

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

МАТЕРІАЛИ
та програма

ІХ Всеукраїнської
науково-технічної конференції
(м. Суми, 19–22 квітня 2022 р.)

Суми
Сумський державний університет
2022

УДК 001.891(063)
С91

Редакційна колегія:

відповідальний редактор – канд. техн. наук, професор
О. Г. Гусак; заступник відповідального редактора – д-р техн.
наук, професор І. В. Павленко.

Члени редакційної колегії:

д-р техн. наук, професор В. І. Склабінський; д-р техн. наук,
проф. В. О. Іванов; д-р техн. наук, професор В. О. Залога;
д-р техн. наук, професор К. О. Дядюра; д-р техн. наук, професор
Л. Д. Пляцук; канд. техн. наук, доцент О. П. Гапонова;
канд. техн. наук, професор І. О. Ковальов; канд. техн. наук,
професор І. Б. Карінцев; канд. техн. наук, доцент
А. В. Загорулько; канд. техн. наук, доцент С. М. Ванєєв;
канд. техн. наук, доцент С. Б. Большаніна.

Технічні секретарі:

канд. техн. наук, ст. викл. Х. В. Берладір; асп. В. С. Чубур.

Сучасні технології у промисловому виробництві :
матеріали та програма ІХ Всеукраїнської науково-технічної
конференції (м. Суми, 19–22 квітня 2022 р.) / редкол.:
О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний
університет, 2022. – 245 с.

УДК 001.891(063)

До матеріалів конференції увійшли тези доповідей
конференції, в яких наведені результати наукових досліджень
представників закладів вищої освіти України та країн
Європейського Союзу. Збірка тез доповідей буде корисною для
науковців, викладачів, аспірантів і студентів, а також інженерів
усіх галузей виробництва.

© Сумський державний університет, 2022

Шановні пані та панове!

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій Сумського державного університету запрошує Вас взяти участь у роботі ІХ Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні технології у промисловому виробництві (СТПВ-2022)».

Секції конференції:

1. Оброблення матеріалів у машинобудуванні.
2. Технології машинобудування.
3. Стандартизація та управління якістю у промисловому виробництві.
4. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство.
5. Динаміка і міцність, комп'ютерна механіка.
6. Екологія і охорона навколишнього середовища.
7. Хімічні технології та інженерія.
8. Хімічні науки.
9. Гідравлічні машини і гідропневмоагрегати. Прикладна гідоаеромеханіка.
10. Енергетичне машинобудування.
11. Енергозбереження енергоємних виробництв. Технічна теплофізика.

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

Телефон для довідок: +38 (0542) 33-10-24 – деканат факультету технічних систем та енергоефективних технологій.

ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ

СЕКЦІЯ «ОБРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ»

Голова – зав. каф. ТМВІ, професор В. О. Іванов
Секретар – інженер, Д. В. Требухов

1. Перспективи застосування затискних механізмів з високим передатним відношенням при проектуванні автоматизованих верстатних пристроїв.
Доповідачі: Клок Я. В., студент, гр. ТМм-81
Авраменко С. Є., аспірант
Керівник: Дегтярьов І.М., ст. викладач., каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми
2. Вдосконалення штифтових конічних з'єднань деталей насосного обладнання.
Доповідач: Кононович В. М., аспірант, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми
3. Підвищення швидкості холостого руху токарного верстату.
Доповідач: Потомаха Д. Ю., студент, гр ВІ-81
Керівники: Довгополов А. Ю., старший викладач каф. ТМВІ
Некрасов С. С., доцент каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми
4. Підвищення ефективності свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій на прикладі оброблення деталей типу кришки підшипника із застосуванням автоматизованих верстатних пристроїв.
Доповідач: Тверезовський І. С., студент, гр. ТМм-11
Керівник: Дегтярьов І.М., ст. викладач, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ»

Голова – зав. каф. ТМВІ, професор В. О. Іванов

Секретар – інженер, Д. В. Требухов

1. Contribution to the design of turbine rotor of mixed flow turbine used in a turbocharger.

Доповідачі: Chelabi M.A., the integrity office chief in the technical direction of the FERTIAL SPA company, Algeria
Basova Y., Associate Professor, Department of Mechanical Engineering Technology and Metal-Cutting Machines, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv
Dobrotvorskiy S., Full Professor, Department of Mechanical Engineering Technology and Metal-Cutting Machines, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv
Kononenko S., Research Assistant, Department of Turbine construction, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv

2. Агрегатні головки для оброблення плоских поверхонь, що є взаємно перпендикулярними.

Доповідач: Остапенко Б. А., аспірант, гр.А-15/МТ
Керівники: Кушніров П. В., доцент каф. ТМВІ
Ступін Б. А., доцент каф. ТМВІ

3. Використання імерсивних технологій у промисловості.

Доповідач: Соколов О. С., лаборант, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

4. Вплив структури маршруту обробки поверхонь вилівка на зміну параметрів кривої Аббота-Файрстоуна.

Доповідачі: Зінько А. В., студент, гр. МП-12
Фариник Н. В., студент, гр. МП-42
Керівник: Кусий Я. М., доцент, каф. РІТМ, НУЛП, м. Львів

5. Розроблення процесу складання лазерного гравірувального верстата.

Доповідачі: Амелін М. М., студент
Малимоненко Д. Г., студент
Керівники: Іванов В. О., професор, завідувач каф. ТМВІ;
Залого В. О., професор, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

6. Оптимальний вибір силових елементів захоплювальних пристроїв.

Доповідач: Андрусишин В. К., аспірант, каф. ТМВІ
Керівники: Іванов В. О., професор, завідувач каф. ТМВІ;
Павленко І. В., професор, каф. КМ
ім. В. Марцинковського, СумДУ, м. Суми
Лушинський С., д-р наук, доцент, Технологічний
університет м. Кельце, Польща

7. Розроблення цифрової моделі та процесу складання модульного токарного верстата.

Доповідачі: Беседін М. Є., студент, СумДУ, м. Суми
Поповська М., студентка
Керівники: Іванов В. О., професор, зав. каф. ТМВІ; СумДУ,
м. Суми
Трояновська Ю., д-р наук, доцент, Познанський
технологічний університет, Польща

8. Оцінка ефективності колаборативних складальних ділянок та особливості їх проектування.

Доповідачі: Дудар А. В., студент
Ілюхін М. І., студент
Андрусишин В. К., аспірант, каф. ТМВІ
Керівник: Іванов В. О., професор, завідувач кафедри ТМВІ;
Сумський державний університет, м. Суми

9. Автоматизація процесу вибору оптимальної схеми базування.

Доповідач: Колос В. О., аспірант, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми
Керівники: Іванов В. О., професор, завідувач кафедри ТМВІ,
Павленко І. В., професор, каф. КМ
ім. В. Марцинковського; Сумський державний
університет, м. Суми
Ботко Ф., д-р наук, доцент;
Гатала М., д-р техн. наук, проф.,
Технічний університет м. Кошице, Словаччина;
Антош К., д-р техн. наук, проф.,
Жешувський технологічний університет, Польща;
Трояновська Ю., д-р наук, доцент,
Познанський технологічний університет, Польща

10. Розрахунок роботи зношування лез – складова мехатроніки обробки різанням.

Доповідач: Мошна А. С., магістрант, гр. ТМ.м-11
Керівник: Швець С. В., доцент каф. ТМВІ

11. Оптимізація конструкції системи затиску термопластавтомата.

Доповідач: Проданчук О. О. аспірант, Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів.

12. Алгоритм топологічної оптимізації виробу з використанням системи ANSYS Workbench.

Доповідачі: Макаренко Д. Ю., студент, гр. ТМ-81,
Дмитренко Н. Р., аспірантка, гр. А-15/МТ
Керівник: Євтухов А. В., доцент каф. ТМВІ

13. Складання оптимального маршруту оброблення торцевих поверхонь вала з використанням методики розмірного аналізу технологічних процесів.

Доповідачі: Юсупов Д. А., студент, гр. ТМ.м-11,
Одінцов Д. Р. студент, гр. ТМ-81
Керівник: Євтухов А. В., доцент каф. ТМВІ

14. Топологічна оптимізація шайби-прихвата з використанням системи ANSYS WORKBENCH.

Доповідачі: Макаренко Д. Ю., студент, гр. ТМ-81,
Колесник Д. В., студент, гр. ТМ.мз-02с,
Керівник: Євтухов А. В., доцент каф. ТМВІ

15. Аналіз методу регулювання осьових зазорів в підшипниках роторів відцентрових насосів вертикального компонування.

Доповідач: Качанова М. В., аспірант, каф. ТМВІ

16. Автоматизація вибору силових агрегатів при синтезі компоновок портативних верстатів.

Доповідач: Бредіха О.М., магістрант, кафедра технології машинобудування та металорізальних верстатів, ННІ МІТ, НТУ "ХПІ", м. Харків
Керівники: Яковенко І.Є., професор, кафедра технології машинобудування та металорізальних верстатів, ННІ МІТ, НТУ "ХПІ", м. Харків
Басова Є.В., доцент, кафедра технології машинобудування та металорізальних верстатів, ННІ МІТ, НТУ "ХПІ", м. Харків

17. Influence of tribological factors on tool wear during machining of titanium alloys.

Доповідач: She Xianning, Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv

Керівник: Vadym Stupnytskyy, Professor, Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv

СЕКЦІЯ «СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ»

Голова – доцент, О. В. Івченко
Секретар – інженер, Д. В. Требухов

1. Дослідження застосування статистичних методів у виробничих процесах.

Доповідач: Лепешкіна Н. В., аспірант,

Керівник: Денисенко Ю. О., ст. викладач, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

2. Інформаційна технологія опрацювання сигналу миттєвої швидкості обертання колінчастого валу.

Доповідач: Захаренков Д. Ю., аспірант

Керівники: Єнікєєв О. Ф., док. техн. наук, доцент,
каф. ІСПР ДДМА, м. Краматорськ,
Євсюкова Ф. М., доцент,
Рузметов А. Р., канд. техн. наук, доцент,
каф. ТММВ НТУ «ХПІ», м. Харків

3. Застосування технології блокчейн щодо медичних виробів, які імплантують.

Доповідач: Чернобровченко В. С., аспірант

Керівник: Дядюра К. О., професор, каф. ТМВІ, СумДУ

4. Дослідження вимог до випробувань рукавів з'єднувальних залізничного рухомого складу.

Доповідачі: Кулик В. С., аспірант

Жуков М. О., студент, група СТ.мз-02с

Керівники: Івченко О. В. к. т. н., доцент;

Денисенко Ю. В., к. т. н., ст., викладач, СумДУ, м. Суми

5. Дослідження методів випробування на розтягування.

Доповідачі: Кулик В. С., аспірант
Жуков М. О., студент, група СТ.мз-02с
Керівники: Івченко О. В. к. т. н., доцент;
Денисенко Ю. В., к. т. н., ст., викладач, СумДУ,
м. Суми

6. Аналіз нормативних документів, що регулюють вимоги до методів випробувань на розтягнення для різних матеріалів.

Доповідачі: Денисов Р. В., аспірант
Жуков М. О., студент, група СТ.мз-02с
Керівники: Івченко О. В. к. т. н., доцент;
Денисенко Ю. В., к. т. н., ст., викладач, СумДУ,
м. Суми

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ І МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

Голова – О. П. Гапонова, зав. каф. ПМ і ТКМ, д-р техн. наук, доцент.
Секретар – Х. В. Берладір, канд. техн. наук, ст. викл.

1. Особливості проектування полімерних композиційних матеріалів із прогнозованими властивостями.

Доповідач: Вареник С. В., аспірант кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ
Керівник: Берладір Х. В., ст. викладач кафедри ПМ і ТКМ

2. Дослідження причин руйнування композитних матеріалів за аналізом видів та наслідків відмов.

Доповідач: Швецов Д. В., студент гр. МТ-81/1
Кравець В. В., студентка гр. МТ.м-11
Керівник: Берладір Х. В., ст. викладач кафедри ПМ і ТКМ

3. Технологічні аспекти отримання композицій з використанням нанотрубок.

Доповідач: Марченко К. С., фахівець, ТеСЕТ, СумДУ, Суми
Керівник: Марченко С. В., доцент, ТеСЕТ, СумДУ, Суми

4. Повітряно-імпульсний метод формування у ливарному виробництві.
Доповідач: Рябуха Я., студент
Керівники: Гальченко І. Г., завідувач циклової комісії
Павленко В. В., завідувач відділення,
ВСП «Машинобудівний фаховий коледж СумДУ»,
м. Суми
Берладір Х. В., ст. викл., СумДУ, м. Суми
5. Вибір матеріалу та зміцнюючої термічної обробки апарату направляючого насоса типу ВНС.
Доповідач: Бурлака А. Ю., студент гр. МТ-81/1
Керівник: Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ
6. Покращення властивостей ріжучого твердосплавного інструменту шляхом синтезу оксидно-нітридних комплексних покриттів.
Доповідач: Варакін В. О., аспірант
Керівник: Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ
7. Технологія відновлення бурового інструменту.
Доповідач: Тягно С. В., студент гр. МТ-81
Керівник: Гапонова О. П., доцент, СумДУ, м. Суми
8. Аналіз моделей тертя в зоні обробці матеріалів ріжучим інструментом із багатощаровим покриттям.
Доповідач: Білоус Д. О., аспірант
Керівник: Гончаров О. А., доктор ф.-м. наук, професор,
каф. ПМ і МСС, СумДУ
9. Моделювання процесу формування багатощарового наплавлення адитивним методом.
Доповідач: Пахненко Д. В., магістрантка, гр. МТ.м-11
Керівники: Білоус О. А., доцент кафедри МА і МО
Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ
10. Моделювання технологічних процесів обробки тиском.
Доповідачі: Хижняк С. М., студент гр. МТ-81/1
Іщенко С. М., студент гр. МТ-81-1
Керівник: Дегула А. І. доцент кафедри ПМ і ТКМ СумДУ,
Суми

11. Вибір матеріалу і термічної обробки вимірювального інструменту «скоба-калібр».

Доповідач: Хвостенко Р. О., студент гр. МТ-81

Керівник: Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ

12. Термічна обробка втулки ГЦН-195М.

Доповідачі: Негреба Н. Ю., студент гр. МТ-81

Чумаков Д. С., аспірант

Керівник: Харченко Н. А., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ

13. Технологія термічної обробки деталі «колесо робоче» насосу.

Доповідач: Голуб Н. Р. студентка гр. МТ-81, СумДУ, м. Суми

Керівник: Гапонова О. П., доцент, СумДУ, м. Суми

14. Вплив кількості активатора на структуру та властивості хромоалітованого сплаву ВТ6.

Доповідачі: Береза М. В., студентка гр. ФМ-81-2,

КПП ім. Ігоря Сікорського

Циганков М. М., студент гр. ФТ-11мн,

КПП ім. Ігоря Сікорського

Голіков М. А., студент гр.ФМ-11 мп,

КПП ім. Ігоря Сікорського

Керівники: Лоскутова Т. В., професор кафедри ФМТО,

КПП ім. Ігоря Сікорського,

Погрєбова І. С., професор кафедри ТЕХВ,

КПП ім. Ігоря Сікорського

15. Вплив температур термічної обробки і випробувань на властивості мартенситних нержавіючих сталей.

Доповідач: Лупирь О. В., аспірант

Керівник: Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ

16. Застосування матеріалознавчих методів дослідження в інженерії.

Доповідач: Колос В.О., аспірант, факультет Технічних систем та енергоефективних технологій, Сумський державний університет, Суми

СЕКЦІЯ «ДИНАМІКА І МІЦНІСТЬ, КОМП'ЮТЕРНА МЕХАНІКА»

Голова – А. В. Загорулько, зав. каф. КМ ім. В. Марцинковського,
канд. техн. наук, доцент.

Секретар – С. О. Міщенко, зав. навч. лаб. каф. КМ ім. В. Марцинковського.

1. Розроблення моделі універсального експериментального стенда для дослідження динаміки роторних систем.

Доповідачі: Вербовий А. Є., аспірант, СумДУ, м. Суми, Україна
Бурим М. С., студент, СумДУ, м. Суми, Україна

Керівники: Павленко І. В., проф., СумДУ, м. Суми, Україна
Івченко О. В., доц., СумДУ, м. Суми, Україна
Іванов В. О., проф., СумДУ, м. Суми, Україна
Неамцу К., доцент, Технічний університет,
м. Клуж-Напока, Румунія.

2. Дослідження надійності елементів шумотеплоізоляційного кожуха газоперекачувальної установки.

Доповідачі: Дем'яненко М. М., інж. I категорії, НАЕК
«Енергоатом», м. Київ, Україна; Західночеський
університет, м. Пльзень, Чехія
Вольф М., аспірант, Західночеський університет,
м. Пльзень, Чехія

Керівник: Яковчук В. В., студент, СумДУ, м. Суми, Україна
Павленко І. В., професор, СумДУ, м. Суми, Україна

3. Застосування комп'ютерних засобів для дослідження впливу жорсткісних характеристик підшипникових опор на вібраційний стан роторних машин.

Доповідач: Осипенко Д. В., студент, СумДУ, м. Суми

Керівник: Павленко І. В., професор, СумДУ, м. Суми

4. Конструювання фланцевого з'єднання з приварною шийкою в стик.

Доповідач: Спічаков О. І., студент

Керівник: Жигилій Д. О., доцент

5. Прогнозування пружних властивостей хаотично армованих сферичними вклученнями композиційних матеріалів.

Доповідач: Пономаренко А. Д., студент

Керівник: Жигилій Д. О., доцент

6. Зварні зубчасті колеса.

Доповідач: Бондаренко Д. С., студент

Керівник: Стрелец В. В., доцент

7. Конструкції ручних лебідок.

Доповідач: Щербаков В. І., студент
Керівник: Стрелец В. В., доцент

8. Спосіб оцінки утомної міцності зварних конструкцій зубчастих коліс.

Доповідач: Бондаренко Д. С., студент
Керівник: Стрелец В. В., доцент

9. Про новий технологічний процес механічної обробки подушки гідроп'яти насоса ЦНСг 13-70.

Доповідач: Малюта М. Ю., студент
Керівник: Стрелец В. В., доцент

10. Перспективи використання наноструктур для зміцнення поверхні зубців зубчастих коліс.

Доповідач: Чубур С. О., студент
Керівник: Стрелец В. В., доцент

11. Порівняння методів навчання: показового і проблемного при визначенні положення центра ваги складової фігури.

Доповідач: Усенко Максим, учень 10 класу, ЦПО, школа № 6,
м. Лебедин
Керівник: Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ

12. Реабілітація пацієнтів з судинними захворюваннями, частина II.

Доповідач: Литвиненко Олександр, Калашник Сергій, студенти
Стовбур О.А., завідувач відділення судинної хірургії,
Тетренко В.Ю., гол. лікар, лікарня №6, м. Суми.
Керівник: Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ

13. Методичні особливості знаходження ВСФ при обробці вала, деформації кручення та поперечного згину.

Доповідач: Тимофеев Андрій, учень 11 класу, школа № 2,
м. Білопілья
Керівник: Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ

14. Порівняння значень абсолютних подовжень східчатого бруса при деформації осьового розтягнення і стискання та практичне застосування ГХМ.

Доповідач: Рожков Максиміліан, учень 10 класу, школа № 1,
м. Суми
Керівник: Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ

15. Вибір порядку навантаження верхнього поясу ферми.

Доповідач: Подоляк Артем, студент I курсу, СумДУ
Керівник: Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ

16. Визначення положень центра ваги бойових стійок та практичне застосування їх.

Доповідач: Міщенко Денис, учень 9 класу, ЦПО, школа № 5, м. Лебедин
Керівник: Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ

17. Доцільне розташування окремих елементів кронштейна з метою зменшення ВСФ.

Доповідач: Мозговий Вадим, учень 9 класу, школа № 2, м. Білопілья
Керівник: Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ

18. Застосування аксонометричних проекцій при вивченні видів деформації.

Доповідач: Долева Аня, учениця 10 класу, ЦПО, школа № 5, м. Лебедин
Керівник: Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ

19. Варіанти методик викладення закону Гука за допомогою наступних аналізаторів: очного, слухового, температурного.

Доповідач: Лагуткіна Марія, учениця 9 класу, школа № 2, м. Білопілья
Керівник: Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ

20. Практичне застосування найдених ВСФ у елементах ферми при конструктивних розрахунку опорного вузла.

Доповідач: Левченко Володимир, учень 10 класу, ЦПО, школа № 6, м. Лебедин
Керівник: Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ

21. Раціональний вибір часткових методів навчання на підставі аналізу типів темпераментів.

Доповідач: Кулик Дарія, учениця 11 класу, школа № 2, м. Білопілья
Керівник: Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ

22. Поліпшення характеристик дроселюючих ущільнень використанням гідроудару.

Доповідач: Філатов В.В. студент групи КМ-81
Керівник: Калініченко П.М. доцент

23. Задання положення і руху «рідкої» частинки.
Доповідач: Філатов В.В. студент групи КМ-81
Керівник: Калініченко П.М. доцент
24. Розрахунково-експериментальне підтвердження вдосконалених методів розрахунку динамічних характеристик роторів відцентрових машин на основі застосування ймовірного підходу.
Доповідач: Гончарова А.В., аспірантка
25. Моделювання динамічних процесів у роторних машинах за допомогою системи комп'ютерного моделювання matlab.
Доповідач: Тарасенко Д.Р., студентка. гр. КМ-81
Керівник: Савченко Є. М., доцент
26. Використання системи комп'ютерного моделювання MATLAB для обробки і аналізу діагностичної інформації.
Доповідач: Лучка Р.І., студент гр. КМ-81
Керівник: Савченко Є. М., доцент
27. Аналіз несучої здатності гідростатодинамічних ущільнень-опор беззвального насоса.
Доповідач: Таран І.В., студент групи КМ.м-11
Керівник: Загорулько А.В., доцент
28. Розрахунковий аналіз статичної стійкості ущільнення з плаваючим кільцем, що деформується.
Доповідач: Борсук С.А., студент групи КМ-81
Керівник: Загорулько А.В., доцент
29. Дослідження динамічних характеристик упорного підшипника ковзання.
Доповідач: Ванжула А.Ю., студент, група КМ-81
Керівник: Загорулько А.В., доцент
30. Валідація комп'ютерної моделі радіального сальникового ущільнення шляхом проведення фізичного експерименту.
Доповідач: Сапожников Я.І., аспірант СумДУ
Керівник: Загорулько А.В., доцент

СЕКЦІЯ «ЕКОЛОГІЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

Голова – Л. Д. Пляцук, зав. каф. ЕПТ, д-р техн. наук, професор.
Секретар – аспірант Головатий А. Ю.

1. Проблеми функціонування заказників у складі природно-заповідного фонду України та критерії оцінки їх стану.

Доповідачі: Кузьміна Т. М., доцент;
Ляшенко А. О., студентка, СумДУ, м. Суми;
Бабко Р. В., старший науковий співробітник,
Інститут зоології НАНУ, м. Київ.

2. Методологія оцінки ризику в нафтовидобувній діяльності.

Доповідач: Аблеєва І. Ю., старший викладач, СумДУ, м. Суми.

3. Технології гнучкої біоенергетики у транспортному секторі.

Доповідачі: Аблеєва І. Ю., старший викладач;
Боруха О. Р., Бартош Е. Ю., студентки, СумДУ,
м. Суми.

4. Розробка моделі синтезу обґрунтованого вибору природоохоронного обладнання.

Доповідачі: Козій І. С., доцент;
Жиленко Т. І., доцент, СумДУ, м. Суми.

