рамы на действие всех внутренних силовых факторов  $Q$ ,  $M$  и  $N$ . В результате алгебраического сложения проекций на ортогональные оси  $X$ ,  $Y$  и алгебраических моментов всех сил относительно центра тяжести узла рамы получался нуль.

Далее рассматривались условие прочности по нормальным и касательным напряжениям при деформации поперечного изгиба:

$\frac{M_x}{W_x} \leq [\sigma]$  и  $\frac{Q_y \cdot S_x^{\text{отбр}}}{I_x \cdot b} \leq [\tau]$ . Определялось опасное сечение, выполняя сочетания всех неблагоприятных силовых факторов  $Q$ ,  $M$  и  $N$  с возможным рассмотрением типов задач исходя из условия прочности.

# СОПОСТАВЛЕНИЕ ВЕЛИЧИН НОРМАЛЬНЫХ И КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ПОЛОЖЕНИИ ПЛОЩАДОК В БРУСЕ, НАХОДЯЩЕМСЯ ПОД ДЕФОРМАЦИЕЙ ОСЕВОГО РАСТЯЖЕНИЯ И СЖАТИЯ

Шокун Я. О., ученица,

Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье;

Петренко И. В., ученица, Центр внешкольного образования, г. Лебедин;

Смирнов В. А., директор, НТТУМ, СумГУ, г. Сумы

Изучались виды деформации: простые и сложные, понятие сечений: «брутто» и «нетто». Рассматривались 4 задачи для многоступенчатых брусьев, находящихся под действием внешних сил  $F$ , приложенных в центре тяжести поперечного сечения элемента.

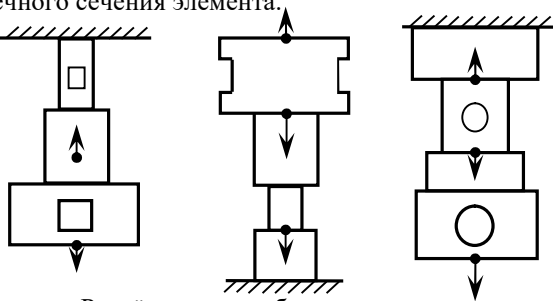


Рисунок – Расчётная схема брусьев при растяжении и сжатии

Используя универсальный метод сечений определялись значения внутренней силы  $N$  – статического эквивалента внутренних силовых факторов. На основании полученных значений строилась эпюра продольных усилий. Особое внимание уделялось скачкам от действия внешних усилий  $F$ .

Рассматривалась физическая задача, т.е. построение эпюры нормальных напряжений  $\sigma$ . Значения напряжений определялись для площадок, перпендикулярных продольной оси многоступенчатого бруса. Находилась опасное сечение.

Строя эпюру абсолютных деформаций  $\Delta l$ , рассматривалась геометрическая задача. Использовалась формула  $\Delta l = N \cdot l / (E \cdot A)$ . Вычислялись суммарное перемещение. Изучалось значение жёсткости при деформации осевого растяжения и сжатия при постоянном значении внутреннего силового фактора  $N$ .

Определялись значения величин нормальных и касательных напряжений по площадкам, находящимся под различным углом к линии действия внешних силовых факторов по формулам  $\sigma_\alpha = \sigma \cdot \cos^2 \alpha$  и  $\tau_\alpha = \sigma \cdot \sin 2\alpha / 2$ . По полученным значениям  $\sigma_\alpha$  и  $\tau_\alpha$  строились графики в ортогональных проекциях  $X, Y$  в зависимости от угла наклона площадок.

## СОПОСТАВЛЕНИЕ ВЕЛИЧИН ГЛАВНЫХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ И ГЛАВНЫХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ДЛЯ ПЛОСКИХ НЕСИММЕТРИЧНЫХ СТЕРЖНЕЙ

*Пинчук С. М., ученица, Центр внешкольного образования, г. Лебедин;  
Николаенко Д. Р., ученик,  
Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье;  
Смирнов В. А., директор, НТТУМ, СумГУ, г. Сумы*

Рассматривались 4 задачи с разнообразными ослаблениями. Определялись центры тяжести сечений. Фигуры предварительно разбивались на простые. Обозначался центр тяжести и через него проводились центральные оси X и Y. Находились площади сечений простых фигур и проводились вспомогательные оси по крайним нижним и левым граням сечения. Центр тяжести сложных несимметричных сечений вычислялся по формулам  $x_c = \sum A_i \cdot x_i / \sum A_i$  и  $y_c = \sum A_i \cdot y_i / \sum A_i$ .

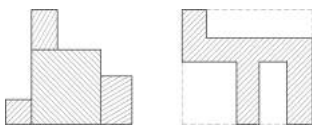


Рисунок – Геометрия сложных фигур сечений

Через найденный центр тяжести проводились главные центральные оси  $x_c$  и  $y_c$ . Соединяя центры тяжести простых фигур получены ядра сечений. Изучались особенности приложения внешних силовых факторов в ядре, на границе и за границей ядра сечения.