5. Моніторинг забруднення снігового покриву в районі розташування ТОВ «Керамейя».

Доповідачі: Гурець Л.Л., професор;
Зайцева К.О., студентка, СумДУ, м. Суми.

6. Дослідження стану прилеглих до Сумської ТЕЦ територій.

Доповідачі: Вихрова А. Ю., студентка;
Гурець Л.Л., професор, СумДУ, м. Суми.

7. Тропічні ночі у місті Суми як екологічний наслідок глобального потепління.

Доповідачі: Корнус А. О., доцент, СумДУ, м. Суми;
Клок С. В., старший науковий співробітник,
УГМІ, м. Київ.

8. Waste recycling for bio-based polymer products production.

Доповідачі: Chernysh Y. Y., Associate Professor;
Plyatsuk L. D., Professor, Sumy State University, Sumy,
Ukraine;
Shen X.-J., Leader of research team, Key Laboratory of
Yarn Materials Forming and Composite Processing
Technology of Zhejiang Province, Jiaxing University,
Jiaxing, China.

9. Математично-статистичне дослідження впливу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від транспорту на захворюваність населення.

Доповідачі: Рой І. О., старший викладач;
Безкровна А. В., Захарова В. А., студенти, СумДУ,
м. Суми.

10. Нейтралізація забрудненої нафтопродуктами поверхні бурового майданчика.

Доповідачі: Карпенко Д. В., студент;
Фалько В. В., старший викладач, СумДУ, м. Суми.

11. «Зелена інфраструктура» як складова сталого міста.

Доповідачі: Яцук С. В., студент;
Батальцев Є. В., асистент;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми.

12. Електроліз у біопроцесах анаеробного зброджування.

Доповідачі: Чубур В. С., аспірантка, СумДУ, м. Суми.

13. Особливості системи кондиціонування і вентиляції для фітнес-центру.

Доповідачі: Бурла О. А., асистент;
Русланова Д. В., студентка, СумДУ, м. Суми.

14. Застосування біоплато з вільною водною поверхнею для очищення побутових стічних вод.

Доповідачі: Горох І. І., студент;
Васькіна І. В., старший викладач;
Васькін Р. А., доцент, СумДУ, м. Суми.

15. Перспектива виготовлення сконзимів із органічних відходів.

Доповідачі: Джафарова В. Р., аспірантка;
Васькіна І. В., старший викладач, СумДУ, м. Суми.

16. Аналіз екологічної безпеки при утилізації об'єктів, що містять радіоелектронні складові.
Доповідачі: Шалда О. С., студент;
Яхненко О. М., старший викладач, СумДУ, м. Суми.
17. Харчові добавки як фактор впливу на здоров'я людини.
Доповідачі: Алесковський А. О., студент;
Трунова І. О., доцент, СумДУ, м. Суми.
18. Екологічні загрози внаслідок воєнних дій в Україні в 2022 році.
Доповідач: Єрьоменко А. О., студентка, СумДУ, м. Суми.
19. Екологічні аспекти відновлення інфраструктури, зруйнованої внаслідок збройної агресії та ведення бойових дій.
Доповідач: Лазненко Д. О., доцент, СумДУ, м. Суми.
20. Небезпека та користь використання генно модифіковані товари.
Доповідачі: Левенець К. Р., студент;
Трунова І. О., доцент, СумДУ, м. Суми.
21. Методи очистки відхідних газів від азотних сполук на виробництві.
Доповідачі: Бурик М. П., студентка;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми.
22. Утилізація відпрацьованих газів від вуглекислого газу.
Доповідачі: Мосійчук Р. А., студент;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми.
23. Водний слід виробництва та його екологічне значення.
Доповідачі: Черниш Є. Ю., доцент;
Науменко Л. С., студентка, СумДУ, м. Суми.
24. Негативний вплив хімічної зброї на довкілля.
Доповідачі: Веселовський Я. С., студент;
Трунова І. О., доцент, СумДУ, м. Суми.
25. Руйнування озонового шару.
Доповідачі: Вихрова А. Ю., студентка;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми.
26. Проблеми екологічного будівництва селітебних зон у містах.
Доповідачі: Кузьоменська К. В., аспірантка;
Аблеєва І. Ю., старший викладач, СумДУ, м. Суми.

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ»

Голова – В. Я. Стороженко, проф. каф. ХІ, канд. техн. наук, професор.
Секретар – Ю. О. Юрченко, аспірант каф. ХІ.

1. Випаровувачі ректифікаційних установок.

Доповідач: Лебедь К.В., магістрант, гр. ХМм-01.
Керівник: Склабінський В. І., зав. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

2. Деякі методи боротьби з газовими гідратами.

Доповідач: Гаврилюк С. М., магістрант, гр. ХМм-01.
Керівник: Склабінський В. І., зав. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

3. Вплив гідродинаміки внутрішніх течій у корзині вібраційного гранулятора на струмені плаву.

Доповідачі: Юрченко О.Ю., асп.;
Скиданенко М.С., к.т.н., докторант.
Керівники: Гусак О.Г., к.т.н., проф.;
Склабінський В.І., д.т.н., проф., СумДУ, м. Суми.

4. Експериментальні дослідження процесів утворення гранул каталізатора Al_2O_3 за золь-гельною технологією з нанесенням піровуглецевого покриття в електротермічному псевдозрідженому шарі.

Доповідачі: Ляпощенко О.О., д.т.н., професор;
Павленко І.В., д.т.н., професор;
Скиданенко М.С., к.т.н., докторант;
Юхименко М.П., к.т.н., доцент;
Острога Р.О., к.т.н.;
Старинський О.Є., аспірант;
Ярошенко Д.О., студент;
Мандрика О.О., студент;
Москальчук О.М., студент, СумДУ, м. Суми,
Україна;
Сімейко К.В., д.т.н., ст. наук. співробітник,
Інститут газу НАН України, м. Київ, Україна.
Керівник: Склабінський В.І., д.т.н., проф., гол. наук.
співробітник, СумДУ, м. Суми.

5. Особливості гранулювання карбаміду з висококонцентрованою плаву.

Доповідач: Єсипчук С. С., студент, гр. ХМ.м-11.
Керівник: Острога Р. О., старший викладач, каф. ХІ, СумДУ,
м. Суми.

6. Дослідження режимно-технологічних параметрів гранулювання карбаміду в тарілчастому грануляторі.

Доповідачі: Сергієнко А. Р., студент, гр. ХМ-91.

Керівник: Острога Р. О., старший викладач, каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

7. До визначення оптимальної кількості корпусів багатокорпусної випарної установки.

Доповідачі: Бондар О. В., студент, ХМ-91;

Заїкін О. І., студент, ХМ-91.

Керівник: Михайловський Я. Е., доцент, кафедра хімічної інженерії; СумДУ, м. Суми, Україна.

8. Принцип роботи охолоджувача пересиченого розчину кристалізаційної установки для виробництва персульфату амонію.

Доповідачі: Гринько Д. К., студент; ХМ-81;

Криводуб Д. Г., студент, ХМм-11;

Довгаль О. В., студент, ХМ-91;

Карпенко А. С., студент, ХМ-91.

Керівник: Михайловський Я. Е., доцент, кафедра хімічної інженерії; СумДУ, м. Суми, Україна.

9. Методика оптимізаційних моделювань процесів розділення багатофазних систем у сепараційному обладнанні.

Доповідачі: Ляпощенко О.О., д.т.н., професор;

Старинський О.С., аспірант;

Сейф Хуссейн, аспірант.

Керівник: Склабінський В.І., д.т.н., проф., гол. наук. співробітник, СумДУ, м. Суми.

10. Сушіння термолабільних вологих матеріалів у сушарках зваженого та віброрідженого шару.

Доповідачі: П'ятигор І.М., студ., гр. ХМ-81;

Гонтар В.В., студ., гр. ХМ-81.

Керівник: Юхименко М.П., к.т.н., доцент, СумДУ, м. Суми.

11. Оптимізація з енергозбереження конвективного охолоджувача гранульованого суперфосфату.

Доповідачі: Наталуха А.Р., студ., гр. ХМ-71;

Звягін І.О., студ., гр. ХМ-71

Керівник: Юхименко М.П., к.т.н., доцент, СумДУ, м. Суми.

12. Газорідний реактор з відцентрово-ежекційним пристроєм для процесів сульфування.

Доповідачі: Смирнов В.А., зав. навч. лаб. ОЦ ТеСЕТ;
Гребенік А.Є., група ХМ-81/2-хо.
Керівник: Стороженко В.Я., проф. СумДУ, м. Суми.

13. Аналіз впливу конструктивних особливостей пазух однолопатевого робочого колеса на параметри насоса.

Доповідачі: Шах А.Д, студент
Керівники: Яхненко С.М., доцент,
Скиданенко М.С., старший викладач СумДУ, Суми.

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ НАУКИ»

Голова – С. Б. Большаніна, зав. каф. ТПХ, канд. техн. наук, доцент.
Секретар – О. Д. Мавланова, фахівець каф. ТПХ.

1. Кінетика іонізації в колоїдних системах, що містять наночастинки срібла.

Доповідачі: Радченко О.І., студент; СумДУ, гр. МБ-01/3пх
Ольховик А.В., студент; СумДУ, гр. І-11/2пх
Керівники: Большаніна С.Б., к.тех.н., завідувач кафедри ТПХ,
Яновська Г.О., к.х.н., доц.

2. Застосування фотометричного методу у визначенні фосфатів в мінеральних добривах.

Доповідач: Гоменюк В.В студент, ПХ-91/1, СумДУ
Керівник: Большаніна С.Б., к.т.н., завідувач кафедри ТПХ

3. Дослідження капсульованих органо-мінеральних NPK-добрив фізико-хімічними методами аналізу.

Доповідач: Ярова Т.Ю., студентка гр. ПХ-91/1
Керівники: Коваленко Т.І., лаборант каф. ТПХ,
Яновська Г.О., к.х.н., доц. каф. ТПХ

4. Ідентифікація і кількісне визначення глутамінової кислоти у фармацевтичних препаратах.

Доповідачі: Дерев'яно Т.В. студент групи МЦ.м-103
Рибалка В.О., студент групи МЦ.м-103
Керівник: Воробйова І.Г., к.тех.н., доц. ТПХ

5. Рефрактометричне визначення глюкози в лікарських препаратах.

Доповідач: Кулемза С.О. студент групи ПХ-91

6. Визначення кислотності кави методом потенціометричного титрування.

Доповідач: Звоник К.В., студ. гр. ПХ-91/1

Керівник: Пшеничний Р.М. к.х.н., доц. кафедри ТПХ

7. Вміст фенольних сполук в чаї.

Доповідач: Підпригора К.О., студентка гр. ПХ-91, СумДУ

Керівник: Пономарьова Л.М., к.х.н., доцент кафедри ТПХ

8. Методика проведення лабораторних занять з неорганічної хімії в умовах навчання за дистанційною формою.

Доповідач: Вініченко А. І. студ.гр.МБ-01/ПХ

Керівник: Ліцман Ю. В., доцент кафедри ТПХ

СЕКЦІЇ «ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ І ГІДРОПНЕВМОАГРЕГАТИ. ПРИКЛАДНА ГІДРОАЕРОМЕХАНІКА»

Голова – М. І. Сотник, зав. каф. ПГМ, д-р. техн. наук, доцент.

Секретар – В. Ю. Кондусь, старший викладач кафедри ПГМ.

1. Розроблення енергоефективних вільновихрових насосів для забруднених рідин.

Доповідачі: Пузік Р.В., аспірант

Бражнік Б.А., студент

Керівники: Кондусь В. Ю., ст. викл. каф. ПГМ

Павленко І. В., проф., СумДУ, м. Суми

2. Насос мембранний.

Доповідач: Хоменко Т. А., студент, каф. ПГМ СумДУ, Суми

Керівник: Панченко В. О., к.т.н., доцент каф. ПГМ СумДУ

3. Вплив форми та відстані лопатевого диску на напірні та енергетичні характеристики контрроторного ступеня.

Доповідач: Куліков О. А., аспірант, гр. А-05/МБ

Керівник: Ратушний О. В., к.т.н., доц., каф. ПГМ СумДУ,
м. Суми.

4. Стабілізація потоку рідини.

Доповідач: Чайка В. П., студент, гр. ГМ-81, СумДУ, Суми
Керівник: Панченко В. О., старший викладач, каф. ПГМ, СумДУ, Суми

5. Перспективи впровадження високонапірних змінних ступенів відцентрових насосів.

Доповідач: Шевченко А.І., студентка каф. ПГМ СумДУ, Суми
Керівник: Кондусь В. Ю., к.т.н. ст. викладач каф. ПГМ СумДУ

6. Дослідження структури потоку в підвідному пристрою консольного відцентрового насосу.

Доповідачі: Ворожка А. С., аспірант каф. ПГМ СумДУ, Суми
Тягно О. В., аспірант каф. ПГМ СумДУ, Суми
Керівник: Папченко А. А., к.т.н, доцент каф. ПГМ СумДУ, Суми

7. Influence of ribs on volute-casing walls on centrifugal pump efficiency.

Доповідачі: A. Chernobrova, Ph.D. student, Faculty of Mechanical and Power Engineering, Wroclaw University of Science and Technology, Wroclaw, Poland
Prz. Szulc, Ph.D., Faculty of Mechanical and Power Engineering, Wroclaw University of Science and Technology, Wroclaw, Poland
M. Sotnyk, D. Sc, Faculty of Technical System and Energy Efficiency Technology, Sumy State University, Ukraine
O. Moloshnyi, Ph.D.

8. Підвищення рівня енергоефективності ДНЗ №15 шляхом комплексної термомодернізації.

Доповідач: Чередник М. В., студент СумДУ, Суми
Керівник: Хованський С.О., доцент СумДУ, Суми

9. Експериментальні випробування робочих коліс насосу UN SYNERFLOW.

Доповідач: Тягно О.В., аспірант каф. ПГМ СумДУ, Суми
Керівник: Овчаренко М.С., к.т.н. каф. ПГМ СумДУ, Суми

10. Шляхи підвищення енергоефективності насосних агрегатів.

Доповідач: Сохань А. О., аспірант каф. ПГМ СумДУ, Суми
Керівник: Сотник М. І., д.т.н., доцент, каф. ПГМ СумДУ, Суми

11. Покращення динамічних характеристик гідроакумулятору.

Доповідач: Сисенко В.В., аспірант каф. ПГМ СумДУ, Суми
Керівник: Ігнат'єв О.С., к.т.н., доцент, каф. ПГМ СумДУ,
Суми

12. Вплив положення ротора насоса на величину осьового зусилля.

Доповідач: Маківський О. С., аспірант каф. ПГМ СумДУ, Суми
Керівник: Лугова С. О., к.т.н., асистент каф. ПГМ СумДУ,
Суми

13. Можливості застосування вітрових електростанцій при їх розташуванні у місцевостях територіальних громад Сумського регіону.

Доповідач: Кулак Дар'я, студентка каф. ПГМ СумДУ, Суми
Керівник: Сотник М.І., д.т.н., доцент каф. ПГМ СумДУ, Суми

14. «Спектр» розподілу швидкості вітру та розрахунок коефіцієнта завантаження потужності вітрогенераторів і прогнозних обсягів генерації електроенергії.

Доповідачі: Оніщенко А., студент
Єгоров Є., учень 11 ФМ класу КУ ССШ № 10
м. Суми
Керівник: Сотник М.І., д.т.н., доцент каф. ПГМ СумДУ, Суми

15. Формування вихідних даних щодо розрахунку енергетичних показників вітрової електростанції при розміщенні її на визначених територіях.

Доповідач: Піддубний Богдан, студент
Керівник: Сотник М.І., д.т.н., доцент каф. ПГМ СумДУ, Суми

16. Огляд мастильних матеріалів для змащування поверхонь підшипників.

Доповідач: Сухоставець Д.І., аспірантка каф. ПГМ СумДУ
Керівник: Сотник М.І., д.т.н., доцент каф. ПГМ СумДУ, Суми

17. Аналіз потоку в зворотному напрямному апараті напівлопатевого відповідного пристрою.

Доповідач: Петренко С. С., аспірант каф. ПГМ СумДУ
Керівник: Панченко В. О., к.т.н., доцент каф. ПГМ СумДУ,
Суми

18. Об'єднання потенціалу підприємств сфери гідроаеромеханіки з метою підвищення промислового потенціалу міста Суми і Сумської області.

Доповідач: Кондусь В. Ю., к.т.н. ст. викладач каф. ПГМ СумДУ

19. Підвищення технологічного рівня відцентрового насоса шляхом використання робочих коліс, виконаних методом 3Д прототипування.

Доповідач: Безсмертний О. С., аспірант каф. ПГМ СумДУ

Керівник: Ратушний О. В., к.т.н., доцент каф. ПГМ СумДУ,
Суми

20. Розробка багатофункціонального агрегату гомогенізатора для приготування карбамідо-аміачних сумішей.

Доповідач: Полковинченко В.В., студент гр. ГМ-81/1,
каф. ПГМ, СумДУ, Суми

Керівники: Лобуренко М.В., м.н.с каф. ПГМ СумДУ, Суми
Овчаренко М.С., к.т.н. каф. ПГМ СумДУ, Суми
Папченко А.А., к.т.н, доц. каф. ПГМ СумДУ, Суми
Ковалев С.Ф., к.т.н каф. ПГМ СумДУ, Суми

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГЕТИЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»

Голова – С. М. Ванєєв, зав. каф. ТТФ, канд. техн. наук, доцент.

Секретар – А. С. Манжаров, аспірант.

1. Дослідження і розробка вихрового компресора для блоку виробництва сірки.

Доповідач: Ніколаєнко Д. Р., студент групи ХК-81, СумДУ

Керівник: Ванєєв С. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри
технічної теплофізики

2. Порівняльний аналіз існуючих конструкцій струйно-реактивних турбін.

Доповідачі: Мірошніченко О. І., аспірантка СумДУ

Родимченко Т. С., аспірантка СумДУ

Мірошніченко Д. В. науковий співробітник, ТОВ
«НВП «АРМА-Т», м. Суми

Керівник: Ванєєв С. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри
технічної теплофізики

3. Степінь нерозрахунковості тягового сопла струминно-реактивної турбіни та її вплив на колівий ккд.

Доповідачі: Родимченко Т. С., аспірантка СумДУ

Мірошніченко О. І., аспірантка СумДУ

Керівник: Ванєєв С. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри
технічної теплофізики

4. Розрахунки двоступеневого вихрового компресора.

Доповідач: Стеценко С. С., магістр гр. К.м-11, м. Суми
Керівник: Ванєєв С. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри
технічної теплофізики

**СЕКЦІЯ «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОСМНИХ ВИРОБНИЦТВ.
ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА»**

Голова – С. М. Ванєєв, зав. каф. ТТФ, канд. техн. наук, доцент.

Секретар – А. С. Манжаров, аспірант.

1. Перспективи використання теплових насосів типу «повітря-вода» для опалення та гарячого водопостачання.

Доповідач: Барна С. М., студент група ХКдн-84др
Керівники: Баран В. В., викладач Дрогобицький коледж нафти і газу
Мелейчук С. С., доцент, СумДУ, м. Суми

2. Дослідження впливу схемного рішення низькотемпературної ПКХМ середньої холодопродуктивності на енергоефективність циклу.

Доповідач: Пилипенко Д. А. студент гр. ХК-81, СумДУ, м. Суми
Керівник: Козін В. М., к.т.н, доцент, старший викладач кафедри технічної теплофізики

3. Підвищення ефективності холодильних машин шляхом вибору оптимального типу компресора.

Доповідач: Чертков Р. С., магістрант, гр. К.м-11, СумДУ, м. Суми
Керівник: Шарапов С. О., к.т.н, доцент, старший викладач кафедри технічної теплофізики

4. Експериментальне дослідження як метод якісного навчання сучасного інженера.

Доповідач: Червяченко М. К. студентка гр. ХК-81, СумДУ
Керівник: Козін В. М., ст. викладач кафедри технічної теплофізики

5. Перспективи застосування турбогенераторів на основі вихрових розширювальних машин при відновленні інфраструктури України.

Доповідач: Смоленко Д. В., аспірант, СумДУ, м. Суми
Керівник: Ванєєв С. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри технічної

**СЕКЦІЯ «ОБРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ
У МАШИНОБУДУВАННІ»**

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАТИСКНИХ МЕХАНІЗМІВ З ВИСОКИМ ПЕРЕДАТНИМ ВІДНОШЕННЯМ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

*Клок Я. В., студент, гр. ТМм-81, Авраменко С. Є., аспірант
каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми*

Як відомо верстатні пристрої можуть бути поділені на затискні, установлювальні та установлювально-затискні, що виконують одразу базування та закріплення [1]. Проте досить часто виробництва потребують універсальних затискних пристроїв, що можуть бути адаптовані до деталей різної конфігурації [2]. При цьому вони мають бути мобільними, а також мати здатність розвивати великі зусилля для закріплення, а також мати мінімальні розміри та масу, щоб не займати корисний простір на робочому столі верстата та не заважати доступу різальних інструментів до оброблюваних поверхонь.

Існуючі класичні механізовані затискні пристрої пневматичної або гідравлічної дії дещо морально застаріли, адже потребують підводу окремих систем до корпусу пристрою, що громіздко і знижує надійність. Застосування класичних гвинтових затискачів знижує продуктивність і виключає можливості автоматизації і роботизації.

Перспективним рішенням є застосування у якості приводу крокових високомоментних двигунів, так званих сервоприводів. Їх застосування виключає необхідність підводу пневматичного або гідравлічного середовища. Керування таким пристроєм може бути здійснене за рахунок з'єднання пристрою із системою керування верстата. Таким чином необхідно лише підвести електричні дроти живлення та керування сервоприводом.

Проте компактні сервоприводи хоча і мають високі показники крутних моментів для закріплення деталей на чорнових операціях цього як правило недостатньо.

Тому у якості передатного механізму, що підвищує силу закріплення на вихідному елементі затискного механізму пропонується використання набуваючої перспектив у різних галузях циклоїдальної передачі.

Список літератури:

1. 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.
2. Пермяков А. А. К вопросу об унификации установочно-зажимных приспособлений агрегатированного оборудования / А. А. Пермяков, И. Э. Яковенко // Вісник НТУ "ХПІ" : – Харків : НТУ "ХПІ", 2016. – № 33 (1205). – С. 38–42.

Робота виконана під керівництвом к.т.н., старшого викладача Дегтярьова І.М.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ШТИФТОВИХ КОНІЧНИХ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ НАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ

Кононович В. М., аспірант, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

Насосне обладнання, як і багато інших механізмів в машинобудуванні, має рухомі механізми, частини яких необхідно з'єднувати якомога точніше. Це з'єднання можна здійснити за допомогою штифтів.

Штифтові з'єднання можна використовувати так, що не потребує розбирання, тобто як напрямний елемент, що забезпечує додаткову жорсткість конструкції від зсувних зусиль, якщо вони виникають між деталями. Але в більшості випадків штифтове з'єднання пропонує можливість періодичного розбирання та складання сполучених деталей для регулярного обслуговування.

При складанні кришок і корпусів відцентрових насосів для приведення їх базової поверхні у вихідне положення, що досягається в процесі первинного регулювання та складання, для повторного складання використовується конічне штифтове з'єднання (ШКЗ). Повторне складання необхідне для того, щоб можна було обслуговувати та замінювати підшипники ротора та виконувати інші завдання.

Переваги штифтових з'єднань: їх простота, технологічність і низька вартість. Недоліком деяких штифтових з'єднань є ослаблення поперечного перерізу валу отвором і пов'язана з цим концентрація напружень.

На даний момент не існує альтернативи конусу 1:50 для постійного точного монтажу при частих процесах складання та розбирання, таких як кришка та корпус відцентрового насоса. Конструкція (ШКЗ) зазвичай складається щонайменше з двох частин, взаємне положення яких фіксується конусним штифтом, тобто цей зв'язок на перший погляд цілком зрозумілий з точки зору конструктора. Адже штифт – це стандартна деталь, отвір під нею робиться стандартним інструментом – конусною розгорткою. Відповідно, конструктор, вважаючи, що всі вимоги для правильної роботи з'єднання будуть дотримані на рівні стандартів штирів і штирів, дуже мало уваги приділяє технічним вимогам (ШКЗ), що показує реальну практику виробництва (ШКЗ). Це неправильно. Ситуації часто виникають через відсутність необхідної інформації конструктором на робочо-складальних кресленнях деталей, що містять ШКЗ, а також через великий допуск діаметра штифтів, та кута відповідно до відповідних стандартів у виробництві виникає брак ШКЗ. Тому проблему недостатньої інформації про технічні та геометричні параметри ШКЗ необхідно вирішувати починаючи з аналізу області контакту в ШКЗ саме для штифтів з конусністю 1:50.

Всі ці завдання, та не вирішені питання і на далі потребують дослідження, яке проводиться із застосування сучасних методик роботи, та обладнання.

ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ХОЛОСТОГО РУХУ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ

*Потомаха Д. Ю., студент, гр ВІ-81,
Довгополов А. Ю., старший викладач,
Некрасов С.С., доцент, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми*

Одним із шляхів забезпечення конкурентоспроможності сучасного машинобудування є скорочення часу виготовлення готових деталей. Оскільки найбільша частина операцій механічної обробки припадає саме на обробку на токарних верстатах то авторами було запропоновано скоротити час обробки за рахунок саме холостих переміщень робочих органів токарного верстату з числовим програмним керуванням моделі HAAS TL-1.

Максимальна швидкість холостих рухів верстату HAAS TL-1 складає 6000 мм/с, що є низьким показником у порівнянні з сучасними моделями верстатів. Збільшення швидкості холостих рухів можна досягти за рахунок заміни електроприводу верстату, який би забезпечував більшу частоту обертання. Зазначений токарний верстат має стандартний асинхронний двигун для забезпечення переміщень вздовж повздовжньої та поперечних подач руху верстату, базова частота обертання якого складає 1500 об/хв при частоті 50 Гц. Якщо замінити цей двигун на двигун постійного струму, то стає можливим використовувати базову частоту обертання в діапазонах від 300 до 4000 об/хв. Також слід врахувати, що двигун постійного струму має обмеження потужності через зв'язок максимального крутного моменту з частотою його обертання.

Але не зважаючи на це, двигун постійного струму забезпечує більш тривалу роботу на низьких швидкостях, що забезпечує робочу подачу, яка, все ж таки займає більший час при обробці.

В свою чергу збільшення швидкості холостого руху пов'язане з більшими частотами обертання кульково-гвинтової пари, що в свою чергу впливає на ресурс самого ходового гвинта і на вальниці в яких обертається гвинт. Тому з урахуванням більших частот обертання було проведено розрахунок ресурсу як самої кульково-гвинтової передачі так і вальниць ходового гвинта.

Проведені розрахунки ресурсу рухомих вузлів, що забезпечують підвищення холостого руху токарного верстату показали, що така модернізація верстату можлива за умови підвищення вимог до технології виготовлення ходового гвинта та методів контролю його виготовлення на окремих етапах його виробництва. Ці вимоги стосуються в основному якості поверхні ходового гвинта та його термообробки або поверхневого зміцнення.

В результаті проведеної роботи можна збільшити швидкість холостого руху токарного верстату моделі HAAS TL-1 з 6000 м/сек до 20000 м/сек, що значно скоротить час обробки будь яких деталей на верстаті.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СВЕРДЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РОЗТОЧУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ НА ПРИКЛАДІ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ КРИШКИ ПІДШИПНИКА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

Тверезовський І. С., студент, гр. ТМм-11, СумДУ, м. Суми

Технологічний процес оброблення деталей типу кришка підшипника розглядався у [1]. Було встановлено, що оптимальною структурою з точки зору кількості переходів на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях є фрезерування та свердління. При цьому для максимальної продуктивності, саме у процесі зняття шару матеріалу із заготовки, варто використовувати прогресивні різальні інструменти передових світових виробників у даній галузі, а також багатоцільові верстати типу обробних центрів із високими показниками жорсткості та швидким переміщенням робочих органів.

Отже, якщо з точки зору механічного оброблення підвищити ефективність вже практично неможливо, тому варто зосередити увагу на зменшенні допоміжного часу на установлення та контроль.

Задачу зменшення часу на установлення можна вирішити шляхом застосування автоматизованих верстатних пристроїв, що здатні забезпечувати необхідну точність та мати можливість використовувати робото технічні комплекси. Так як точність оброблення на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях у деталях типу кришки підшипника не перевищує 12-го квалітету, то використання автоматизованих верстатних пристроїв більш виправдане. При цьому також варто передбачити можливість установлення заготовок подібних деталей іншого типорозміру у межах певної розмірної групи.

Таким чином на основі вищесказаного у роботі запропоновано переналаджувальний верстатний пристрій для установлення деталей типу кришки підшипника із розмірами у діапазонах:

- установлювальний діаметр кришки – 100...200 мм;
- висота базуючого буртика кришки – 8...30 мм.

Дане технічне рішення обладнане сервоприводами, що з'єднані з системою ЧПК верстата. У результаті час установлення у даному пристрої не перевищує 10 с, при чому 8 с з цього часу займає рух робота маніпулятора.

Список літератури:

1. Тверезовський І. С. Системно-структурне моделювання операцій свердлильно-фрезерно-розточувальної групи на прикладі оброблення деталей типу кришки підшипника. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції: тези доповідей. : Сумський державний університет, 2021. С. 45.

Робота виконана під керівництвом к.т.н., старшого викладача Дегтярьова І.М.

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ»

CONTRIBUTION TO THE DESIGN OF TURBINE ROTOR OF MIXED FLOW TURBINE USED IN A TURBOCHARGER

*Chelabi M.A., the integrity office chief in the technical direction of the
FERTIAL SPA company, Algeria*

*Basova Y., Associate Professor, Department of Mechanical Engineering
Technology and Metal-Cutting Machines, National Technical University "Kharkiv
Polytechnic Institute", Kharkiv*

*Dobrotvorskiy S., Full Professor, Department of Mechanical Engineering
Technology and Metal-Cutting Machines, National Technical University "Kharkiv
Polytechnic Institute", Kharkiv*

*Kononenko S., Research Assistant, Department of Turbine construction,
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv*

The supercharger system is widely used on automotive engines and high-performance industrial engines and vehicles. The design of mixed-flow turbine rotors today is largely based on numerical methods.

The effect of inlet mean diameter to exducer mean root diameter ratio on mixed inflow turbine performances is will be the objective of this study; some angles will be recalculated to keep the same blade profile to eliminate the camber line effect.

Due to the complexity and importance of the blade shape, and its impact on the turbine's efficiency. The Bezier polynomial of four degrees is used to determine the meridian plane and camber line profile. Since inter-blade flows are very complex, highly three-dimensional, and viscous with different types of secondary and vortex flows the CFX.15-CFD code will be used in all simulations to solve the averaged Navier Stocks equations. It is known that the rotor shape has great importance in the design process of mixed-flow turbines, through its impact on the turbocharger efficiency, but the space that it occupies has also great importance, due to the limited placement of its installation in engines' internal combustion. The effect of the inlet mean diameter to exducer mean root diameter ratio on mixed inflow turbine performances is under study in two cases; in the first case the inlet mean diameter was saved and at the same time; the exducer mean root diameter was varied. An iterative calculation was carried out to determine the value of the diameter ratio (1.4, 1.45, 1.5, 1.55, and 1.6), and to keep the same degree of the meridian plane. The outlet relative angle was recalculated to maintain the same camber line slope at the rotor exit to become the camber line shape unchanged and to eliminate her effect. In the second case, the exducer mean root diameter was kept constant, and; the inlet mean diameter was changed. A specific call was established to save the same values of the diameter ratio in the first case and to keep the similar point of the meridian plane. The inlet blade angle was recalculated, to maintain the same camber line slope at the inlet rotor to remain the camber line shape untouched and to exclude her effect.

It has been confirmed that there is an improvement in the machine's yield by increasing the ratio of diameters, but in a way that is different between the two cases.

АГРЕГАТНІ ГОЛОВКИ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ, ЩО Є ВЗАЄМНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНИМИ

*Остапенко Б. А., аспірант, гр.А-15/МТ, Кушніров П. В., доцент,
Ступін Б. А., доцент, каф. ТМВІ, СумДУ; м. Суми*

Торцеве фрезерування великогабаритних плоских поверхонь здійснюється у різний спосіб, наприклад, за допомогою спеціальних агрегатних фрезерних головок (АФГ). Відомі АФГ можуть містити або одну торцеву фрезу, або кілька фрез із траєкторіями ріжучих ножів, що перетинаються. Такий перетин траєкторій дозволяє здійснювати безперервне за шириною оброблення плоскої поверхні заготовки [1].

Однак існує багато різновидів заготовок з широкими плоскими поверхнями, що є взаємно перпендикулярними. Оброблення таких поверхонь пов'язане з певними труднощами, зокрема зі значними витратами основного або допоміжного часу. Це є наслідком необхідності зміни напрямку робочого відносного переміщення заготовки та АФГ на кут 90 градусів. При цьому при використанні АФГ, що містять дві фрези з траєкторіями ріжучих ножів, що перетинаються, втрачається ефект оброблення площини, безперервної за шириною. Це відбувається тому, що такі конструкції АФГ призначені для оброблення безперервної за шириною плоскої поверхні тільки в одному напрямку, але не перпендикулярному йому.

З метою подолання зазначеного недоліку було запропоновано удосконалити конструкції АФГ, за допомогою яких можна здійснювати оброблення взаємно перпендикулярних площин заготовок. Розроблені конструкції можуть містити чотири або три торцеві фрези. Зазначені АФГ відрізняються тим, що мають взаємно перпендикулярне розташування торцевих фрез замість розташування фрез на одній прямій, як у існуючих АФГ. При цьому кожна пара сусідніх фрез встановлена таким чином, щоб забезпечувався перетин відповідних траєкторій ріжучих ножів.

Таким чином, розроблені АФГ дозволяють проводити оброблення плоских взаємно перпендикулярних поверхонь із шириною фрезерування, що дорівнює подвоєному діаметру торцевої фрези за винятком невеликої величини перекриття траєкторій ножів. При цьому завдяки можливості переміщень АФГ у взаємно перпендикулярних напрямках відбувається економія допоміжного часу на оброблення, чим підвищується продуктивність торцевого фрезерування.

Список літератури:

1. Milling heads with intersecting cutter trajectories / P.V.Kushnirov, Yu.Ya.Tarasevich, A.A.Neshta // Russian Engineering Research.– September 2013, Volume 33, Issue 9, pp 528–531.

ВИКОРИСТАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОМИСЛОВОСТІ

*Соколов О. С., лаборант,
каф. ТМВІ, Сумський державний університет, м. Суми*

Швидкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій сприяє розширенню галузей використання технологій доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR). Крім традиційних сфер таких, як наука, навчальний процес, медицина, військова галузь, розваги, комп'ютерні ігри, дизайн, імерсивність поступово проникає в інші галузі сучасної економіки, причому згідно досліджень Deutsches Institut für Virtual Reality поступово змінюючи всі сфери людського життя, роблячи технологічні процеси, події доступними та інтуїтивно зрозумілими.

До переваг використання технологій доповненої та віртуальної реальності відносяться наочність, безпека, концентрація уваги, результативність, максимальне занурення.

В автомобільній галузі доповнену реальність використовують для побудови 3D моделей нових автомобілів, спрощення процесу ремонту та самообслуговування техніки. Такий сервіс вже сьогодні забезпечують всесвітньовідомі компанії BMW, Porsche, Hyundai. Перспективним напрямком є також використання можливостей доповненої реальності в навігаторах та картах сучасних автомобілів. VR технології полегшують процес тестування автомобілів, забезпечують високий рівень безпеки, скорочують час.

Застосування VR/AR технологій в промисловості сприяє підвищенню продуктивності виробництва та економії ресурсів. Перспективними напрямками використання є:

- процес розробки нових предметів та речей;
- зменшення числа технічних помилок при проектуванні виробів;
- зниження витрат на експлуатацію та ремонт за рахунок опрацювання виробничих і сервісних процесів;
- покращення якості виробів за рахунок кращої обробки, продуманої ергономіки та інших характеристик [1].

Технологія доповненої і віртуальної реальності знаходиться на передньому краї розвитку і прогресу. Ці дві в чомусь подібні, але зовсім різні технології впроваджують буквально в усі сфери людської діяльності. Згідно висловлювання Кена Блека видавництву Vrodo.de дані технології в майбутньому будуть «настільки ж само собою зрозумілими, як процес дихання».

Список літератури:

1. Мартинюк О. А., Корольов І. О. Тенденції розвитку VR, AR ТА MR-технологій у сучасному бізнесі // Економіка та суспільство. – 2020. – Випуск №22. – Режим доступу <https://economyandsociety.in.ua>

ВПЛИВ СТРУКТУРИ МАРШРУТУ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ВИЛИВКА НА ЗМІНУ ПАРАМЕТРІВ КРИВОЇ АББОТА-ФАЙРСТОУНА

*Кусий Я. М., доцент, каф. РІТМ; Зінько А. В., студент, гр. МП-12;
Фариник Н. В., студент, гр. МП-42, НУЛП, м. Львів*

Процес зношування спряжених поверхонь є характерним видом пошкоджень деталей у машинах. Тому розроблення та дослідження методів забезпечення зносостійкості є важливим завданням машинобудування [1, 2].

При ускладненні конструкцій механізмів і машин забезпечення експлуатаційних характеристик і показників надійності виробів поряд із вимогами до точності та якості функціональних поверхонь на сучасному етапі розвитку машинобудування реалізується впровадженням PLM – концепцій із проектуванням функціонально-орієнтованих технологій машинобудівного виробництва засобами паралельного інжинірингу із аналізом процесів і явищ на стадіях розроблення деталей і їхньої подальшої експлуатації в умовах реалізації основних положень Industry4.0 [1].

Труднощі математичного моделювання процесу зношування полягають у складності адекватної формалізації розроблених моделей фізичних процесів і необхідності здійснення експериментів для підтвердження адекватності отриманих залежностей [1].

Іншим підходом у дослідженні зносостійкості поверхонь є розрахунок параметрів кривої Аббота-Файрстоуна як домінантної топографічної характеристики мікрогеометрії поверхневого шару, що представляє собою інтегральну криву із характеристикою розподілу матеріалу по висоті шорсткого шару [2].

У роботі досліджено вплив структури маршруту обробки поверхонь заготовки на зміну відносної опорної довжини профіля по середній лінії tm .

Для експериментальних досліджень використано призматичний виливок у землю (165×155×20 мм) із з матеріалу АК21М2.5Н2.5 ДСТУ 2839-94. Механічну обробку здійснено кінцевими фрезами для чорнового та напівчистового фрезерування фірми «Sandvik» Ø 6–12 мм на вертикально-фрезерному центрі з ЧПК HAAS MINIMILL. Режими різання вибрано за рекомендаціями фірми «Sandvik». Під час експериментальних досліджень визначено основні характеристики шорсткості поверхні згідно ISO 4287 [1].

Для визначення параметрів шорсткості використано контрольний-вимірювальний комплекс вимірювання та опрацювання параметрів мікрорельєфу поверхонь деталей машин [1].

Результати розрахунку параметрів v , b для початкової частини кривої Аббота-Файрстоуна на підставі характеристик опрацьованих профілограм поверхні приведено в [1].

Зміну відносної опорної довжини профіля по середній лінії tm для чорнового та напівчистового фрезерування приведено на рис. 1. Граничні значення параметрів tm , отримані за результатами експериментальних

досліджень для різних методів механічного оброблення, отримано за рекомендаціями [2].

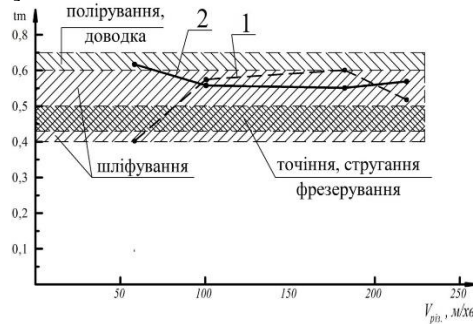


Рисунок 1 - Зміна відносної опорної довжини профіля по середній лінії tm від швидкості різання $V_{різ}$. при фрезеруванні: 1 – після чорнового оброблення; 2 – після напівчистового оброблення кінцевими фрезами фірми «Sandvik»

Під час реалізації маршруту оброблення заготовки деталі: чорнове фрезерування напівчистовими фрезами, напівчистове фрезерування чорновими фрезами і аналізі за зміною показників v , b на першому технологічному переході формується мікрорельєф поверхні, що описується параметрами кривої Аббота-Файрстоуна, характерних як для попередньої (фрезерування), так і для фінішної обробки (шліфування). На другому технологічному переході в основному (за винятком оброблення фрезами $\varnothing 10$ мм) формується мікрорельєф поверхні, характерний для фінішної та викінчувальної обробок [1].

При аналізі зміни показників кривої Аббота для двох почергових переходів механічної обробки при реалізації технологічного маршруту оброблення поверхонь виробу за критерієм tm (рис. 1) формування параметрів мікрорельєфу відповідає фінішній (шліфування) та викінчувальній (полірування, доводка) обробкам [1].

Тому дослідження впливу структури технологічних маршрутів обробки поверхонь заготовок деталей вимагає формування комплексних баз даних і їхнього інформаційного забезпечення для ефективного використання можливостей елементів технологічної системи під час механічного оброблення.

Список літератури

1. Кусий, Я. М. Науково-прикладні основи технологічного успадкування параметрів якості для забезпечення експлуатаційних характеристик виробів: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування Львів: НУЛП, 2021. – 432 с.

2. Демкин, Н. Б., Рыжов, Э. В. Качество поверхности и контакт деталей машин. М: Машиностроение, 1981. – 244 с.

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ЛАЗЕРНОГО ГРАВІРУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА

*Амелін М. М., студент, Малимоненко Д. Г., студент,
Іванов В. О., професор, завідувач каф. ТМВІ;
Залога В. О., професор, каф. ТМВІ
Сумський державний університет, Суми*

У роботі розроблено структурну схему лазерного гравірувального верстата, яка визначає три основні вузли: базовий, моторний та лазерний. Базовий вузол – це основа верстата, на якій монтують усі компоненти та вузли. Він призначений для просторового координування, розташування і кінематичного зв'язку з іншими компонентами верстата, а також для сприйняття силових факторів, що діють між ними під час роботи. Моторний вузол – це орган переміщення основної напрямної по осі Y. Лазерний вузол являє собою корпус із мікросхемою, призначений для реалізації основної роботи верстата та його переміщення по осі X.

Реалізація процесу складання починається з установа двох одинарних профілів на базову площину, де виконується складання верстата. Профілі виконано відповідно до вимог багатофункціональності, поверхні якого передбачають як установа функціональних елементів, так і переміщення рухомих елементів. Поверх них перпендикулярно розміщується два подвійних профілі, виконані з алюмінію розміром у перетині 20x40 мм. При цьому завдяки профільним втулкам здійснюється орієнтація та кріплення гвинтами кутників трапецеподібної форми до одинарного профілю. Складання моторного вузла починається з планки. Вал двигуна встановлюється через середній отвір планки з наступним загвинчуванням на ньому муфти. Далі встановлюється чотири гвинти для майбутньої установки колес із загвинчуванням на них гільз. Складання лазерного вузла починається з планки, яка базується по трьом отворам із подальшим з'єднанням цих планок гвинтами. У зазначені місця встановлюються гвинти із подальшим загвинчуванням на них гільз і колес із підшипниками. На планку, встановлюється кроковий двигун, фіксується гвинтами та установа муфта, яка фіксується через отвір на ній за допомогою шестигранного ключа. Після установа другої пари гільз на планку, встановлюється на гвинти друга планка із подальшою фіксацією їх гайками. Далі до планки кольору приєднується гвинтами опора для лазера. Потім приєднується для відведеного місця на опорі сам лазер, та фіксується гвинтами.

Наукові результати отримано в рамках виконання науково-дослідної роботи «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Сумського державного університету» (ДР № 0121U112684). Дослідження виконано за часткової підтримки Науково-навчального центру промислового інжинірингу (СумДУ).

ОПТИМАЛЬНИЙ ВИБІР СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Андрусин В. К., аспірант, каф. ТМВІ;

Іванов В. О., професор, завідувач каф. ТМВІ;

Павленко І. В., професор, каф. КМ ім. В. Марцинковського; СумДУ, м. Суми

Луцинські С., д-р наук, доцент,

Технологічний університет м. Кельце, Польща

Промислові роботи є важливою частиною стратегії Індустрія 4.0, оскільки її реалізація полягає у злитті автоматизованого виробництва та засобів обміну і обробки інформації в одну саморегульовану та гнучку систему. Індустрія 4.0 вимагає підвищення гнучкості та скорочення енергетичних витрат і витрат часу. Актуальною є задача оптимізації елементів автоматизованого виробництва, де промислові роботи є невід'ємною її частиною. Дана робота присвячена оптимальному вибору силових елементів захоплювальних пристроїв, оскільки їх правильний вибір впливає на ефективність та гнучкість ділянки.

У машинобудуванні використовують наступні силові елементи – пневматичні, гідравлічні, електричні, магнітні та вакуумні. Найбільш популярним рішенням є пневматичні приводи через їх універсальність (дозволяють затискати деталі різної ваги, розміру та форми). До недоліків відносять складність маніпулювання нежорстких деталей – наприклад, листів, та деталей із м'яких матеріалів. Гідравлічні приводи порівняно з пневматичними приводами мають значно більше співвідношення маси приводу до сили затискання. Їх застосування потребує використання гідравлічної станції, тому їх сфера використання – важкі деталі. Електричні приводи характеризуються гнучкістю, але вони більш контрольовані, що дозволяє маніпулювати крихкими та м'якими деталями. За рахунок простоти інтеграції розумних датчиків електричні приводи широко застосовуються в колаборативних системах. Недоліками є ціна та обмеження щодо максимальної ваги деталі. Магнітні та вакуумні приводи використовуються для листових деталей. Вони більш прості за конструкцією та надійні, але дозволяють взаємодіяти тільки з листовим матеріалом, а також вони є чутливими до виробничих умов.

Врахування вищеперахованих факторів при конструюванні захоплювальних пристроїв дозволяє обґрунтовано прийняти рішення щодо вибору затискного елемента з урахуванням конструкторсько-технологічних ознак об'єкта та виробничих умов.

Наукові результати отримано в рамках виконання НДР «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Сумського державного університету» (ДР № 0121U112684). Дослідження виконано за часткової підтримки Науково-навчального центру промислового інжинірингу (СумДУ).

РОЗРОБЛЕННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ ТА ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ МОДУЛЬНОГО ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА

Беседін М. Є., студент,;

Іванов В. О., професор, завідувач кафедри ТМВІ; СумДУ, м. Суми

Поповська М., студентка; Трояновська Ю., д-р наук, доцент,

Познанський технологічний університет, Польща

Сучасне світове верстатобудування визначається великою кількістю конструктивних компонувань. Аналіз компонувань металорізальних верстатів підтвердив, що верстати з однаковими конструктивними елементами можуть бути скомпоновані по-різному. Крім того, на стадії проектування необхідним є аналіз чинників, що впливають на якість. Модульні та переналаджувані верстати можуть бути ключовим рішенням до задоволення вимог сучасних ринків щодо швидкозмінюваних продуктів і виробничих специфікацій. Саме тому, на сьогоднішній день це питання є важливою проблемою машинобудівного виробництва.

У роботі запропоновано структурну схему та компонувальне конструктивне рішення для виготовлення модульного токарного верстата, що складається з семи основних модулів. На основі чого методами геометричного моделювання розроблено цифрову модель верстата, де враховано усі структурні елементи та взаємозв'язки між ними, що дозволило підвищити ефективність виробництва завдяки розширенню технологічних можливостей. Запропоновано концептуальний підхід до проектування технологічних процесів складання токарних верстатів із широким спектром технологічних можливостей, що дозволяє реалізацію стратегії “від ідеї до готового виробу” та може бути впроваджений на промислових підприємствах.

Практичне значення одержаних результатів для машинобудівної галузі полягає в розробленні практичних рекомендацій щодо розроблення технологічного процесу складання токарних верстатів. Основні результати роботи впроваджено у навчальний процес підготовки студентів за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр».

Подальші дослідження будуть зосереджені на чисельному моделюванні розробленого верстата (структурний аналіз, модальний аналіз, гармонічний аналіз), що дозволить підвищити ефективність використання верстата за рахунок зниження циклічності обслуговування верстата та підвищення гнучкості виробництва.

Наукові результати отримано в рамках виконання НДР «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Сумського державного університету» (ДР № 0121U112684). Дослідження виконано за часткової підтримки Науково-навчального центру промислового інжинірингу (СумДУ).

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛАБОРАТИВНИХ СКЛАДАЛЬНИХ ДІЛЯНОК ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ПРОЄКТУВАННЯ

*Дудар А. В., студент; Глюхін М. І., студент;
Андрусихин В. К., аспірант, каф. ТМВІ;
Іванов В. О., професор, завідувач кафедри ТМВІ;
Сумський державний університет, м. Суми*

Випуск машинобудівної продукції у сучасних виробничих умовах потребує врахування потреб споживача, а, отже, вимагає адаптації виробничих можливостей підприємств. Дані особливості виробництва неминуче призводять до ускладнення конструкції, що, у свою чергу, призводить до збільшення складальних вузлів та ускладнення технологічного процесу складання, що є новим викликом для підприємств. У більшості випадків, складальні операції виконуються вручну через складність або неможливість автоматизації процесу складання великої номенклатури виробів, що виникає через недостатню гнучкість систем автоматизації. Для вирішення зазначеної проблеми пропонується використовувати колаборативні системи, які поєднують переваги людини та засобів автоматизації. Враховуючи вищенаведене, дана робота присвячена огляду систем безпеки колаборативних виробничих ділянок, проєктуванню колаборативної складальної ділянки та оцінюванню її ефективності.

У роботі досліджено сучасний стан розвитку колаборативних систем у машинобудуванні, обґрунтовано доцільність впровадження колаборативної складальної ділянки для підвищення ефективності процесу складання в умовах багатомономенклатурного виробництва. Запропоновано новий підхід до проєктування структури складальної операції на прикладі процесу складання шатунно-поршневої групи з використанням промислових роботів, що дозволило обґрунтовано перерозподілити технологічні переходи між оператором і роботами. Запропоновано компоувальне рішення колаборативної складальної ділянки, що складається з колаборативного робота, дельта-робота, шарнірного-робота, робочого стола, пакувального стола, установки для нагрівання шатунів, двох конвеєрів, а також оператора, та дозволяє вдосконалити процес складання виробу в умовах багатомономенклатурного виробництва на 34% порівняно з ручним складанням. Запропоновано та розроблено нову конструкцію захоплювального пристрою для колаборативного робота, який дозволяє скоротити витрати часу, пов'язані з підготовкою виробництва, підвищити ступінь гнучкості та компенсувати похибки, пов'язані з технологічним процесом отримання заготовок.

Наукові результати отримано в рамках виконання науково-дослідної роботи «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Сумського державного університету» (ДР № 0121U112684). Дослідження виконано за часткової підтримки Науково-навчального центру промислового інжинірингу (СумДУ).

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ СХЕМИ БАЗУВАННЯ

Колос В. О., аспірант, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми;
Іванов В. О., професор, завідувач кафедри ТМВІ,
Павленко І. В., професор, каф. КМ ім. В. Марцинковського;
Сумський державний університет, Суми
Ботко Ф., д-р наук, доцент; Гатала М., д-р техн. наук, проф.,
Технічний університет м. Кошице, Словаччина;
Антош К., д-р техн. наук, проф.,
Жешувський технологічний університет, Польща;
Трояновська Ю., д-р наук, доцент,
Познанський технологічний університет, Польща

Сучасне машинобудівне виробництво характеризується підвищенням вимог до якості та точності виготовлення деталей машин. Одним із ключових напрямків є точне оброблення деталей складної форми. Важливість проектування компонувань верстатних пристроїв є актуальним завданням на стадії конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

Створено науковий підхід до раціонального вибору схеми базування деталей складної форми на основі комплексного поєднання конструктивно-технологічних особливостей деталі та підходу до прийняття рішень. Систематизовано існуючі схеми базування, визначено 6 схем базування та 23 способи реалізації для виготовлення деталей типу кронштейни на обробних центрах із ЧПК. Розроблено методику, що дозволяє обґрунтовано в автоматизованому режимі призначати схему базування для деталей. Порівняльний аналіз отриманих результатів підтвердив, що розрахункове рішення відповідає запропонованому експертом варіанту в більшості випадків. Практичну реалізацію розробленого наукового підходу виконано на деталях типу кронштейни, що використовуються в автомобільній промисловості.

Подальший розвиток дослідження пов'язаний із інтеграцією розробленого наукового підходу в систему автоматизованого проектування верстатних пристроїв, що дозволить підвищити ефективність машинобудівного виробництва.

Наукові результати отримано в рамках виконання спільного українсько-словацького науково-дослідного проекту «Удосконалення технологічної підготовки виробництва за рахунок автоматизації процесу проектування верстатних пристроїв», науково-дослідної роботи «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Сумського державного університету» (ДР № 0121U112684). Дослідження виконано за часткової підтримки Науково-навчального центру промислового інжинірингу (Сумський державний університет).

РОЗРАХУНОК РОБОТИ ЗНОШУВАННЯ ЛЕЗ – СКЛАДОВА МЕХАТРОНІКИ ОБРОБКИ РІЗАННЯМ

*Мошна А. С., магістрант, гр. ТМ.м-11, Швець С. В., доцент каф. ТМВІ,
СумДУ, м Суми*

Наявність формул для розрахунку роботи зношення інструменту по задній поверхні дозволить програмному забезпеченню застосовувати оптимальні параметри технологічного процесу при наявних геометрії і інструментального матеріалу різального клину. Це сприятиме досягненню необхідних параметрів якості виробів при максимальній продуктивності і тривалості процесу різання.

Мехатроніка обробки матеріалів різанням – це наука, в якій інтегровано знання процесу утворення стружки і зношування різального інструмента, верстатних механізмів, електроніки, комп'ютерів, інформатики і програмного забезпечення [1]. Вона складається з логічного та дидактичного нарощування від фундаментальних концепцій до сучасних теорій.

Продовження досліджень [2] впливу геометрії леза і параметрів зношення по задній поверхні на виконану при цьому роботу дозволили отримати формули для розрахунку роботи зношення лез.

Формула для розрахунків роботи зношування залежно від радіального зношення h_r :

$$U_r = \sigma_c z W_r = \sigma_c \cdot z \cdot 3,622 \cdot 10^3 \cdot \varphi^{-0,508} \cdot (\varphi^1)^{-0,95} \cdot \alpha^{-0,269} \times (\alpha^1)^{-0,73} \cdot (\gamma + 45)^{-0,103} \cdot (\lambda + 45)^{0,1016} \cdot h_r^{2,999} \quad (1)$$

Формула для розрахунків роботи зношування леза при різних значеннях зношення по задній поверхні h_3 :

$$U_h = \sigma_c z W_h = \sigma_c \cdot z \cdot 48,969 \cdot \varphi^{-0,508} \cdot (\varphi^1)^{-0,95} \cdot \alpha^{-0,269} \times (\alpha^1)^{-0,73} \cdot (\gamma + 45)^{-0,103} \cdot (\lambda + 45)^{0,1016} \cdot h_3^{2,994} \quad (2)$$

Встановлено, що залежність зношення по задній поверхні h_3 від значення головного кута у плані φ та від значення допоміжного кута у плані φ^1 лінійна. Показники степеню степеневих залежностей величини зношеного об'єму W від радіального зношення h_r і від зношення по задній поверхні h_3 збігаються. При збільшенні кутів φ , φ^1 , α , α^1 зменшується робота U_h , необхідна для досягнення заданого зношення по задній поверхні h_3 , а при збільшенні кутів γ і λ така робота зростає.

Список літератури:

1. Mechatronic systems design and solid materials. Methods and Practices / Satya Bir Singh, Prabhat Ranjan, Alexander V. Vakhrushev, A. K. Haghi – CRC Press, 2021. – 241 p.
2. Astakhov V. P. Technical Resource of the Cutting Wedge is the Foundation of the Machining Regime Determination / V. P. Astakhov, S. V. Shvets – International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering, Volume 10, Issue 2, 2020. – Pp.1-17.

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ЗАТИСКУ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

Проданчук О. О., аспірант, Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів.

Термопластавтомат – верстат для виготовлення виробів з пластику шляхом лиття під тиском. Практично всі пластикові вироби, котрі оточують нас у повсякденному житті беруть свій початок як пластиковий гранулят, котрий подається до бункера термопластавтомата. Від деталей автівок чи побутової техніки, до частин космічних апаратів і комплектуючих медичної галузі з унікальними властивостями, безліч найрізноманітніших виробів кожного дня з’являються на світ завдяки термопластавтоматам.

Як і будь-який інший верстат, термопластавтомат має декілька ключових вузлів, кожен з яких зазнавав неодноразової модернізації з часу винайдення. До основних можна віднести:

1. Вузол впорскування, до якого належить система завантаження матеріалу і система пластифікації з подальшою подачею розплавленого пластику у робочу зону.
2. Систему затиску. Вона представляє собою шарнірно-важільний механізм, хоч подекуди може забезпечуватись силовими гідроциліндрами.

Система затиску має надзвичайно важливу роль для лиття під тиском. Вона застосовується для утримання прес-форми замкненою під час подачі матеріалу, котре супроводжується значним зростанням тиску в робочій зоні (понад 200 МПа у верстата з зусиллям змикання 2300 кН).

Термопластавтомати українського виробництва серії DE були найбільш поширеними верстатами для лиття пластикових виробів у СРСР, зараз залишаються вельми популярними серед вітчизняних виробників, отримавши нове життя після глибокої модернізації. Незмінним елементом навіть найсучасніших термопластавтоматів українського виробництва є шарнірно-важільна система затиску. Вже класична конструкція, проста та зрозуміла у використанні та з високими якістьми ремонтпридатності використовується у найпоширеніших моделях верстатів DE3132-F1, DE3330-F1, DE3327-F1.



Рисунок 1 – Система затиску вітчизняного виробництва.

Попри усі зазначені переваги, дана система затиску може бути вдосконалена. Основним параметром, який потребує інженерного втручання та переосмислення є розподіл навантаження, яке діє на рухому плиту термопластавтомата. Як ми можемо зауважити на Рис.1., при максимально розімкненому положенні системи затиску, важелі розміщені під кутом, відповідно, повне зусилля не передається кінцевому елементу – рухомій плиті. Дане конструктивне рішення має цілий ряд недоліків. Дія зусилля навіть під незначним кутом зумовлює деформацію плити, котра проявляється з часом експлуатації і потребує відновлення, Рис.2. Фіксована до даної плити частина прес-форми також зазнає деформації, через що унеможливується щільне прилягання і на пластиковому виробі виникає облой. Облой не тільки псує вигляд виробу, а й призводить до зайвих витрат матеріалу і, відповідно, здорожчання кінцевого продукту. Ризики деформації та подальшого виникнення тріщин на колонах зростають, а розбір верстата для заміни колони є надзвичайно тривалим та дорогавартісним процесом, що може мати критичний вплив на виробництво.

Найменш затратним вирішенням даного питання є перерозподіл сил, шляхом зміни положення шарнірів рухомої плити таким чином, щоб у замкненому стані важелі розміщувались паралельно до напрямку руху плити. Моделювання процесу змикання-розмикання на дослідних потужностях компанії BOLE продемонструвало збільшення ефективності зусилля змикання у діапазоні 15-20%. Також важливо зазначити, що зміна положення шарнірів практично повністю нівелює деформацію рухомої плити і прес-форми.

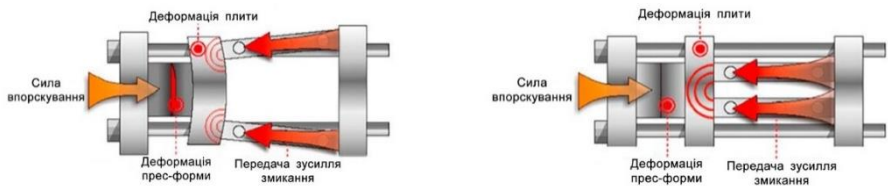


Рисунок 2 – Схема розподілу зусилля старої та нової конструкції.

Отримані теоретичні дані знаходять підтвердження у вже існуючих моделях термопластавтоматів. Крім вище зазначених переваг, дані зміни конструкції у імпорتنих верстатах показали значний вплив на довговічність використання колон. У окремого модельного ряду, з впровадженням у новому поколінні обговорюваної конструкції змикання, утворення тріщин знизилось на 11%.

Звісно, дана конструкція системи змикання має й мінуси, зокрема потребу у більшому просторі при повністю відкритій робочій зоні термопластавтомата. Дану особливість можна обійти шляхом зміни конструкції станини, що хоч і потребуватиме затрат на етапі впровадження, та сторицею компенсує всі фінансові вкладення одержаною продуктивністю.

АЛГОРИТМ ТОПОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБУ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ANSYS WORKBENCH

*Макаренко Д. Ю., студент, гр. ТМ-81,
Дмитренко Н. Р., аспірантка, гр. А-15/МТ
каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми*

Сьогодні конструктори постійно стикаються з необхідністю проектування та конструювання нових, сучасних та різноманітних за конфігурацією виробів. Зазвичай для успішного проектування таких виробів потрібні солідний досвід, прониклива інтуїція, винахідливість і спритність, яких так не вистачає молодим фахівцям. З вирішенням даної проблеми може допомогти метод топологічної оптимізації (ТО) – це математичний метод, який оптимізує компонування матеріалів у заданому просторі проектування для заданого набору навантажень, граничних умов та обмежень з метою максимізації продуктивності системи. Основною метою методу зазвичай є мінімізація маси різноманітних конструкцій, роблячи їх більш економічно вигідними та практичними для використання. Розробляти конструкції, які є досить ефективними для вирішення певних завдань, інженери навчилися досить давно. Для кожного конкретного випадку інженер може сказати, як має виглядати та чи інша деталь. Але залишаються питання: «Чи буде конфігурація такої деталі оптимальною?», «Чи можна вигадати кращу форму виробу?», «Якщо це так, то наскільки краще?».

Зважаючи на велику складність та трудомісткість пошуку рішень ТО реалізується в автоматизованому режимі. Серед існуючих програмних засобів, що реалізують процедуру ТО можна виділити такі, як ANSYS Workbench, Siemens NX, Siemens Solid Edge, CATIA 3DEXPERIENCE, SOLIDWORKS, Autodesk Fusion 360. Програмний комплекс інженерного аналізу ANSYS Workbench є одним з найпоширеніших завдяки своєму функціоналу та реалізує процедуру ТО безпосередньо з використанням модулю Structural Optimization. Загальний алгоритм ТО виробу в пакеті ANSYS Workbench можна розділити на п'ять основних етапів.

Перший етап: розроблення геометричної (твердотільної) моделі виробу. Побудову геометричної моделі виробу можна виконати з використанням вбудованого модулю ANSYS Geometry Design Modeler або будь-якої іншої CAD-системи, що має можливість експорту моделі у форматі Parasolid (*.x_t). В останньому випадку для подальшої роботи з моделлю виробу необхідно виконати процедуру її імпорту в модуль ANSYS Geometry.

Другий етап: попередній розрахунок статичних характеристик моделі виробу з використанням модулю Static Structural. Для розрахунку статичних характеристик існуючої моделі виробу необхідно задати: фізико-механічні властивості матеріалу виробу в розділі Engineering Data (властивості матеріалу

за замовчуванням відповідають властивостям середньовуглецевої сталі Structural Steel (межа текучості – 250 МПа, межа міцності – 460 МПа, модуль Юнга – $2 \cdot 10^5$ МПа)); параметри скінченно-елементної моделі у розділі Model (за замовчуванням використовується адаптивний (Adaptive) метод побудови моделі з автоматичним визначенням розмірів скінченних елементів (тут потрібно пам'ятати, що зменшення розміру скінченного елемента призводить з одного боку до підвищення якості розрахунку моделі, але з іншого боку – збільшує час розрахунку та вимагає більшої потужності апаратних засобів)); граничні умови в розділі Setup (зазвичай задають фіксовану опору (Fixed Support), вектори та величини зовнішніх статичних навантажень). Результатом розрахунку є епюри внутрішніх напружень та деформацій існуючої моделі виробу.

Третій етап: модельний експеримент з визначення шляхів структурної оптимізації конструкції з використанням модулю Structural Optimization. Для ефективної реалізації етапу необхідно задати відповідні граничні умови: поверхні, що підлягають (Optimization Region) та не підлягають коригуванню (Exclusion Region); мета, критерій оптимізації – мінімізація маси виробу (Objective); маса виробу, яку потрібно зберегти (Type: Response Constraint, Response: Mass), вибір параметру Percent to Retain дозволяє задати відсоток (частину) маси виробу, що повинна залишитися від її початкової величини. Результатом розрахунку є епюра «псевдощільності» (Topology Density), яка відображає в розрахунковій області об'єми матеріалу, рекомендованих для обов'язкового вилучення (Remove) чи збереження (Keep), можливого вилучення чи збереження (Marginal). Одержані епюри, можна коригувати шляхом регулювання параметру Retained Threshold. Поступове змінення цього параметру дозволяє побачити потенціальні шляхи структурно-параметричної оптимізації твердотільної моделі виробу за прийнятих обмежень.

Четвертий етап: коригування геометричної моделі виробу, одержаної за результатами реалізації попереднього етапу алгоритму з використанням модулю Space Claim (згладжування, спрощення форм виробу з використанням інструментів Shrinkwrap, Smooth, Reduce). Річ у тім, що за результатами четвертого етапу формується розрахункова модель виробу, конфігурація якої характеризується хаотичністю форм та є практично непридатною для верифікації та виготовлення. Так, попередній етап лише пропонує потенційні шляхи коригування конфігурації моделі з метою зменшення її маси за умови некритичного зменшення міцності та жорсткості конструкції.

П'ятий етап: перевірочний розрахунок статичних характеристик скоригованої моделі виробу, верифікація скоригованої моделі виробу (дозволяє одержати епюри внутрішніх напружень та деформацій, аналіз яких дозволяє пересвідчитись в ефективності скоригованої моделі виробу).

Робота виконана під керівництвом канд. техн. наук, доцента Євтухова А. В.

СКЛАДАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ ОБРОБЛЕННЯ ТОРЦЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛА З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДИКИ РОЗМІРНОГО АНАЛІЗУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

*Юсупов Д. А., студент, гр. ТМ.м-11, Одінцов Д. Р. студент, гр. ТМ-81,
СумДУ, м. Суми*

В харчовій промисловості України масово застосовуються капсули для пляшок шампанського, які виготовляють на спеціальних машинах «MPV.B». Однією із головних деталей машини є вал «FSK-0001.00.327». Технологічний процес виготовлення вала складається із операцій на яких зокрема оброблюють його торцеві поверхні, що з'єднані відповідними лінійними розмірами. Оптимальний маршрут оброблення торцевих поверхонь вала передбачає розрахунок їх номінальних розмірів та допусків для умов середньосерійного типу виробництва. Для побудови оптимального маршруту оброблення заготовки вала була застосована методика розмірного аналізу технологічних процесів із використанням теорії графів.

На першому етапі дослідження з метою визначення можливості застосування раціональних методів оброблення торцевих поверхонь для досягнення відповідної точності їх розмірів та шорсткості було проаналізовано структуру та параметри лінійних конструкторських розмірів (S_i), заданих кресленням деталі. За результатом аналізу були запропоновані раціональні технологічні методи оброблення (підрізання точінням) торцевих поверхонь заготовки вала та послідовність їх реалізації. На наступному етапі розмірного аналізу була розроблена технологічна схема оброблення (див. рис. 1) торцевих поверхонь заготовки вала, де визначилися величини припусків (Z_{ij}), обмежених відповідними допусками, які потрібно видалити на технологічних операціях.

На підставі розробленої схеми оброблення торцевих поверхонь заготовки вала був складений граф технологічних розмірних ланцюгів (ТРЛ). Граф ТРЛ вала дав підставу скласти рівняння контурів, які склалися із лінійних конструкторських розмірів (S_i) та їх допусків, номінальних (їх середніх значень) технологічних розмірів (A_{ij}) та їх допусків, призначених за відповідним квалітетом (з урахуванням економічно досяжної точності та величин домінуючих похибок), а також розрахункових величин припусків, які потрібно видалити на відповідних технологічних операціях. Одержані результати розрахунків були перевірені та у разі виходу лінійного конструкторського розміру за межу його допуску, відповідний технологічний розмір (розміри) коригувався (коригувалися) для отримання потрібних значень конструкторських розмірів згідно з технічними вимогами, регламентованими кресленням деталі.

За рекомендаціями прийнятої методики розрахунку розмірних ланцюгів були визначені оптимальні номінальні значення та допуски лінійних технологічних розмірів (A_{ij}), які вносились до операційних карт технологічних операцій, передбачених для оброблення торцевих поверхонь заготовки вала.