Далее вычислялись значения осевых моментов инерции для простых фигур  $I_{x_1}, I_{x_2}, \dots$  и  $I_{y_1}, I_{y_2}, \dots$  относительно центральных осей. Используя формулу для определения главных центральных моментов инерции  $I_{x_c} = I_{x_1} + a_1^2 A_1 + I_{x_2} + a_2^2 A_2 + \dots$  и  $I_{y_c} = I_{y_1} + b_1^2 A_1 + I_{y_2} + b_2^2 A_2 + \dots$ , вычислялись их величины.

Для определения величин главных моментов  $I_v$  и  $I_u$  определялся тангенс двойного угла  $\text{tg}(2\alpha) = 2 \cdot I_{xy} / (I_y - I_x)$ , предварительно вычисляя центробежный момент инерции  $I_{xy}$ . Следует заметить, что значения  $I_v$  и  $I_u$  имеют предельные (экстремальные) величины, т.е. один наибольший, а другой наименьший. Их значения определялись по формуле

$$I_{\min}^{\max} = (I_x + I_y) / 2 \pm \sqrt{((I_x - I_y) / 2)^2 + I_{xy}^2}.$$

Рассматривалось построение круга

Мора с целью графического определения геометрических характеристик.

## ПОДБОР ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, СОСТАВЛЕННЫХ ИЗ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ

*Киктенко Д. Е., ученик, школа № 6, г. Сумы;*

*Сергеев В. С., ученик, Центр внешкольного образования, г. Лебедин;*

*Смирнов В. А., директор, НТТУМ, СумГУ, г. Сумы*

Поперечное сечение изгибаемых элементов подбиралось исходя из условия прочности по нормальным напряжениям  $M_{\max}/W \leq [\sigma]$ . Предварительно рассматривались типы задач: проверка несущей способности, нахождение допустимой нагрузки и проектировочный расчет по определению площади поперечного сечения изгибаемого элемента. Для нахождения  $M_{\max}$ , рассматривались различные схемы балок: однопролётные, однопролётные двух и одноконсольные, консольные.

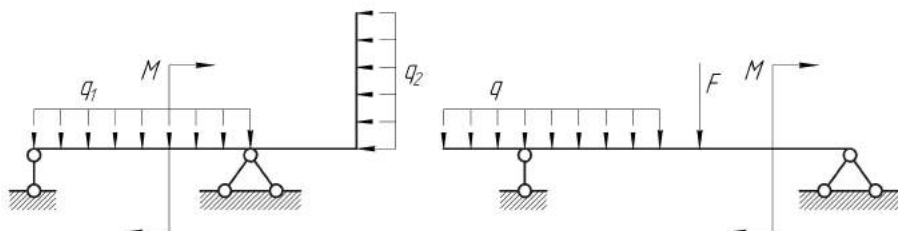


Рисунок – Расчётные схемы балок

Все балки статически определимые. Степень статической неопределимости находилась по формуле  $L=C_{\text{оп}}-3$ . Далее строились эпюры поперечных сил и изгибающих моментов способом характерных точек. Находились опасные сечения, сопоставляя большие значения  $Q$  и  $M$ . С учётом величины допускаемого напряжения  $[\sigma]$  вычислялся геометрический фактор прочности  $W$ . Сечения выбирались прямоугольными, квадратными, круглыми, а также из прокатных профилей: двутавра, двух швеллеров, коробчатое из двух швеллеров. Строились эпюры нормальных и касательных напряжений по формулам  $\sigma = M_{\max}/W$  и  $\tau = Q_{\max} \cdot S_x^{\text{отпр}} / (I_x \cdot b)$ . Изучался характер работы изгибаемых элементов с учётом значений внутренних силовых факторов. Расчёт по подбору поперечного сечения исходя из условия жесткости  $f_{\max} \leq [f]$  не проводился.

Рассматривалась библиографическая справка о трудах Дмитрия Ивановича Журавского (1821-1891), в частности о его формуле по определению касательных напряжений. До него рассматривались формулы только для чистого изгиба без учёта деформации сдвига. Также были рассмотрены конструктивные особенности расчёта ферм с параллельными поясами.

Наукове видання

# **Сучасні технології у промисловому виробництві**

Матеріали  
науково-технічної конференції викладачів,  
співробітників, аспірантів і студентів  
факультету технічних систем  
та енергоефективних технологій

(Суми, 18–21 квітня 2017 року)

## **ЧАСТИНА 1**

Конференція присвячена Дню науки в Україні

Відповідальний за випуск В. Г. Євтухов  
Комп'ютерне верстання В. Г. Євтухова

Стиль та орфографія авторів збережені.

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 10,67. Обл.-вид. арк. 14,53. Тираж 25 пр. Зам. № .

Видавець і виготовлювач  
Сумський державний університет,  
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Сучасні технології  
у промисловому виробництві**

**М А Т Е Р І А Л И**

*науково-технічної конференції викладачів,  
співробітників, аспірантів і студентів  
факультету технічних систем  
та енергоефективних технологій  
(Суми, 18–21 квітня 2017 року)*

**ЧАСТИНА 1**

*Конференція присвячена Дню науки в Україні*

Суми  
Сумський державний університет  
2017