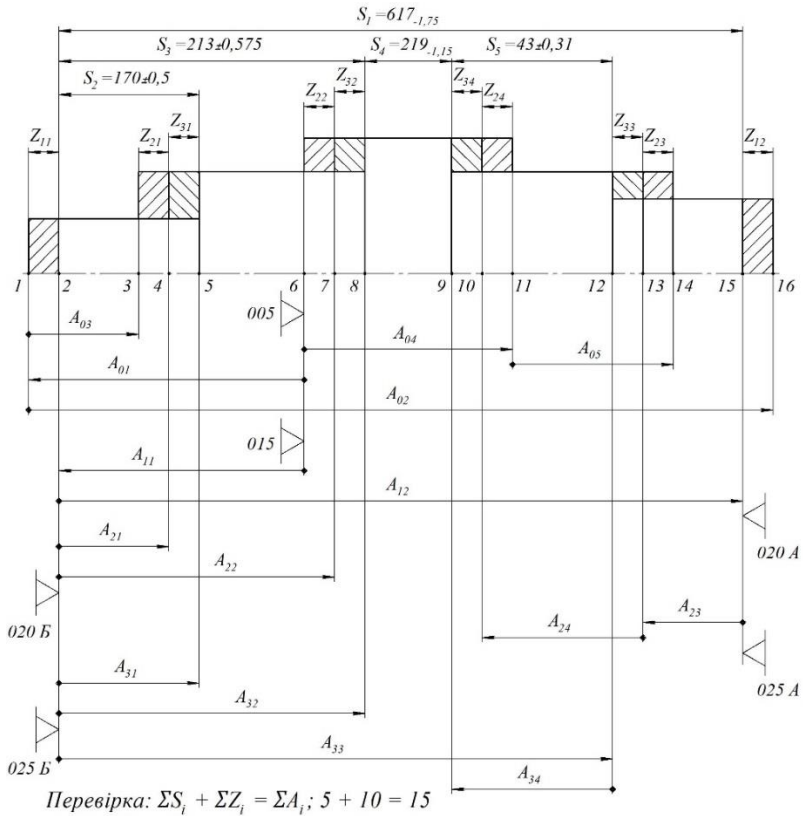


Рисунок 1 – Технологічна схема оброблення торцевих поверхонь заготовки вала FSK-0001.00.327

Таким чином, застосування методики розмірного аналізу технологічних процесів дозволила визначити оптимальну структуру та параметри технологічний процесу оброблення торцевих поверхонь заготовки вала та призначити раціональні методи їх оброблення для умов середньосерійного типу виробництва.

Робота виконана під керівництвом канд. техн. наук, доцента Євтухова А.В.

ТОПОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ШАЙБИ-ПРИХВАТА З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ANSYS WORKBENCH

*Макаренко Д. Ю., студент, гр. ТМ-81,
Колесник Д. В., студент, гр. ТМ.мз-02с, СумДУ, м. Суми*

Проектування та виготовлення технологічної оснастки, зокрема верстатних пристроїв, що використовують для базування та закріплення заготовок під час їх оброблення на верстатах, є одним з найскладніших та багатокритеріальних завдань машинобудівного виробництва. З підвищенням складності та різноманітності виготовлюваних виробів підвищується складність та різноманітність верстатних пристроїв, їх окремих елементів: робота технолога з пошуку оптимальних конструктивних рішень, що зазвичай базується на інтуїтивному підході та минулому досвіді ускладнюється та потребує оперативного підтвердження. Ефективним рішенням цього завдання є використання методу топологічної оптимізації (ТО) проєктованого виробу, що дозволяє в автоматизованому режимі виконати пошук його оптимальної конфігурації з урахуванням наявних граничних умов.

Під час ескізного проектування верстатного пристрою для базування та закріплення заготовки диска 177.5610.000 СК було виявлено слабку ланку, якою стала шайба-прихват, що входить до замкненого ланцюга силової взаємодії між механічним приводом закріплення та заготовкою. Для пошуку оптимальної конфігурації шайби-прихвата було проведено дослідження з використанням методу ТО в пакеті інженерного аналізу ANSYS Workbench.

На першому етапі дослідження було розроблено твердотільну модель шайби-прихвата з використанням САД-системи SOLIDWORKS. Початкова конфігурація шайби-прихвата (виконання А) являє собою суцільний диск діаметром $d = 340$ мм товщиною $h = 14$ мм з центральним отвором діаметром $D = 40$ мм.

На другому етапі дослідження було виконано розрахунок статичних характеристик моделі шайби-прихвата з використанням модулю Static Structural. При цьому в розділі Engineering Data були задані властивості матеріалу шайби-прихвата, що за замовчуванням відповідають властивостям середньовуглецевої сталі (Structural Steel): межа текучості – 250 МПа, межа міцності – 460 МПа, модуль Юнга – $2 \cdot 10^5$ МПа. В розділі Setup були задані граничні умови у вигляді фіксованої опори (Fixed Support), що відповідає ділянці шайби-прихвата, яка контактує з закріплюваною заготовкою, та зусилля закріплення 3500 Н, що діє на шайбу-прихват з боку штоку пневмокамери. В розділі Model були задані параметри скінченно-елементної моделі: режим побудови – адаптивний (Adaptive), розмір елемента – 6 мм. В результаті статичного аналізу були одержані епюри внутрішніх напружень та

деформацій шайби-прихвата. Максимальний рівень напружень склав 18,5 МПа, деформацій – 22,9 мкм, що є допустимим.

На третьому етапі дослідження було реалізовано модельний експеримент, спрямований на пошук шляхів структурної оптимізації конструкції шайби-прихвата з використанням модулю Structural Optimization. Як граничні умови були задані поверхні шайби-прихвата, що підлягають (Optimization Region) та не підлягають коригуванню (Exclusion Region), мета, критерій оптимізації – мінімізація маси виробу (Objective). Поверхнями, що не підлягають коригуванню є плоскі ділянки в центральній частині диска (навколо центрального отвору) та на периферії (поверхня контакту між шайбою-прихватом та заготовкою). В результаті розрахунку одержано епюру «псевдощільності» (Topology Density), наведену на рис. 1. За результатами третього етапу дослідження було виявлено шлях оптимізації конструкції шайби-прихвата, який полягає в утворенні в її тілі порожнеч для зменшення маси виробу.

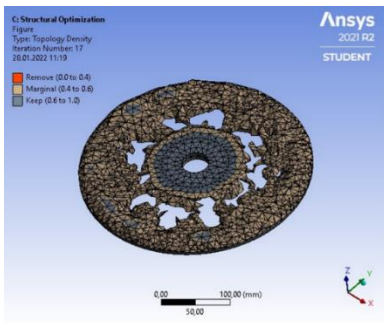


Рисунок 1 – Епюра псевдощільності



Рисунок 2 – Скоригована конструкція шайби-прихвата

На четвертому етапі дослідження в модулі Space Claim було виконано згладжування нерівностей поверхонь виробу з використанням інструментів Shrinkwrap, Smooth, Reduce та побудову твердотільної моделі шайби-прихвата (виконання В), придатної для виробництва (див. рис. 2). Як видно з рис. 2 скоригована модель шайби-прихвата відрізняється наявністю масиву з 8 наскрізних отворів діаметром 30 мм, завдяки чому вдалося зменшити масу виробу з 9,785 кг до 8,882 кг.

На п'ятому етапі дослідження виконано перевірочний розрахунок статичних характеристик скоригованої конструкції шайби-прихвата, за результатами якого встановлено: максимальний рівень напружень становить – 20,4 МПа, деформацій – 26,5 мкм, що говорить про некритичне зменшення міцності та жорсткості виробу зі зменшенням його маси на 9,2%.

Робота виконана під керівництвом канд. техн. наук, доцента Євтухова А.В.

АНАЛІЗ МЕТОДУ РЕГУЛЮВАННЯ ОСЬОВИХ ЗАЗОРІВ В ПІДШИПНИКАХ РОТОРІВ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ ВЕРТИКАЛЬНОГО КОМПОНУВАННЯ

*Качанова М. В., аспірант, каф. ТМВІ,
Сумський державний університет, м. Суми*

Вже близько ста років насоси є незамінними в майже усіх галузях народного господарства та життєдіяльності людини [1]. При цьому насоси горизонтального компонування складають близько 70%. Але в останні роки через свої технологічні переваги, такі як компактність та більш високий ККД, активного розвитку набули насоси вертикального компонування, в яких ротор з робочими колесами розташовується вертикально.

У зв'язку з тим, що весь ротор, вага якого в деяких насосах в залежності від типорозміру сягає більше 1000 кг, осьові навантаження на упорні підшипники досить значні. При цьому частота обертання ротора, як правило, в півтора рази вище, ніж у насосах горизонтального компонування з аналогічними технічними характеристиками.

У результаті для забезпечення довговічності та стабільності роботи упорні підшипники повинні мати мінімальні зазори для забезпечення максимально можливого ККД, але при цьому величина зазору повинна бути достатньою, щоб уникнути перегріву [2] у результаті роботи на режимах максимальної потужності протягом встановленого технічними характеристиками проміжку часу.

На даний час на підприємствах України, де виготовляють насоси даного вертикального компонування, застосовують метод регулювання шляхом підкладання так званих «дистанційних кілець» різної товщини. При цьому вимірюють зазор при кожному складанні. Недоліком такого методу є те, що застосовують декілька дистанційних кілець, які в результаті суттєвої ваги ротора мають схильність до стиснення і, як наслідок, до зміни величини зазору. Можливі навіть випадки, коли зазор взагалі зникає після декількох годин роботи насоса на випробувальному стенді. В результаті процедуру регулювання треба виконувати знову, тобто метод є недосконалим.

Тому у подальших дослідженнях теоретично буде обґрунтована необхідність застосування методу припасування шляхом закладання технологічного припуску та його зняття в процесі регулювання, що виключає необхідність застосування дистанційних кілець.

Список літератури:

1. Кондусь В. Ю., Котенко О. І. Лопатеві насоси : навчальний посібник. Суми : Сумський державний університет, 2021. 293 с.
2. Кравченко Л. С. Розмірний аналіз при проектуванні та складанні : навчальний посібник. Харків: НТУ «ХП», 2009. 352 с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИБОРУ СИЛОВИХ АГРЕГАТИВ ПРИ СИНТЕЗИ КОМПОНОВОК ПОРТАТИВНИХ ВЕРСТАТИВ.

Яковенко І.Є., професор, кафедра технології машинобудування та металорізальних верстатів, ННІ МІТ, НТУ "ХПІ", м. Харків

Басова Є.В., доцент, кафедра технології машинобудування та металорізальних верстатів, ННІ МІТ, НТУ "ХПІ", м. Харків

Бредіха О.М., магістрант, кафедра технології машинобудування та металорізальних верстатів, ННІ МІТ, НТУ "ХПІ", м. Харків

Портативні верстати знаходять все більше поширення в сучасному машинобудуванні. Це викликано переважно трьома причинами: розвитком теоретичних та технічних аспектів спеціального верстатобудування; зносом та необхідністю модернізації або ремонту габаритних технологічних систем та агрегатів; необхідністю скорочення термінів та підвищення якості робіт, що дозволить значно зменшити час простою дорогого обладнання.

Портативні верстати практично завжди призначені для виконання конкретної технологічної операції із заздалегідь визначеними параметрами, які залишаються незмінними у процесі виконання обробки. З одного боку, це дозволяє використовувати принцип агрегування при проектуванні портативних верстатів, а з іншого, здійснити вибір силових агрегатів та енергетичних установок, які максимально ефективно відповідають необхідним характеристикам забезпечення процесу обробки (як з погляду кінематики формоутворення, так і параметрів процесу різання).

Авторами було проведено аналіз конструкцій портативних верстатів провідних світових виробників даного типу обладнання, а також технологічних операцій, що виконуються при модернізації та ремонті вузлів та агрегатів, демонтаж яких неможливо або недоцільно проводити для виконання необхідних робіт, для різних галузей промисловості [1,2,3,4].

Як показав аналіз, компоновання та технологічні можливості портативних верстатів значно відрізняються від класичних варіантів компоновки металорізального обладнання. Це пов'язано з особливостями базування та подальшого монтажу верстата безпосередньо на об'єкті обробки, що дає можливість доставляти верстат до місця використання у розібраному (по вузлах та агрегатах) вигляді. На підставі цього був розроблений класифікатор типів компоновок на основі кінематичних характеристик технологічної операції, що виконується, і запропоновано здійснювати синтез компоновок портативних верстатів з максимальним використанням принципів агрегування [5,6]. Такий підхід дозволяє використовувати вузли та агрегати багаторазово після демонтажу портативного верстата, оскільки процес ремонту або модернізації конкретного об'єкта є досить унікальним.

Процес різання у варіантах компоновок портативних верстатів, які були розглянуті вище, здійснюється за рахунок силових агрегатів, які оснащені різними типами двигунів: електричними, пневматичними і, дуже рідко,

гідравлічними. Найбільшого поширення набули верстати з пневматичними двигунами різної конструкції (об'ємні, турбінні), які забезпечують різні варіанти руху (обертально-поступальні, ротаційні). Це пов'язано, в першу чергу, з особливостями даного класу двигунів в умовах виконання технологічної операції з наперед визначеними кінематичними характеристиками: безпека роботи в складних ремонтних умовах; постійними значеннями показників потужності у всіх діапазонах частот обертання; допустимим навантаженням до повної зупинки; високою ремонтпридатністю та простотою обслуговування; невеликою відносною вагою та маленьким розміром у порівнянні з електродвигунами (що особливо важливо при доставці та монтажі портативного верстата на місці експлуатації); можливість забезпечити необхідні параметри процесу різання без додаткових редукторів та ін.

На підставі проведеного аналізу авторами пропонується формалізована модель вибору найбільш раціонального варіанта двигуна силового агрегату портативного верстата на підставі класифікаційного опису кінематики формування, геометричних параметрів оброблюваної поверхні та параметрів процесу різання. База для вибору силових вузлів передбачає постійне розширення і складається умовно з двох розділів: доступні силові установки (власне виробництво, підприємства-партнери і т.д.) і перспективні. Пошук найбільш відповідного варіанта здійснюється за двома розділами, а конструктор в подальшому вибирає найбільш доцільний варіант на підставі додаткового економічного аналізу (термін постачання, ціна, логістика та інше).

Список літератури

1. Каталог фірми Climax. [Електронний ресурс] - Режим доступу <https://www.climaxportable.com>
2. Каталог фірми Mirage. [Електронний ресурс] – Режим доступу <https://www.miragemachines.com>
3. Каталог фірми Serco. [Електронний ресурс] - Режим доступу <https://www.serco-tools.com/products>
4. Каталог фірми Tomco. [Електронний ресурс] - Режим доступу <https://www.tomco.ca/tomco-industrial-ltd/machine-tool/lathes/>
5. Компоновки мобільних станков для ремонту недемонтированных деталей и узлов турбоагрегатов /А. А. Пермяков, М. Г. Ищенко, Д. К. Шепелев. Резание и инструменты в технологических системах/ Cutting & Tools in Technological Systems: междунар. науч.-техн. сб. / НТУ “ХПИ”. Вып. 88 / НТУ “ХПИ”; - Харьков : НТУ “ХПИ”, 2018, - С.166-171.
6. Шарлай В.Р. Аналіз схем компоновок портативних верстатів / В.Р. Шарлай, І.Е. Яковенко // XV Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців» (01–03 грудня 2021 року): матеріали конференції / за ред. проф. Є.І. Сокола. – Харків : НТУ «ХПИ», 2021. – с.439.

INFLUENCE OF TRIBOLOGICAL FACTORS ON TOOL WEAR DURING MACHINING OF TITANIUM ALLOYS

She Xianning, Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv
Vadym Stupnytskyi, Professor, Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv

During machining titanium alloys, rake wear can be used to describe tool deterioration and tool life. Tribological factors ultimately have a significant impact on the intensity of tool wear and the formation of the functional properties of the machined workpiece surface [1]. With regard surface quality, it will be important to design tests that consider the need to measure roughness on the vertical surface, in order to put it in relation with flank wear [2]. The main goal of a given study is to investigate to what extent different friction coefficients affect tool wear under certain cutting conditions and parameters. The methodology of this study is to propose different declared friction coefficients for simulation. To analyze their effects on the dynamics of workpiece and tool wear etc. Then ensure that these analytical reasoning methods propose friction cutting conditions.

Under the condition: cutting depth - 1 mm, feed - 0.25 mm/r, the cutting edge wear rate when machining titanium alloy workpieces at different cutting speeds was experimentally analyzed. Using the Usui model in the speed range of 50–200 m/min, the average tool wear increased by 8.4%, 22.5%, 37.2% when the friction coefficient are increased from 0.3-0.4, 0.3-0.5, 0.3-0.6. Using the Archard model, these corresponding ratios are 6.1%, 15.1% and 25.6%. The tool wear was measured using a tool tip size wear measuring device [3]. The administrative panel of DEFORM 2/3D system offers 2 main wear criteria - the Usui criterion and the Archard criterion [4]. Using the Usui and Archard wear models yields different wear kinetics results depending on the cutting speed. According to Usui, the maximum wear result is in the cutting speed range of approximately 60-70 m/min. However, according to Archard is in 100-120 m/min. Different priorities can explain this difference in the description of the physical model of the tool wear process [5].

When using the Archard model, the deviation error of the simulated wear values from the experimental values is about 19%, and when using the Usui model, it is about 9%. Furthermore, the wear extremum in the experimental study is 90-100 m/min, which roughly corresponds to the data obtained from simulations using the Usui model. By comparing with the experimental data, it can be concluded that the

Usui model is more suitable for describing the tool wear process when machining titanium alloys. Similar views have also been verified by other researchers [6].

In addition, the results of the study show that the provided coefficient of friction has a significant effect on tool wear on both faces. However, the maximum wear rate of the rake face is much stronger than that of the flank, regardless of the cutting speed and the tribological cutting conditions provided.

References

1. V. Stupnytskyy and I. Hrytsay. Comprehensive analysis of the product's operational properties formation considering machining technology. *Archive of Mechanical Engineering*, 2020, 67(2):149–167. DOI: [10.24425/ame.2020.131688](https://doi.org/10.24425/ame.2020.131688).
2. Colpani A, Fiorentino A, Ceretti E, et al. Tool wear analysis in micromilling of titanium alloy[J]. *Precision Engineering*, 2019, 57: 83-94. DOI: [10.1016/j.precisioneng.2019.03.011](https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2019.03.011).
3. Stupnytskyy V, She X. Comprehensive analysis of tribological factor influence on stress-strain and thermal state of workpiece during titanium alloys machining[J]. *Archive of Mechanical Engineering*, 2021, 68(2). DOI: [10.24425/ame.2021.137049](https://doi.org/10.24425/ame.2021.137049)
4. T. Tamizharasan and N. Senthilkumar. Optimization of cutting insert geometry using DEFORM-3D: numerical simulation and experimental validation. *International Journal of Simulation Modelling*, 2012,11(2):65–76. DOI: [10.2507/IJSIMM11\(2\)1.200](https://doi.org/10.2507/IJSIMM11(2)1.200).
5. P.D. Hartung, B.M. Kramer, and B.F. von Turkovich. Tool wear in titanium machining. *CIRP Annals*, 1982, 31(1):75–80. DOI: [10.1016/S0007-8506\(07\)63272-7](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63272-7)
6. Schulze, V., & Zanger, F. Development of a Simulation Model to Investigate Tool Wear in Ti-6Al-4V Alloy Machining. *Advanced Materials Research*, 2011, 223, 535–544. DOI: [10.4028/www.scientific.net/amr.223.535](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.223.535)

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ У ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСАХ

Н. В. Лепьошкіна, аспірантка, Ю. О. Денисенко, старший викладач, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

Статистичні методи широко застосовуються при оцінці параметрів, процесів у авіації, харчовій промисловості, медицині, при соціальних дослідженнях, у економіці тощо. У машинобудуванні вони використовуються на різних етапах виробничого процесу, наприклад, для аналізу стабільності операцій технологічного процесу. Майже для всіх галузей статистичні методи використовують для оцінки якості управління процесами підприємства, моніторингу та управління персоналом. Аналіз застосування сучасних статистичних методів наведено у таблиці.

Таблиця – Види статистичних методів

Вид статистичного методу	Назва статистичного методу	Опис
1	2	3
Елементарні	Діаграма Парето	Застосовується для подання відносної важливості всіх проблем з метою вибору відправної точки для вирішення проблеми, спостереження за результатом або визначення основної причини проблеми.
	Діаграма Ісікави	Графічний спосіб дослідження та визначення найбільш суттєвих зв'язків між чинниками та наслідками у досліджуваній ситуації чи проблемі.
	Групування даних за ознакою	Групування характеризують розподіл якісно однорідної сукупності на групи за певною ознакою.
	Контрольна карта	Це графічні засоби, що дозволяють здійснювати оцінку керованості перебігу технологічного процесу СУЯ, а у разі його керованості - оцінку відтворюваності.
	Гістограма	Спосіб графічного представлення табличних даних, приблизне представлення розподілу числових даних. Являє собою діаграму, що складається з прямокутників без розривів між ними.

1	2	3
	Діаграма розкиду	Діаграма розкиду являє собою графік, що виходить під час нанесення у відповідному масштабі експериментальних точок, які отримані у результаті спостережень. Координати точок відповідають значенням величини, що розглядається, та чинника впливу.
Проміжні	Теорія вибірових досліджень	Вид спостереження, який дає можливість зробити висновок про всю сукупність одиниць при обстеженні тільки її частини.
	Методи планування експериментів	Процедура вибору числа та умов проведення дослідів, необхідних та достатніх для вирішення задачі досліджень із заданою точністю.
	Кореляція та регресійний аналіз	Це побудова та аналіз економіко-математичної моделі у вигляді рівняння регресії (рівняння кореляційного зв'язку), що виражає залежність результативної ознаки від однієї або кількох ознак-факторів і дає оцінку міри щільності зв'язку.
Передові	Передові методи планування	Процедура вибору числа та умов проведення дослідів, необхідних та достатніх для вирішення задачі досліджень із заданою точністю.
	Багатофакторний аналіз	Це форма статистики, яка охоплює одночасне спостереження й аналіз більш ніж однієї змінної.
	Методи дослідження операцій	Це набір різних математичних методів, об'єднаних спільним завданням обґрунтування найкращих рішень.

Наведена класифікація не є вичерпною, але дає уявлення про різноманітність підходів та умови застосування.

Отже, подальші дослідження потребують детального розгляду наведеної класифікації з позиції застосовності цих методів для конкретних виробничих процесів, параметрів механічних операцій, а також для оцінки їх впливу на точнісні характеристики.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛУ МИТТЕВОЇ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ

*Снікєєв О. Ф., док. техн. наук, доцент, Захаренков Д. Ю., аспірант
каф. ІСПР ДДМА, м. Краматорськ,*

*Євсюкова Ф. М., доцент, Рузметов А. Р., канд. техн. наук, доцент
каф. ТММВ НТУ «ХПІ», м. Харків*

Організація керування процесами подачі паливо-повітряної суміші забезпечить економію палива, зменшить перевантаження циліндрів, збільшить термін використання й скоротить витрати на профілактику, обслуговування та ремонт [1, 2, 4, 5, 7]. Пропонується використати сигнал миттєвої швидкості обертання колінчастого валу для встановлення ідентичності циліндрових потужностей ДВЗ.

Основним завданням цієї роботи було зменшення невизначеності та покращення продуктивності процесу опрацювання сигналу вимірювальної інформації.

В ході виконання роботи уперше використано механічну систему, яка має чотири ступені волі, із врахуванням тертя у якості математичної моделі крутної схеми ДВЗ. Крутні моменти циліндрів подано обмеженим рядом Фур'є із урахуванням запізнення. Отримано передавальні функції, які пов'язують зображення за Лапласом крутних моментів циліндрів та коливання маси біля якої встановлено первинний перетворювач. Зміни у налаштуванні процесу подачі палива до окремих циліндрів подано у вигляді вагових коефіцієнтів. Інформаційна технологія опрацювання масиву дослідних даних миттєвої швидкості [1, 3] передбачає виконання наступних обчислювальних дій:

- розраховуємо середнє значення періоду сигналу ПП;
- флуктуації є різниця між середнім та миттєвим періодом сигналу ВП;
- визначаємо масив флуктуацій у межах всього обсягу дослідних даних;
- виконуємо процедуру усереднення і формуємо масив сигналу флуктуацій у межах одного оберту колінчастого валу;
- подаємо сигнал вимірювальної інформації у вигляді, який відповідає методу розв'язування задачі моніторингу.

Алгоритмічне забезпечення реалізує принцип керування за відхиленням $D_i - 1 \rightarrow 0$ та приведено до розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь вигляду:

$$BD = \phi_1 - \phi_{1,0} \quad (1)$$

де B – матриця, коефіцієнти якої визначаються як добуток передавальних функцій та крутних моментів; D – вектор-стовпець вагових коефіцієнтів; ϕ_1 – вектор-стовпець сигналу вимірювальної інформації; $\phi_{1,0}$ – вектор-стовпець сигналу, за відсутності подачі палива у циліндри.

Використано метод найменших квадратів для отримання оптимальних значень вагових коефіцієнтів [5, 6].

Висновок. Розроблено концепцію програмних рухів апаратних засобів щодо керування процесами подачі паливно-повітряної суміші, особливістю якої є оцінювання ідентичності циліндрових потужностей на основі опрацювання даних непрямих вимірювань. Концепція використовує сигнал миттєвої швидкості обертання колінчастого валу у якості вимірювальної інформації, а також має апаратні засоби синхронізації з робочим циклом першого циліндру. Проведено апроксимацію крутних моментів циліндрів. Отримано передавальні функції, які встановлюють інформаційні зв'язки між крутними моментами циліндрів і сигналом миттєвої швидкості обертання колінчастого валу. Створено інформаційну базу даних та розроблено алгоритмічне забезпечення моніторингу ідентичності циліндрових потужностей. Проведено комп'ютерне моделювання обчислювальної процедури встановлення вагових коефіцієнтів циліндрів за умови дії випадкових завад.

Список літератури:

1. Yenikieiev O., Scherbak L. Information technology for protecting diesel-electric station reliable operation. *Tekhnichna Elektrodynamika*. – 2019. No 4. Pp. 85-91. <http://dx.doi.org/10.15407/techned2019.04.085>.
2. Enikееv A.F., Borisenko A.N., Samsonov V.P., Kiseleva G.M. Diagnosis of a diesel generator by the deviation in shaft speed. *Measurement techniques USSR*. – 1988. Volume: 31. Issue: 9. Pages: 868-871. DOI: 10.1007/BF00863884
3. Боднар Б.Є., Очкасов О.Б., Черняєв Д.В. Визначення методу фільтрації сигналу нерівномірності частоти обертання колінчастого валу дизеля // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2013. – Вип. 1(43). – С. 113 – 118.
4. Білик С., Божко Є. Аналіз методів і методів діагностики двигунів внутрішнього згоряння позамонтажними методами контролю. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасній техніці. – Харків: НТУ «ХПІ», 2021, вип. 4(10), стор. 3-8, doi:10.20998/2413-4295.2021.04.01.
5. Марченко Б.Г., Мислович М.В. Теорія діагностики енергетичних агрегатів за відхиленням обертових агрегатів та її практичне застосування для дизель-електрогенераторів: ч. 1. Моделювання динаміки потужності циліндрів на валу дизель-електрогенератора з метою його діагностики. *Технічна електродинаміка*. – 1998. – No 5. С. 36 – 40.
6. Бутковский А.Г. Структурная теория распределенных систем. – М.: Наука, 1977. – 320 с.
7. Баширов Р.М., Инсафуддинов С.З., Сафин Ф.Р. Нерівномірна подача палива в дизелі: проблеми та методи їх вирішення // *Известия ОГАУ*. - 2019. - № 1 (75). - С. 78-82

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН ЩОДО МЕДИЧНИХ ВИРОБІВ, ЯКІ ІМПЛАНТУЮТЬ

Чернобровченко В. С., аспірант, каф. ТМВІ, СумДУ
Дядюра К. О., професор, каф. ТМВІ, СумДУ

Матеріали для хірургії кісткової тканини різняться між собою за механічними параметрами, біологічним механізмом дії та іншими характеристиками. Через це кожен біоматеріал має свої переваги та недоліки і виникають ризики біологічної сумісності при використанні. Клінічні випробування (КВ) сприяють підтвердженню безпеки відкритих препаратів на певних групах пацієнтів.

На сьогодні одними з основних проблем розвитку системи охорони здоров'я, які потребують розв'язання, є: формування єдиного медичного інформаційного простору як сукупності баз та банків даних, технологій їх ведення та використання, інформаційно-комунікаційних систем та мереж, що функціонують на основі єдиних принципів і загальних правил, що забезпечує інформаційну взаємодію різних сторін і задоволення їх інформаційних потреб, а також інтероперабельність, інтегрованість та гармонійний взаємозв'язок із суміжними сферами.

Поява та популярність методів блокчейну вже зараз суттєво змінює впровадження протоколів і стандартів обміну інформацією у сфері охорони здоров'я, посилює розвиток систем підтримки клінічних рішень, персоналізованої медицини, телемедицини, систем для обробки великих даних, штучного інтелекту - інженерної обробки, використання та здобуття нових знань.

Застосування технології блокчейну дозволяє розвивати технічну платформу для обміну та інтеграції даних, необхідних для ефективної взаємодії електронних медичних інформаційних систем, що повинні стати інформаційною інфраструктурою та стимулювати розвиток інноваційних інформаційних послуг, знизити бар'єри входу на ринок електронних медичних інформаційних систем, доступу до знеособлених даних для учених, представників бізнес-середовища та громадянського суспільства.

Асоціація стандартів IEEE (IEEE SA), всесвітньо визнаний орган, що встановлює стандарти в рамках IEEE, активно проводить зусилля зі стандартизації блокчейну за допомогою різноманітних заходів у багатьох галузях. IEEE визнає важливу роль, яку стандарти відіграють у розробці та впровадженні технологій блокчейн.

Управління електронними даними, захист медичних даних, медичні записи – ось деякі з технічних та вражаючих функцій, що використовуються для розробки та застосування технології Blockchain. Блокчейн - розширена структура даних, що складається зі списку записів, що зростають, званих блоками. Блок мережі блокчейн містить чотири елементи: інформацію, хеш

(ідентифікаційний номер) поточного блоку, хеш попереднього блоку і тимчасову мітку, де кожен новий блок пов'язаний зі своїм попереднім блоком.

Запропонована блокчейн-технологія містить такі учасники: пацієнт, лікар, виробник біоматеріалу, страхова компанія, лабораторії, контролюючі органи (Рис.1).

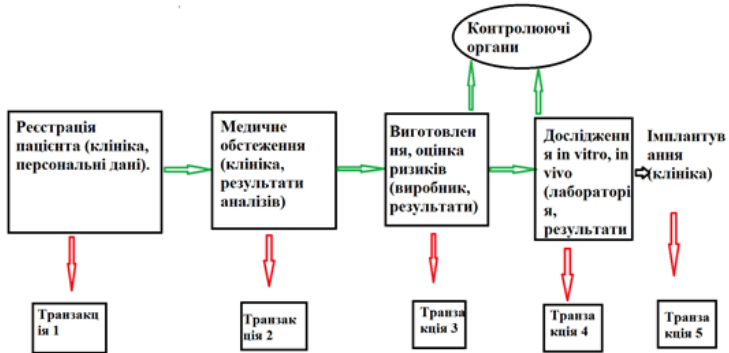


Рисунок 1 - Пропонований блокчейн-процес.

Передача інформації в запропонованій структурі складається з 5 кроків:

1. Відбувається реєстрація пацієнта в клініці, записуються його персональні дані, встановлюється смарт-контракт зі страховою компанією. Інформація про лікування вводиться лікарями.

2. Обстеження. Проводиться медичне обстеження пацієнта, результати передаються виробнику.

3. Виготовлення. Виробник проектує, виготовляє скафолд та оцінює ризики згідно стандартів ISO 14971 та ISO 14040:2006. Результати передаються контролюючим органам;

4. Доклінічні дослідження. Матеріал проходить доклінічне випробування в лабораторії, результати повідомляються контролюючим органам. Медичні вироби тестуються на цитотоксичність, генотоксичність, сенсibiliзацію, подразнення тощо

5. Імплантування. Матеріал імплантується пацієнту.

Таким чином, блокчейн-технології в медицині сприяють зберіганню та обміну даними про пацієнтів через медичні заклади, лабораторії, аптеки та лікарів. Програми для блокчейн-технологій точно визначають значні помилки в медичній сфері. Отже, це вдосконалює продуктивність, безпеку та прозорість обміну медичними даними у галузі охорони здоров'я.

Запропонована блокчейн-технологія містить контролюючі органи та лабораторію доклінічних досліджень. Це дає змогу всім членам такої структури ефективно співпрацювати та аналізувати надійність біоматеріалів протягом усього їхнього життєвого циклу.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМОГ ДО ВИПРОБУВАНЬ РУКАВІВ З'ЄДНУВАЛЬНИХ ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

*Кулик В. С., аспірант; Івченко О. В. к. т. н., доцент;
Денисенко Ю. В., к. т. н. ст. викладач; Жуков М. О., студент,
група СТ.мз-02с, СумДУ, м. Суми*

ДСТУ ГОСТ 2593 (ГОСТ 2593-2014, ІДТ) «Рукави з'єднувальні залізничного рухомого складу. Технічні умови» поширюється на рукави з'єднувальні (далі – рукави), призначені для застосування на залізничному рухомому складі та метрополітені.

Наприклад, рукав Р17Б призначений для роз'ємного гнучкого з'єднання повітропроводів суміжних одиниць рухомого складу з можливістю автоматичного саморозчеплення від впливу розтягуючого зусилля до 800 Н (81,5 кгс).

Приймальні випробування

Під час приймальних випробувань кожен рукав повинен бути перевірений на відповідність п. 3.2 [1].

Випробування відповідності п.п. 4.1.3, 4.1.4 [1] підлягають 1 % рукавів в партії, але не менше одного рукава.

Розмір партії – кількість рукавів, виготовлених за зміну.

Кожен рукав прийнятої партії проставляється штампом служби технічного контролю виробника.

Періодичні випробування

Рукава з партії, яка пройшла приймальні випробування, піддаються періодичним випробуванням. Періодичні випробування проводяться двічі на рік на рукавах кожного типу на відповідність п. 4.1.2 [1] (за контрольним методом п. 7.10 [1]) і п. 3.2 [1] (розміри L і d, відповідно до контрольного методу п.п. 7.3.1 [1]).

Тип випробувань

Тип випробувань піддаються рукава, які пройшли приймальні випробування, після внесення змін в конструкцію або технологію їх виробництва, які можуть вплинути на технічні характеристики.

При введенні у виробництво випробування на продуктивність рукава при температурі плюс 80 ° С (при витримці за такої температурі не менше 4 годин) проводяться на рукавах в кількості не менше п'яти штук.

З метою обов'язкового підтвердження відповідності випробуванням піддаються дві муфти кожного типу. Вибірка здійснюється шляхом випадкового відбору по ГОСТ 18321 з партії рукавів.

Методи контролю

Приймання, тип випробувань проводяться при температурі (25 ± 10) ° С робочої кімнати.

Візуально слід перевірити покриття (п. 4.3 [1]), маркування (п. 4.5 [1]), стан поверхонь головок і фланців (п.п. 4.1.8 [1]).

Контроль лінійних розмірів (3,2) здійснюється лінійкою по ГОСТ 427 і супортом за ГОСТ 166 або іншим засобом з похибкою вимірювання $\pm 0,5$ мм.

Періодичні випробування проводяться в два етапи: при температурі навколишнього середовища робочої кімнати; кліматичні випробування.

На першому етапі контролюються розміри [1].

На другому етапі випробування проводяться при температурі від мінус 57°C до мінус 60°C на відповідність п.п. 4.1.2 [1] (за методом контролю п. 7.10 [1]).

Випробування герметичності рукавів (п.п. 4.1.2 [1]) проводяться на водяній бані при тиску стисненого повітря $1,0 + 0,1$ МПа. Один кінець рукава підключений, а інший кріпиться до джерела стисненого повітря, при цьому бульбашки повітря не повинні з'являтися протягом 1 хв.

Випробування рукавів на відповідність (п.п. 4.1.1 [1]) проводяться в кліматичній камері при температурі мінус 57°C до мінус 60°C (п.п. 4.1.2 [1]) після проведення випробувань рукавів при вищевказаній температурі не менше 4 годин.

Контроль тиску при випробуваннях рукавів на герметичність (п.п. 4.1.2 [1]) і міцність (п.п. 4.1.3 [1]) повинен здійснюватися манометрами відповідно до ГОСТ 2405 з лімітами вимірювань відповідно: МПа – клас точності не нижче 0,6. Допускається здійснювати контроль іншими засобами вимірювання класу точності не нижче 0,6.

Випробування на роз'єднання рукавів R17B [1] проводяться на спеціальному випробувальному обладнанні. Один кінець з двох з'єднаних рукавів кріпиться до нерухомого кронштейна випробувального обладнання, а інший до рухомої і поздовжньої сили розриву відключає рукави.

Контроль часу при випробуванні витоку здійснюється вимірювальними приладами з похибкою не більше 1 с. Контроль температури в кліматичній камері здійснюється термометром за ГОСТ 28498 або іншими засобами вимірювання класу точності не нижче 1,5.

При моніторингу показників надійності [1] рукави піддаються динамічному навантаженню при циклічній зміні тиску стисненого повітря з нуля до $0,65$ МПа. Тривалість кожного циклу – до 10 секунд. При досягненні 120 000 циклів тиску проводиться візуальний огляд рукавів.

Таким чином, за результатами дослідження технічних вимог до рукавів з'єднувальних залізничного рухомого складу встановлено, що відповідний тип рукава обов'язково контролюється на параметр визначення максимальної сили розтягування, що зазначено в п.п. 4.1.1 ДСТУ ГОСТ 2593.

Список література

1. ДСТУ ГОСТ 2593:2018 Рукава соединительные железнодорожного подвижного состава. Технические условия (ГОСТ 2593-2014, ИДТ) / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Уведено вперше ; чинний від 2018-03-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 20 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАННЯ НА РОЗТЯГУВАННЯ

*Кулик В. С., аспірант; Івченко О. В. к. т. н., доцент;
Денисенко Ю. В., к. т. н. ст. виклада; Жуков М. О., студент, група СТ.мз-02с
Сумський державний університет, м. Суми*

Випробування на розрив є механічним методом випробувань для визначення характеристик матеріалів [1, 2]. Використовується як стандартний метод – в залежності від матеріалу – за відповідним стандартом для визначення міцності на розрив, деформації перелому та інших характеристик [3]. У випробуванні на розтяг зразок розтягується до тих пір, поки він не буде розірваний. Швидкість деформації повинна бути низькою, щоб результат не спотворився. Під час випробування на розтягнення повинна вимірюватися сила і поздовжня деформація зразка [4].

Випробування на розтяг є найбільш часто виконуваними в області механічних випробувань матеріалів, поряд з вимірюванням твердості. Вони призначені для визначення властивостей міцності і деформації при розтягувальній навантаженні. Проводяться на оброблених зразках для визначення характеристик матеріалу з одночасним розтягувальним навантаженням рівномірно розподіленим по перетину, на зразках з розрізом для моделювання багатовісних стресових станів – випробування зразків з розрізом натягу – або навіть на готових виробах (дріт, нитки, пряжа, плівки, кабелі, фасонні елементи, вироби або навіть структурні агрегати) – їх коротко називають просто зразками [1].

У процесі випробування на розтягнення досліджується поведінка матеріалу при постійно зростаючому (плавному) навантаженні – «класичний» квазістатичний випробування на розтягнення при постійному (статичному) навантаженні – тривалий випробування на розтягнення при знако-змінному навантаженні для визначення циклічної кривої стресу / деформації [2]: 1) при кімнатній температурі (10 – 35 °С); 2) при підвищених температурах (до більш ніж 1000 °С); 3) при низьких температурах (до – 269 °С); 4) при дуже низьких швидкостях випробувань – випробування на розтягнення повзучості – або навіть збільшення швидкостей випробування – швидкі випробування на розрив.

Характеристики, отримані в ході випробувань на розтяг, складають основу для розрахунку і розміру статично завантажених виробів і конструкцій, використовуються для визначення характеристик методу обробки матеріалу, призначені для оцінки рівномірності виробництва в області контролю якості і використовуються під час підбору матеріалів для порівняння матеріалів і матеріальних умов.

Розрізняють випробування на розтягнення для наступних видів навантаження [1]: 1) статичний; 2) квазістатичний; 3) циклічні; 4) ударний.

Навантаження вказується як статичне, якщо матеріал піддається постійному навантаженню. У «класичному» випробування на розтягнення

навантаження наноситься з постійним зростанням і плавно (квазістатична). Верхня межа для квазістатичного методу випробувань знаходиться зі швидкістю деформації близько 10^{-1} с⁻¹, тобто максимальна висота, наприклад, деформації не повинна перевищувати 0,1 % в секунду.

Випробування на розтягнення найчастіше проводяться в лабораторії з випробування матеріалів. ASTM D638 є одним з найпоширеніших звітів про випробування на розтягнення. ASTM D638 вимірює на розривні властивості пластику, включаючи міцність на розрив, міцність на вихід, подовження та співвідношення Пуасона. Найбільш поширеною випробувальною машиною, що використовується для розтягування, є універсальна випробувальна машина. Цей тип машини має два траверси: один регулюється для довжини зразка, а інший спрацьовує для застосування сили до випробувального зразка. Існує два типи: гідравлічні та електромагнітні машини. Машини повинні мати відповідні характеристики для зразка, що випробовується. Існує чотири основні параметри [2]: 1) допустима сила – допустима сила відноситься до того, що машина повинна бути здатна створити достатню силу для знищення зразка; 2) швидкість – машина повинна бути в змозі застосовувати силу швидко або досить повільно, щоб правильно імітувати реальне застосування; 3) точність вимірювання довжини – машина повинна вміти точно вимірювати довжину; 4) точність прикладених сил – машина повинна вміти точно вимірювати прикладні сили.

Деформація найчастіше вимірюються за допомогою екстензометру, але тензодатчики також часто використовуються на невеликих випробувальних зразках або при вимірюванні співвідношення Пуасона.

Нові випробувальні машини мають цифрові системи для вимірювання часу, сили і подовження, що складаються з електронних датчиків, підключених до пристрою збору даних (часто комп'ютера) і програмного забезпечення для обробки і виведення даних. Однак аналогові машини все ще відповідають і перевищують вимоги ASTM, NIST і ASM для точності напливних випробувань металів, і продовжують використовуватися і сьогодні [2].

Список літератури

1. Испытание на растяжение. [Електронний ресурс] : – Режим доступу: <https://www.zwickroell.com/ru/otrasli/isyptanija-materialov/isyptanie-na-rastjazhenie/> – Назва з екрана.
2. Конструкционное материаловедение [Текст] / Борисевич В.К., Виноградский А.Ф., Карпов Я.С. и др. : В 2 кн. X.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2001. Кн. 1. Металлы и сплавы. – 456 с.
3. Лахтин Ю.М. Материаловедение [Текст] / Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
4. Степин П. А. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учеб. для вузов / П. А. Степин. – 13-е изд., стер. – С.-Петербург : Лань, 2014. – 320 с.

АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ, ЩО РЕГУЛЮЮТЬ ВИМОГИ ДО МЕТОДІВ ВИПРОБУВАНЬ НА РОЗТЯГНЕННЯ ДЛЯ РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Денисов Р. В., аспірант;
Івченко О. В. к. т. н., доцент;
Денисенко Ю. В., к. т. н. ст. викладач;
Жуков М. О., студент, група СТ.мз-02с
Сумський державний університет, м. Суми*

Проведемо аналіз національних та міжнародних стандартів, що регулюють вимоги до методів випробувань на розтяг розтягнення для різних груп матеріалів:

Перша група матеріалів – метали

ASTM E8 / E8M-13: Стандартні методи випробувань на розтягнення металевих матеріалів (2013);

ISO 6892-1: Металеві матеріали. Випробування на розтягнення. Метод перевірки температури навколишнього середовища» (2009);

ISO 6892-2: Металеві матеріали. Випробування на розтягнення. Метод випробувань підвищеної температури (2011);

JIS Z2241 Метод випробування на розтягнення металевих матеріалів;

Стандарт випробувань 10: «Метод напливних властивостей порошкової металургії (ПМ) Матеріали «Стандартні методи випробувань на розтягнення для металевих матеріалів» (2015).

Друга група матеріалів – композити

ASTM D 3039 / D 3039M: Стандартний метод випробувань на міцні властивості полімерної матриці. Композитні матеріали.

Третя група матеріалів – гнучкі матеріали

ASTM D 638 Стандартний метод випробувань на розтягнення властивостей пластмас;

ASTM D 828 Стандартний метод випробувань на розрив властивостей паперу і паперового картону з використанням апарату постійної швидкості подовження;

ASTM D 882 Стандартний метод випробувань на розтягнення властивостей тонкого пластикового листа;

ISO 37 Гумові, вулканізовані або термопластичні – Визначення властивостей напруження на розтягнення.

Таким чином, проведено аналіз нормативних документів, що встановлюють вимоги до методів випробування на розтягування для визначення вимог до умов проведення відповідних випробувань, їх видів, вимог до устаткування та інших супутніх вимог.

**СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ
І МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ПРОГНОЗОВАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

*Вареник С. В., аспірант кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ
Берладір Х. В., ст. викладач кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ*

Розвиток і вдосконалення полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), а також незмінна потреба сучасних виробництв у них, настійно вимагають створення конкурентоспроможних матеріалів із наперед прогнозованими властивостями і розвитку виробництва високоякісних полімерних композитів із заданими технічними характеристиками.

Питання прогнозування властивостей ПКМ займають провідне місце в матеріалознавстві, тому що в'язкопружні середовища можуть істотно впливати на їх фізико-механічні властивості. У зв'язку з цим, техніко-економічна ефективність застосування нових матеріалів залежить від можливостей прогнозування їх експлуатаційних характеристик.

Завдання прогнозування властивостей ПКМ може бути вирішено як шляхом розвитку нових і ефективних математичних і чисельних методів дослідження, так і з рівнем розуміння фізико-хімічних процесів, що визначають механічні властивості цих складних по структурі матеріалів. Методи розрахунку композитних матеріалів засновані на вирішенні рівнянь механіки суцільного середовища. Воно може бути здійснене як з використанням аналітичних підходів, так і за допомогою методів кінцевих елементів, граничних елементів, кінцевих різниць, кінцевих обсягів та інших чисельних методів, застосованих для конкретних завдань.

В механіці зміцнення ПКМ використовується механізм передачі напружень між більш м'якою матрицею та більш жорстким наповнювачем в ході навантаження. Передача напружень відбувається на межі розділу «полімер – наповнювач». Тому структура і властивості міжфазних поверхонь грають важливу роль у механічних властивостях ПКМ. У зв'язку зі складністю передачі навантажень вирішення проблеми прогнозування властивостей ПКМ аналітичними методами буває проблематичним. Основним чисельним методом вирішення проблем механіки композитів в даний час залишається метод кінцевих елементів.

Дослідження з удосконалення методів моделювання поведінки конструкцій з композитних матеріалів з урахуванням їх структури на різних рівнях організації дозволять оптимізувати їх опір руйнуванню, міцність, плинність, зносостійкість та інші параметри. Крім того, комп'ютерні моделі простіше та зручніше досліджувати, вони дозволяють проводити обчислювальні експерименти, реальна постановка яких утруднена або може дати непередбачуваний результат. Логічність і формалізованість комп'ютерних моделей дозволяє виявити основні фактори, що визначають властивості об'єктів, що вивчаються, досліджувати відгук фізичної системи на зміни її параметрів і початкових умов.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН РУЙНУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА АНАЛІЗОМ ВИДІВ ТА НАСЛІДКІВ ВІДМОВ

*Швецов Д. В., студент гр. МТ-81/1, Кравець В. В., студентка гр. МТ.м-11,
Берладір Х. В., ст. викладач кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ*

Композитні матеріали повинні працювати при більш високих рівнях навантаження та забезпечувати адекватний рівень стійкості до пошкоджень і утворення дефектів. Правило десятикратних витрат свідчить про те, що усунення непоміченої помилки на кожному наступному етапі виробництва продукції коштує удесятеро дорожче, ніж на попередньому. У зв'язку з цим, актуальною темою дослідження є застосування аналізу видів та наслідків відмов, що дозволяє визначати потенційні види відмов на основі минулого досвіду з подібними продуктами або процесами, проектувати ці збої поза системою з мінімальними витратами зусиль і ресурсів, тим самим скорочуючи час і витрати на розробку.

Метою роботи є аналіз видів та наслідків відмов на прикладі експлуатаційних дефектів композитних матеріалів.

Методика дослідження включала методологію проведення аналізу видів та наслідків відмов за чітким алгоритмом, стандартні методи визначення фізико-механічних і триботехнічних властивостей полімерних композитних матеріалів, оптична мікроскопія для дослідження структури матеріалів, методи неруйнівного контролю, методи структурного аналізу матеріалів, методи математичної статистики.

У результаті проведеного аналізу видів і наслідків для оцінки експлуатаційних дефектів полімерних композитів було визначено критичні значення номера пріоритету ризику (НПР) для наступних дефектів:

1. НПР = 245 та є найбільш небезпечним видом дефекту належить різного роду відшаруванням. Тріщини та розшарування у матеріалі можуть відбуватися без пошкодження поверхневих шарів, що ускладнює їх виявлення.

2. НПР = 210 характерно для роз'єднання волокон/матриці, виникає в результаті надмірних локальних напружень перенесення зсуву, особливо там, де присутні короткі волокна. Є внутрішнім дефектом.

3. НПР = 160 характерно для розтріскування матриці. Виникає внаслідок перенапруження матриці через різні умови навантаження і може виникати при відносно низьких навантаженнях, навіть при тепловому розширенні під час циклу затвердіння. Небезпечний вид дефекту пов'язаний з тим, що видиме пошкодження поверхні значно менше, ніж фактичне внутрішнє пошкодження.

Проведений аналіз видів і наслідків на прикладі дефектів полімерних композитних матеріалів дає змогу кількісно оцінити ступінь небезпеки того чи іншого дефекту та впровадити подальші рекомендації щодо контролю якості матеріалів на виявлені небезпечні дефекти у процесі виробництва та діагностування.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОТРИМАННЯ КОМПОЗИЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОТРУБОК

Марченко К. С., фахівець, ТеСЕТ, СумДУ, Суми
Марченко С. В., доцент, ТеСЕТ, СумДУ, Суми

Однією з відмінних властивостей наноматеріалів є можливість їх використання для підвищення характеристик наявних матеріалів без зміни технологічного ланцюга створення з таких матеріалів деталей та заготовок. Так, недостатню міцність епоксидних смол можна компенсувати наповненням композиції вуглецевими нанотрубками. При введенні до 0,01 мас.% одностінних нанотрубок епоксидна композиція після полімеризації підвищує межу міцності на стискання, ударну міцність на 5...15%. [1]

Проте, такі підвищені властивості можуть бути досягнуті тільки у випадку рівномірного розподілу нанотрубок в об'ємі, – в іншому випадку властивості не тільки не підвищуються, а й навпаки. Зважаючи на природну схильність нанотрубок до агломерації завдяки формі, ван-дер-вальсівським силам, проблема розосередження нанотрубок набуває першочергового значення в технологічному ланцюзі.

Одним зі способів ефективного використання наноматеріалів є застосування в технології мастербатчів – композицій-концентратів на основі епоксидних смол, які додаються до матеріалу на певному етапі технології.

Виготовлення мастербатчів, композицій на основі епоксидної смоли Ероху 531 із додаванням 1% одностінних нанотрубок SWNT Tuball (OCSiAl) передбачає етапи розрідження, механічного змішування, ультразвукового диспергування та видалення розріджувача. При використанні УЗДН-1 загальна тривалість процесу диспергування складає 3 години для отримання 100 г мастербатчу.

Розріджувач, який негативно впливатиме на властивості, прибирають шляхом випаровування за температури 80 °С протягом 24 годин у сушарці.

Контроль якості отриманого концентрату проводиться за допомогою аналізу на просвітлювальному мікроскопі: матеріал не повинен містити нерозбиті агломерати розміром більше 1 мкм.

Додавання мастербатчу до композиції проводять шляхом механічного перемішування. Важливо, що кількість уведеного концентрату має мінімально змінювати плинність, щоб не змінити технологічні характеристики матеріалу.

Список літератури

1. J.D.Fidelusa, E.Wiesela, F.H.Gojnyb, K.Schulteb, H.D.Wagner. Thermo-mechanical properties of randomly oriented carbon/epoxy nanocomposites. Електронний ресурс: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2005.02.006> (дата звернення 28.03.22).

ПОВІТРЯНО-ІМПУЛЬСНИЙ МЕТОД ФОРМУВАННЯ У ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Рябуха Я., студ.;

Гальченко І. Г., зав. цикл. комісії,

Павленко В. В., зав. відділ., ВСП «Машинобудівний фаховий коледж СумДУ»;

Берладір Х. В., ст. викл., Сумський державний університет, м. Суми

У машинобудуванні більше половини заготовок для деталей машин виготовляють литтям. Основним процесом виготовлення виливків є лиття в одноразові піщані форми. Однак, цей спосіб дає відносно низьку точність виливків, велику шорсткість поверхні, має низьку продуктивність і не відповідає сучасним санітарно-гігієнічним вимогам. Традиційні способи виготовлення ливарних форм (на пресових, струшувальних або пресово-струшувальних машинах) не дозволяють усунути ці недоліки. Тому дуже актуальною проблемою є підвищення якості ливарних форм, точності і якості виливків, продуктивності формувальних машин і покращення умов праці.

Останнім часом широкого поширення набувають імпульсні формувальні машини. Повітряно-імпульсне ущільнення дозволяє отримати дуже складні форми, з глибокими карманами в оснащенні, з малими зазорами між моделями та між моделями і стінками опок, що підвищує точність виливків і знижує припуски на механічну обробку. Суть повітряно-імпульсного методу формування полягає у тому, що на формувальну суміш, завчасно насипану в опоку, діє короткочасний повітряний імпульс високого тиску, створений з допомогою імпульсної головки.

У результаті суміш з великим прискоренням переміщується униз, різко гальмується об модель і модельну плиту і ущільнюється за рахунок сил інерції. Відпрацьоване повітря виходить крізь клапан в наповнювальній рамці та венті в оснащенні. Тривалість процесу – 1–3 секунди. Цей високоефективний спосіб формоутворення забезпечує високе і рівномірне ущільнення суміші, підвищення геометричної точності виливків, а отже економію металу і зниження трудомісткості механічної обробки. До переваг методу можна віднести також його високу продуктивність, універсальність, покращення санітарно-гігієнічних умов праці і можливість отримання виливків будь-якої складності.

Отже, повітряно-імпульсний метод виготовлення ливарних форм є однією з найкращих альтернатив застарілим методам формування і має широко впроваджуватись у сучасне ливарне виробництво.

ВИБІР МАТЕРІАЛУ ТА ЗМІЦНЮЮЧОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ АПАРАТУ НАПРАВЛЯЮЧОГО НАСОСА ТИПУ ВНС

*Бурлака А. Ю., студент гр. МТ-81/1,
Говорун Т.П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ*

Відцентровий насос секційний (ВНС) – багатоступінчастий насос, призначений для перекачування рідини за допомогою послідовно з'єднаних ступенів, кожна з яких дає приріст енергії потоку рідини і збільшує тиск (напір).

Для виготовлення деталей насосу економічно доцільно використовувати найбільш якісні конструкційні матеріали та передові технологічні методи їх зміцнюючої термічної обробки.

Одним з компонентів насосу є направляючий апарат. Направляючий апарат являє собою кільце, що охоплює з невеликим зазором робоче колесо і складається з двох дисків із лопатками, відігнутими в бік, зворотній до напрямку лопаток робочого колеса.

Даний апарат направляючий працює в умовах кавітації та гідроабразивного зношування.

Рідина, що викидається з робочого колеса, рухається з великою швидкістю. Для зменшення гідравлічних втрат в насосі швидкість рідини повинна бути перетворена в тиск за допомогою спеціального пристрою – направляючого апарату.

Направляючий апарат – частина проточної порожнини насоса, що приймає переміщуване середовище з робочого колеса і частково перетворює енергію цього середовища в потенційну.

Відводи забезпечують відведення рідини від колеса з найменшими втратами і по можливості без порушення вісесиметричного потоку в колесі. При цьому швидкість потоку повинна поступово зменшуватися до швидкості в початковому перетині приймального трубопроводу. У відцентрових насосах направляючий апарат призначений для того, щоб потік рідини, що надходить з робочого колеса, відвести в певному напрямку і одночасно перетворити кінематичну, енергію потоку в потенційну енергію тиску.

Апарати направляючи виготовляють за допомогою лиття та в деяких випадках за допомогою фрезерування на станках ЧПУ із заготовленого металевого кільця або круга.

Матеріали для виготовлення апарату направляючого повинні відповідати відповідним стандартам на такі матеріали при виробництві даних деталей, в іншому випадку матеріал не може бути використаний при виробництві деталі. Матеріал для виготовлення апарату направляючого повинен відрізнятися довговічністю, надійністю і витримувати динамічні навантаження.

Вибір матеріалу і термічної обробки апарату направляючого визначається в залежності від умов роботи деталі.

Основними матеріалами для апаратів направляючих є вуглецеві та леговані сталі завдяки високим механічним властивостям та здатності до зміцнення термічною обробкою, а також іноді використовують і чавуни. Найчастіше надають перевагу таким маркам сталі: 25Л, 25ГЛ, 20Х13. Рідше застосовують багатокомпонентні леговані сталі типу 08Х14Н7МЛ (ВНЛ-1).

Даний апарат направляючий працює в агресивних водних середовищах при низьких температурах, тому для нього була використана сталь 08Х14Н7МЛ.

Сталь 08Х14Н7МЛ – це сталь для виливок легована з особливими властивостями. Дану сталь використовують для корозійностійких деталей, працюючих при кімнатних та низьких (до $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) температурах. Також сталь є корозійностійкою аустенітно-мартенситного класу.

Сталь 08Х14Н7МЛ є ливарною і згідно маркуванню містить порядку 0,08 % кремнію, 14 % хрому, 7 % нікелю, до 1 % молібдену.

Для сталей цієї групи в якості термічної обробки використовують гартування, обробку холодом та відпуск.

В нашому випадку діаметр апарату направляючого дорівнює 410 мм. Для деталі з таким діаметром та максимальною товщиною металу 36 мм доцільно використовувати гартування вище точки A_{c3} при $1100\text{--}1120\text{ }^{\circ}\text{C}$ з витримкою 75-90 хвилин та охолодженням на повітрі. Оскільки в сталі 08Х14Н7МЛ міститься 0,08 % вуглецю, то після гартування структура сплаву складається з мартенситу.

Після охолодження виливка до температури цеху, але не пізніше ніж через 6-7 годин, виливок потрібно помістити до холодильної камери.

Кріогенна обробка металів (обробка холодом) – це процес обробки металевих заготовок і готових металевих виробів при низьких температурах з метою підвищення зносостійкості деталей. Даний вид термічної обробки сприяє збільшенню твердості, зносостійкості і міцності металів в результаті трансформації залишкового аустеніту в мартенсит.

В нашому випадку деталь буде працювати при низьких температурах, тому для неї проводиться обробка холодом з метою підвищення зносостійкості. Перетворення $A_{\text{зал}}$ в мартенсит не відбувається, оскільки в нашій сталі кількість вуглецю менше 0,6 %. Для даного апарату направляючого після завантаження виливка до охолоджуючої камери треба охолодити його до температури $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ з витримкою 120-150 хвилин. Після проходження цього часу необхідно виїняти виливок з охолоджуючої камери та нагріти до температури цеху.

Остаточною операцією термічної обробки являється відпуск. При відпуску відбувається зменшення внутрішнього напруження, і чим більше значення, тим вища температура відпуску. Отже, в нашому випадку використовуємо відпуск для зняття внутрішнього напруження при $250\text{--}350\text{ }^{\circ}\text{C}$ з витримкою 120-150 хвилин та охолодженням на повітрі.

Після термічної обробки твердість апарату направляючого складає 32-39 НРС.

ПОКРАЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІЖУЧОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО ІНСТРУМЕНТУ ШЛЯХОМ СИНТЕЗУ ОКСИДНО-НІТРИДНИХ КОМПЛЕКСНИХ ПОКРИТТІВ

Варакін В.О., аспірант, Говорун Т.П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ

Перспективним способом підвищення експлуатаційних характеристик інструменту є застосування ріжучих пластин зі зносостійкими покриттями, які захищають контактні поверхні від дії високої температури. Високі експлуатаційні характеристики пластин з покриттям визначаються, як властивостями покриття – висока твердість, теплостійкість, інертність до оброблюваного матеріалу, так і заданими властивостями основи – міцність, в'язкість, опір втоми та ін.

Зносостійкі покриття можуть знижувати контактні навантаження, перерозподіляти теплові потоки, що призводить до зменшення термомеханічної напруженості ріжучого клина і збільшення стійкості інструменту більш ніж у 3 рази, а також швидкості різання до 60 %. Як такі покриття використовуються карбіди, нітриди та карбонітриди металів IVa – VIa груп періодичної системи хімічних елементів, серед яких широкого поширення набули титан, хром, цирконій, алюміній. Останнім часом найбільша увага приділяється покриттям на основі сполук алюмінію [1].

На теперішній час найбільш перспективними напрямками розвитку зміцнювальних технологій для твердосплавного інструменту є нанесення зносостійких покриттів методами хімічного насичення (CVD-процес) або фізичного насичення (PVD-процес) або їх комбінації. Процеси PVD і CVD, засновані на різних явищах. Метод хімічного осадження (CVD) практично не має обмежень щодо хімічного складу покриттів. Покриття наноситься на всю поверхню виробу. При фізичному осадженні (PVD) матеріал покриття переходить з твердого стану в газову фазу в результаті випаровування під впливом теплової енергії або в результаті розпилення за рахунок кінетичної енергії зіткнення частинок матеріалу [1].

Останнім часом найбільша увага приділяється покриттям на основі з'єднань алюмінію, це в основному нітриди та складні оксинітриди. Найбільш ефективним є покриття, до складу якого входить оксид алюмінію. Дане покриття наближається за властивостями до надтвердих матеріалів, але має більш широку сферу застосування, від обробки конструкційних матеріалів до спецсплавів. За допомогою сучасних фізичних методів неможливо отримати високотемпературну модифікацію Al_2O_3 у зв'язку з тим, що максимальна температура нанесення покриття відомими методами не досягає необхідної - 1200 °С.

Список літератури

1. A.D. Pogrebnyak, M.A. Lisovenko, A. Turlybekuly, V.V. Buranich, Protective coatings with nanoscale multilayer architecture: Current state and main trends // Physics-Uspekhi this link is disabled, Vol. 64(3), pp. 253–279 (2021). doi: <https://doi.org/10.3367/UFNe.2020.08.038823>.

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ БУРОВОГО ІНСТРУМЕНТУ

*Тягно С.В. студент гр. МТ-81;
Гапонова О. П., доцент, СумДУ, м. Суми*

Бурильна труба – це інструмент, який використовується при бурінні свердловин, що забезпечує передачу крутного моменту від приводу до долота, а також циркуляцію бурового розчину на забої [1]. Робота бурильних труб протікає в умовах комбінованих навантажень, проте статистичні дані показують, що більше 60% бурильних труб відбраковуються через абразивно-фрикційний знос замкового з'єднання по зовнішньому діаметру [2].

При експлуатації бурильних труб, спостерігається рівномірний і нерівномірний знос, а також утворення рисок і задирів на робочих поверхнях деталей. Оскільки при роботі труба піддається нерівномірному зносу. Особливо швидкому зношуванню піддаються бурильні замки, перш за все через стирання об стінку свердловини [3].

Існують різні технології відновлювального ремонту замкових з'єднань бурильних труб, проте найбільшого поширення, як найбільш ефективний, отримав метод відновлення наплавленням. Процес наплавлення включає в себе нанесення розплавленого металу на оплавлену металеву поверхню з подальшою його кристалізацією, в результаті чого створюється шар із заданими властивостями.

Метою роботи є забезпечення необхідного рівня властивостей замкових з'єднань бурильних труб після відновлення електродуговим наплавленням, на основі матеріалознавчих досліджень впливу умов наплавлення на хімічний склад та твердість поверхні [4].

З усіх видів наплавлення захисного, зносостійкого шару рекомендуємо метод електродугового наплавлення в захисних газах, швидкість наплавлення шару металу скорочується за рахунок автоматичного наплавлення порівняно з ручним дуговим зварюванням за допомогою електродів, також економічно вигідно використовувати порошковий дріт замість електроду. Наплавлення здійснюємо на прямій полярності з підключенням «мінуса» на електрод і «плюса» на трубу. По всій ширині наплавляємо валик, в зоні впливу формується загальна ванна рідкого металу. Наплавлення здійснюємо при переміщенні дроту в прямому і зворотному напрямку уздовж осі обертання труби.

В якості зразків для дослідження обрана сталь 40ХМФА. Відповідно до креслення виробу «труба бурильна» поверхнева твердість повинна складати НВ 290-390. Враховуючі вимоги до деталі розрахунковим методом обраний склад шихти для порошкового дроту.

За результатами дослідження були проведені заміри твердості за методом Брінелля, відповідно до стандартних методик, на трьох перших шарах наплавлення. Результати дослідження показали, що наплавлене покриття має рівномірну твердість на першому, другому та третьому шарі (табл. 1).

Методом спектрального аналізу визначений хімічний склад наплавленого шару на підкладці з такого ж матеріалу як і деталь. В таблиці 1 представлені результати дослідження.

Таблиця 1 – Хімічний склад та твердість порошкового дроту

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ti	Mo	Твердість, HB
0,15	0,28	1,46	0,012	0,012	1,22	0,16	0,50	327

Відповідно до табл. 1 твердість отриманого наплавленого шару відповідає вимогам. Хімічний склад наплавленого металу підібраний таким чином, щоб забезпечити необхідну твердість, а також механічні властивості шару. Очевидно, що в поверхневому шарі формуються карбіди титану, молібдену, хрому та інших карбідотвірних елементів, що забезпечують достатню твердість наплавленому шару. Для оцінки впливу хімічного складу на міцність та інші механічні та триботехнічні властивості необхідно провести більш глибокі дослідження.

Отже, процес відновлення буринних труб є безперечно економічно доцільним способом відновлення працездатності виробу, порівняно з повною утилізацією відпрацьованих деталей. Метод електродугового наплавлення в захисних газах з використанням порошкового дроту порівняно з ручним дуговим зварюванням за допомогою електродів є економічно вигідним, за рахунок більшої ефективності та швидкості наплавлення металу на поверхню деталі, також зварювання в захисному газі надійно захищає розплавлений метал від впливу повітря та зменшую розбризкування металу порівняно з ручним дуговим зварюванням.

Список літератури

1. Бойко В. С. Словник-довідник з нафти і газу / В. С. Бойко, Р. В. Бойко. – Київ: Міжнародна економічна фундація, 2004. – 560 с.
2. Глазов В. А. Восстановительная наплавка замков буринных труб / В. А. Глазов, Д.Н. Работинский, А.Н.Дьяков // Бурение и нефть. – 2013. – №4. – С. 15-20.
3. Коржик Н. Ф. Основные закономерности трения и изнашивания элементов буринной колонны в скважине / Н. Ф. Коржик, Я. В. Коржик, А. Р. Косив. – Івано-Франківськ: ІФІНД, 1989. – (УкрНПНТІ). – (1283)
4. Олександрів А. Г. Експлуатація зварювального обладнання / А. Г. Олександрів, І. І. Заруба, І. В. Пеньковський. – Київ: Будівельник, 1992. – 212 с.

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ТЕРТЯ В ЗОНІ ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ РІЖУЧИМ ІНСТРУМЕНТОМ ІЗ БАГАТОШАРОВИМ ПОКРИТТЯМ

Білоус Д.О., аспірант,

Гончаров О.А., доктор ф.-м. наук, професор, каф.ПМіМСС, СумДУ

Механічна обробка металу – це важкий процес пластичної деформації, що характеризується неоднорідною термомеханічною деформацією металу з високими швидкостями деформації, що призводить до зміни мікроструктури та властивостей матеріалу. У випадку моделювання тертя, часто використовуються дуже спрощені моделі тертя (наприклад, кулоновське тертя) в моделюванні механічної обробки. Основними причинами цього є обмежені знання про складні фрикційні взаємодії на поверхнях розділу інструмент-деталь, а також відсутність відповідних експериментальних методів для вимірювання відповідних параметрів моделі тертя в умовах, характерних для різання металу.

Домінуючим механізмом тертя ковзання, як правило, є адгезійна взаємодія між поверхневими нерівностями, особливо для нев'язкопружних матеріалів. Однак більш грубі контактні поверхні та знос інструменту призводять до більш інтенсивної пластичної деформації нерівностей, що збільшує тертя. Адгезія і пластична деформація, як домінуючі явища тертя, інтегровані в молекулярно-механічну теорію тертя, розроблену Крагельським та ін. [1]. Ця концепція тертя була використана для прогнозування висоти шорсткості. Наявність трьох основних механізмів тертя було підтверджено в макроскопічній концепції тертя, яка називається генезис тертя. Експериментально визначені такі типові значення трьох складових коефіцієнта тертя (максимальні значення в дужках): $\mu_a = 0-0,4(0,51)$, $\mu_d = 0-0,43(0,75)$ і $\mu_p = 0-0,4(1,0)$.

Загалом значення коефіцієнта тертя, які використовуються при аналітичному та чисельному моделюванні різання металу, значно нижчі, ніж ті, що вимірюються в випробуваннях при ортогональному різанні. Моделі приймають значення коефіцієнта $\mu = 0-0,5(0,6)$, тоді як експериментально отримані значення можуть перевищувати 1, а іноді наближатися до 2(3).

Список літератури

1. Kragelsky I. V., Dobychin M. N., Komalov V. S. Friction and wear: calculation methods. – Elsevier, 2013. – 474.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ БАГАТОШАРОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ АДИТИВНИМ МЕТОДОМ

*Білоус О.А., доцент кафедри МА і МО, Пахненко Д.В., магістрантка,
гр. МТ.м-11, Говорун Т.П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ*

В останні роки отримав розвиток новий комплекс технологій у машинобудуванні – це технології додавання або адитивні технології, які ґрунтуються на додаванні невеликих порцій матеріалу у наплавлену структуру. Процес отримання адитивних виробів має багато спільного зі зварювальними процесами [1]. Вироби створюються за рахунок розплавлення концентрованими (зварювальними) джерелами енергії металевого порошку, зварювального дроту суцільного перерізу або порошкового дроту. При формуванні структури наплавленого металу застосування адитивних методів дозволяє сформувати більше однорідну та дисперсну полікристалічну або кристалографічно досконалу монокристалічну структуру металу порівняно з традиційною литою структурою.

Для проведення комп'ютерного моделювання процесу адитивного наплавлення обов'язково враховується залежність фізико-металургійних властивостей сталей, що моделюються, від температури нагрівання. Основною задачею програмної реалізації процесу формування відповідної структури є об'єднання процесів дифузії, тепло- та масопереносу, гідродинаміки, механіки деформованого твердого тіла в одне взаємозалежне завдання. У процесі моделювання враховувались фізичні процеси у вигляді модулів: модуль теплопередачі, модуль дифузії, модуль структурної механіки та модуль розв'язання диференціальних рівнянь у частинних похідних.

Розв'язання диференціальних рівнянь проводиться методом кінцевих елементів, шляхом побудови неоднорідної адаптивної сітки та завдання у кожному елементарному об'єкті сітки інтерполяційного багаточлена Лагранжа другого порядку. У розрахунках приймалася модель пружно-пластичного матеріалу. Напруги та деформації в моделі враховані як такі, що виникають у результаті розвитку усадкових явищ зменшення об'єму матеріалу при охолодженні.

Використання адитивного процесу формування наплавленого матеріалу дозволяє створювати штучні періодичні структури, що володіють контрольованою анізотропією властивостей за структурою, складом, теплофізичними властивостями.

Список літератури

1. Jandric Z., Labudovic M., Kovacevic R. / Effect of heat sink on microstructure of three-dimensional parts built by welding-based deposition // International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2004. – № 44(7–8). – p. 785–796.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ТИСКОМ

Хижняк С.М. студент гр. МТ-81/1, Іщенко С.М. студент гр. МТ-81-1, Дегула А.І. доцент кафедри ПМ і ТКМ СумДУ, Суми.

Обробка матеріалів тиском (ОМТ) – це комплекс технологій, за допомогою яких отримують заготовки (а іноді й деталі) завдяки здібності багатьох матеріалів до пластичної деформації під впливом зовнішній сил без порушення його цілісності, яке супроводжується зміною структури та механічних властивостей матеріалу [1].

Проектування технологічних процесів в сучасних CAD/CAM/CAE системах дозволяє скоротити витрати, що можуть з'явитися у процесі виробництва, оскільки є можливість більш точно прогнозувати дефекти різного роду, що пов'язані із недосконалою технологією [2].

QForm - це програма, яка з самого початку розроблялася насамперед для фахівців ковальсько-штампувального виробництва. Програма забезпечує всебічне опрацювання технологічних процесів у віртуальному оточенні. Розрахунок може спроектувати будь-яку послідовність операцій, в яку можуть входити попередні та проміжні операції нагрівання/охолодження, фасонування.

Область застосування QForm включає процеси об'ємного штампування (холодного та гарячого), кування, пресування, вальцювання, розкочування, прокатки тощо [3].

DEFORM-3D — це потужна система моделювання процесу, призначена для аналізу тривимірного (3D) потоку складних процесів формування металу. DEFORM-3D є практичним та ефективним інструментом для прогнозування потоку матеріалу в промислових операціях формування без витрат і затримок цехових випробувань. DEFORM-3D — це «відкрита система», яка надає неймовірну гнучкість дизайнерам і аналітикам, які працюють над різними додатками, розробками та дослідженнями [4].

Список літератури

1. Методичні вказівки з дисципліни “Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство” до виконання лабораторного практикуму з розділу “Обробка матеріалів тиском, частина I (отримання машинобудівних профілів)” для студентів механічних спеціальностей усіх форм навчання / Укл.: Трофименко В.В., Клименко О.П., Овчаренко В.І. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2012. – 24 с.

2. Дослідження процесу штампування заготовки деталі «муфта» із використанням програми DEFORM / В.Д. Каразей, К.С. Соколан, П.П. Решетник // Проблеми трибології (Problems of Tribology).-2017,- № 2,- с.56-61

3. QForm можливості та демонстрація [Електронний ресурс]: Режим доступу - https://www.intersed.kiev.ua/qform_

4. Deform products [Електронний ресурс]: Режим доступу - <https://www.deform.com/products/deform-3d/>

ВИБІР МАТЕРІАЛУ І ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ «СКОБА-КАЛІБР»

*Хвостенко Р. О., студент гр. МТ-81,
Говорун Т.П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ*

Жодне точне виробництво неспроможне успішно функціонувати без вимірювальних робіт. Калібр – засіб вимірювальної техніки, призначений для контролю, який відтворює геометричні параметри елементів виробу, що визначаються заданими граничними лінійними чи кутовими розмірами, і який контактує з елементом виробу поверхнями, лініями чи точкам. Калібри призначаються головним чином для вимірювання одного певного розміру.

За областю використання калібри поділяють на: робочі, які застосовують для контролю виробів під час їх виготовлення на робочому місці; приймальні, з якими працюють працівники ВТК (відділ технічного контролю) при прийомі виробів; контрольні, які використовуються для контролю робочих калібрів і регульованих калібрів-скоб; установчі, які використовують для установки на заданий розмір регульованих калібрів і вимірювальних засобів. За видами контролюючих поверхонь розрізняють: калібри-пробки; калібри-скоби; калібри-кільця та калібри-втулки. За способом вимірювання калібри розрізняють на нормальні і граничні. Нормальні калібри мають один розмір, який бажано отримати на виробі. Придатність виробу визначається входженням до нього калібру з більшим або меншим ступенем щільності. Користування нормальними калібрами вимагає великої кваліфікації та досвіду робітника та контролера.

Крім вимірювальних та контрольних скоб, виділяють скоби-калібри. Скоба – це спеціальний інструмент вимірювання, призначений для точного вимірювання лінійних розмірів і діаметра деталей циліндричної форми (вал, втулка тощо). Скоба-калібр використовується для контролю розмірів деталей типу тіл обертання. Недостатня точність проведених вимірювань призводить до неякісної збірки вузлів і устаткування, зменшує надійність роботи і довговічність при експлуатації, збільшує небезпеку раптових відмов. Тому до зазначеного інструменту при виготовленні повинні пред'являтися певні вимоги, що забезпечують його якість.

Скоба-калібр відноситься до вимірювального інструменту і служить для перевірки розмірів виготовлених деталей. При вимірах поверхня інструмента безпосередньо стикається з поверхнею деталі, що перевіряється і зношується. Тому поверхня інструменту повинна бути твердою і зносостійкою для збереження розмірів і форми в процесі роботи. Також до зазначеного інструменту при виготовленні повинні пред'являтися певні вимоги, що забезпечують наступні його якості. Певні технологічні вимоги залежать значною мірою від обраної технології виготовлення напівфабриката-заготовки. Основними вимогами повинні бути наступні: остаточно оброблені поверхні робочих крайок контролювати методом кольорової або методом

магнітної дефектоскопії, дефекти не допускаються; непаралельність робочих поверхонь по всій довжині не більше 0,005 мм; твердість торцевих робочих поверхонь не менше HRC 60; кількість залишкового аустеніту в структурі не повинно перевищувати 5 %; місцеве зниження твердості порівняно із необхідною (плямистість) на робочих поверхнях скоби не допускається; викривлення скоби щодо робочих поверхонь не повинно перевищувати 5 % довжини вимірювальних кромок; твердість незміцненого обсягу матеріалу скоби HB 180-200.

Залежно від форми вимірювального інструмента, співвідношення геометричних розмірів, вимог корозійної стійкості для виготовлення плиток, пробок, лінійок, лекал, скоб-калібрів, кутників і шаблонів використовують сталі типу ХВГ, ШХ15, У10А, 20, 20Х, 50Х, 40Х13. В залежності від якості інструменти оснащуються змінними губками або твердосплавними напайками.

Вимірювальний інструмент і, зокрема, скоби-калібри в процесі експлуатації практично не відчувають дії зовнішніх навантажень і довговічність їх роботи визначається ступенем втрати точності вимірювання геометричних параметрів вимірюваної деталі, тобто зносостійкістю робочих крайок, яка буде визначатися твердістю поверхневого шару, структурою маля і наявністю залишкових внутрішніх напружень від операцій, що виконуються при виготовленні інструментів. Структура і властивості в поверхневому шарі вимірювального інструмента формуються під впливом теплової обробки при термічній або хіміко-термічній обробці (ХТО), та при остаточній механічній обробці – шліфуванні, поліруванні, шабруванні або притиранні.

Дефекти при термообробці можуть бути обумовлені різними причинами: безпосередньо пов'язані з процесом термообробки, а в іншому – металургійною якістю сталі, конструкцією інструмента або технологією отримання напівфабрикату – заготовки. Дефекти при термообробці можуть бути такі: велике зерно внаслідок перегріву сталі, місцеве зниження твердості (плямистість), цементитна сітка, підвищена кількість залишкового аустеніту, наявність тріщин від структурно-термічних напружень, викривлення інструменту. Таким чином, основною умовою для відсутності дефектів у вимірювальному інструменті скоби-калібрі і виникнення їх в процесі експлуатації є попередження браку при термічній обробці вимірювального інструмента: дотримання призначених режимів термічної обробки, перевірка обладнання і оснащення до виконання технологій термічної обробки, контроль ванн охолодження, попередній контроль окремих параметрів інструмента.

Режими термічної обробки, що забезпечують необхідні властивості при виготовленні скоби-калібру і подальшої її експлуатації будуть залежати від температур нагрівання, витримки та подальшої швидкості охолодження, які визначаються складом сталі, вихідною структурою попередньої обробки і цілей термічної обробки.

ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ВТУЛКИ ГЦН-195М

*Негреба Н. Ю., студент гр. МТ-81, Чумаков Д. С., аспірант,
Харченко Н. А., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ*

Атомна енергетика - найважливіша галузь глобальної енергетики. Явна перевага атомних електростанцій (АЕС) – низька собівартість електроенергії, відсутність викидів аерозолів та парникових газів в атмосферу [1].

В даній роботі вивчається деталь втулка головного циркуляційного насосу ГЦН-195М. Втулки виконують роль захисту та підвищують тривалість роботи значних вузлів та агрегатів. Втулки гарантують надійність у роботі важливих частин механізмів, їх використання зменшує ймовірність появи аварійних ситуацій [2]. Роль втулки ГЦН-195М – цапфа, тобто є опорою для підшипників і самого валу насосу. Умови роботи втулки є агресивна середа, що включає в себе: агресивне середовище (занурення у воду); радіація; контактне тертя із валом насосу, відповідно – тертя, зношування та нагрівання. Виходячи із критичного аналізу умов роботи втулки, вимогам, які висуваються до готового виробу, можна рекомендувати використовувати сталь 25Х17Н2Б-Ш з наступною термічною обробкою.

Сталь 25Х17Н2Б-Ш відноситься до корозійностійких сталей мартенситно-аустенітного класу, особливо високоякісна, отримана електрошлаковим переплавом. Електрошлаковий переплав - процес, при якому метал переплавляється у ванні електропровідного шлаку. При такому способі переплаву підвищується якість сплавів [3].

Оптимальна термічна обробка втулки ГЦН-195М зі сталі 25Х17Н2Б-Ш складається з відпалу, гартування, обробка холодом і відпуску. Встановлено, що максимальний розмір макродефектів становить 1 бал. Виявлені центральна пористість і загальна п'ятниста ліквіація. Виявлене неметалеве включення представляє собою оксид точковий 1 бал. В результаті проведення випробувань на стійкість до міжкристалітної корозії було встановлено, що сталь 25Х17Н2Б-Ш, із якої виготовлена втулка ГЦН-195М, стійка до міжкристалітної корозії. В результаті проведення випробувань на механічні властивості були отримані наступні значення: $\sigma_{0,2} = 1180$ МПа; $\sigma_b = 1480$ МПа, $\delta = 13$ %, $\psi = 48$ %, 28 HRC; KCU= 51 Дж/см². Встановлено, що обрана сталь 25Х17Н2Б-Ш та рекомендований режим термічної обробки як найкраще підходить для виробництва втулок ГЦН-195М.

ЛІТЕРАТУРА

1. Атомна енергетика у світі насоси. Атомна енергетика : веб-сайт. URL: <http://surl.li/btufq>;
2. Втулки. Машинобудування : веб-сайт. URL: <https://rubearing.ru/vtulki>;
3. Електрошлаковий переплав. Металургія : веб-сайт. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1412836>.

ТЕХНОЛОГІЯ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «КОЛЕСО РОБОЧЕ» НАСОСУ

Голуб Н. Р. студентка гр. МТ-81, СумДУ, м. Суми

В динамічних машинах передача енергії потоку рідини від вала відбувається за допомогою робочого колеса з профільованими лопатями. Робоче колесо складається із втулки з лопатями, зв'язаних з нею безпосередньо або за допомогою одного чи двох дисків. Робоче колесо найчастіше містить 6-8, а інколи і до 12 лопатей. В насосах, призначених для перекачування багатофазних середовищ (з вмістом піску, ґрунту, шламу тощо) або сильно забруднених каналізаційних вод, канали в робочих колесах значно розширені, а число лопатей зменшено.

Для робочих коліс насосів залежно від їх призначення використовують різні матеріали: чавун і вуглецеву сталь; хромисті і хромонікелеві сталі; сплави кольорових металів, хромонікелеву сталь, титан, пластмаси, кераміку тощо. Робочі колеса відцентрових насосів, що працюють в агресивних середовищах, виготовляють із аустенітних сталей типу 12X18H10T.

Метою роботи є вибір термічної обробки робочих коліс відцентрового насоса, що виготовлені зі сталі 12X18H10T.

Корозійностійка хромонікелева сталь 12X18H10T з різним ступенем зміцнення використовується при необхідності поєднання високих характеристик міцності і пружних властивостей металу, що працює в умовах середньої агресивності. У хромонікелевих аустенітних сталях типу 18-10 залежно від температурно-тимчасових умов обробки можуть відбуватися такі фазові перетворення: 1) виділення надлишкових карбідних фаз і σ -фази при нагріванні в інтервалі 450-900 °С; 2) утворення в аустенітній основі δ -фериту при високотемпературному нагріванні; 3) утворення α -фази мартенситного типу при холодній пластичній деформації або охолодженні нижче кімнатної температури. Виділення карбідних фаз пов'язують із появою схильності сталі до міжкристалічної корозії (МКК). Вона насамперед визначається концентрацією вуглецю. При введенні в сталь сильних карбідоутворювачів Ti й Nb при температурах вище 700 °С переважно виділяються спеціальні карбіди типу TiC або NbC, що сприяють зниженню схильності до МКК.

Метою термічної обробки є одержання аустенітної структури, зняття внутрішніх напружень й усунення схильності до МКК, що виникає при зварюванні, гарячій обробці тиском або інших технологічних операціях.

Оптимальною термічною обробкою для цих сталей є гартування з 1050°С-1080°С в воді. Більш високі температури недоцільні через можливий ріст зерна й початку розчинення спеціальних карбідів. Після гартування сталі одержують оптимальне поєднання характеристик механічних властивостей і корозійної стійкості.

Робота виконана під керівництвом Гапонової О. П.

ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ АКТИВАТОРУ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ХРОМОАЛІТОВАНОГО СПЛАВУ ВТ6

*Лоскутова Т.В., професор кафедри ФМТО, КПІ ім.Ігоря Сікорського,
Погребова І.С., професор кафедри ТЕХВ, КПІ ім.Ігоря Сікорського,
Береза М.В., студентка гр. ФМ-81-2, КПІ ім.Ігоря Сікорського
Циганков М.М., студент гр. ФТ-11мн, КПІ ім.Ігоря Сікорського
Голіков М.А., студент гр.ФМ-11 мп, КПІ ім.Ігоря Сікорського*

Пошук нових зносостійких, корозійностійких, жароміцних покриттів, які здатні розширити експлуатаційні можливості титану та титанових сплавів, інтенсивно ведеться серед вітчизняного та іноземного кола науковців. Існує велика кількість методів і способів нанесення захисних покриттів, кожен з яких, маючи свої характерні особливості, забезпечує одержання на металах та сплавах поверхневі шари, що відрізняються за складом, структурою, густиною, міцністю зчеплення з основою. Якісні покриття з унікальним комплексом фізико-хімічних і механічних властивостей утворюються в процесі дифузійного насичення в ізотермічних умовах з використанням штучно створених активізованих середовищ [1-2]. Досить широке використання мають дифузійні покриття на основі нітридів, карбідів, інтерметалідів металів. Серед них особливої уваги заслуговують покриття на основі титану, хрому, алюмінію та деяких інших [2].

Одним із факторів, що впливає на процес дифузійного насичення є кількість активатора у вихідній суміші. В якості об'єкта досліджень було обрано конструкційних титановий сплав ВТ6. Хіміко-термічну обробку сплаву ВТ6 проводили порошковим контактним методом при температурі 1050°C протягом 4 годин в насичуючій суміші наступного складу: Cr (45%мас), Al (10%мас), Al₂O₃ (37%мас) та активатор NH₄Cl в кількості 5%мас та 8%мас.

Отримані покриття індитифікували по структурі, фазовому, хімічному складам. Встановлено, що після проведеного алюмохромування в насичуючій суміші з кількістю активатора 5%мас на поверхні сплаву ВТ6 формується дифузійне покриття, яке складається з алюмінідів титану: зовнішній шар покриття на основі сполуки Al₃Ti, проміжний Al₂Ti, під яким розташовується шар AlTi, безпосередньо до основи примикає алюмінід титану AlTi₃. Загальна товщина покриттів складає 26,5-30,0 мкм. Відповідно до отриманих даних порядок розташування кожного шару покриття відбувається у відповідності до діаграми стану Al-Ti [3]. При цьому, на зовнішній стороні покриття зафіксовано фазу (Al₇CrTi₂)_{0,4}.

Мікроструктурним аналізом визначено, що отримані покриття мають сіру поверхню, сколів, відшарувань не спостерігалось. Мікрорентгеноспектральним аналізом визначено, що у приповерхневій області міститься 59,9-60,5 % мас. алюмінію; 35,3-25,0 % мас. титану, 1,8-2,5 % мас. ванадію, 4,3-9,3 % мас. хрому, що добре корелює з результатами рентгенофазового аналізу. В зонах шарів Al₂Ti та AlTi кількість алюмінію досить висока і досягає 48,9-50,1 % мас., вміст титану та ванадію 46,1-49,9 %

мас., 1,6 % мас, відповідно. Біля границі розділу покриття з підкладкою вміст алюмінію в фазі $AlTi_3$ становить 25,0-33,5 % мас. ; титану – 76,5-79,8 % мас.; ванадію – 2,28 % мас. Під покриттям було виявлено перехідну зону, на основі α -Ti, що вирогідно пов'язано з підтягуванням Al до покриття, вміст якого становить 18,9-20,0 % мас.

Збільшення кількості активатора NH_4Cl в насичуючій суміші до 8%мас за решта рівних умов насичення призводить до зміну структури, фазового та хімічного складів покриття.

Основною відмінністю покриттів отриманих з підвищеною кількістю активатора є наявність на поверхні покриттів тонкого шару, що відповідає фазам TiN , Ti_2AlN . Формування нітридних фаз відбувається з рахунок утворення азоту в результаті дисоціації NH_4Cl . Встановлено, що при прийнятих умовах насичення на зовнішній зоні покриття на основі нітриду титану TiN , товщиною 1,5-2,0 мкм, міститься 7,9-8,0% мас. алюмінію, 78,2-78,5% мас. титану, 1,0%мас. ванадію. Крім цього, цей шар містить 12,6-12,8% мас. азоту. Далі розташовано шар товщиною 3,5-4,0 мкм на основі Ti_2AlN з підвищеним вмістом алюмінію (17,9-19,2% мас.), вміст азоту, титану, ванадію в ньому становить : 5,5-6,3%мас, 74,4-74,8%мас., 0,9-1,0%мас., відповідно. Безпосередньо під нітридними фазами розташовується шар на основі інтерметаліду за участю титану, алюмінію, хрому Al_3Ti , товщиною 3,0-3,5 мкм, який містить 53,5-60,2%мас. алюмінію, 30,3-31,7% мас. титану, 0,6-0,9%мас. ванадію. В даному шарі спостерігається підвищений вміст хрому-7,4-15,6%мас. Азот в даній зоні зникає. Отриманий шар був ідентифікований нами як сполука $Al_3(Cr,Ti)$ Далі по мірі просування вглиб покриття спостерігається шар товщиною 6,5-7,0 мкм на основі Al_2Ti , що містить 50,3-50,6%мас. алюмінію, 44,2-46,5% мас. титану, 1,0-1,8% мас. ванадію. Кількість хрому в цій фазі зменшується і становить 1,4-4,2%мас.. До основи примикає шар товщиною 2,5-3,0 мкм, що містить 19,4-19,9%алюмінію, 77,0-77,5%мас титану, 0,8-1,3 хрому, 1,8-2,3%мас.ванадію. За хімічним складом та у відповідності до діаграми рівноважного стану подвійної системи Al-Ti ця фаза була ідентифікована нами як $AlTi_3$ [3]. За межею розділу покриття-матриця знаходиться шар з підвищеним вмістом алюмінію (11,3-11,7%мас), що відповідає α -Ti(Al).

Таким чином, у випадку підвищеного вмісту активатору NH_4Cl у складі насичуючої суміші на поверхні титанового сплаву ВТ6 формується шар нітридів TiN та Ti_2AlN , які повинні виконувати захисні бар'єрні функції і перешкоджати взаємодії покриття з контактуючим матеріалом та зменшувати налипання в умовах тертя.

1. Минкевич А. Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / А. Н. Минкевич – М.: Машиностроение, 1965. – 331 с.

2. Ворощин Л. Г. Теория и технология химико – термической обработки / Л. Г. Ворощин, О. Л. Менделеева, В. А. Сметкин – М.: Новое знание, 2010. – 304 с.

3. Диаграммы состояния двойных металлических систем: справ. в 3 т. / [ред. Н. П. Лякишева]. - М: Машиностроение, 1997. – Т.2 - 676 с.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУР ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ І ВИПРОБУВАНЬ НА ВЛАСТИВОСТІ МАРТЕНСИТНИХ НЕРЖАВІЮЧИХ СТАЛЕЙ

Луцирь О.В., аспірант, Говорун Т.П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ

Мартенситні нержавіючі сталі зазвичай використовуються для виготовлення деталей з високими механічними властивостями та корозійною стійкістю, що працюють в умовах підвищених або низьких температур. Оскільки їх властивості можуть бути змінені термічною обробкою, то сталі знаходять широкий спектр застосувань, наприклад для таких виробів, як парогенератори, судини під тиском, ріжучі інструменти та морські платформи для екстракції нафти [1]. Хоча поверхневі властивості звичайних мартенситних нержавіючих сталей є прийнятними для багатьох цілей, відносно недавні роботи [2-3] виявили серйозні обмеження властивостей цих матеріалів при випробуваннях в агресивних корозійних середовищах. Крім того, нержавіючі сталі типу 12X13 (аналог AISI 410) та 20X13 (аналог AISI 420) показали дуже високі втрати маси при випробуваннях у суспензії, яка складається з розчину кислоти, що містить тверді дрібні частинки [3].

Авторами [4] було виявлено, що додавання азоту до звичайних нержавіючих сталей може покращити як механічні властивості, так і корозійну стійкість. Зокрема, низьковуглецеві нержавіючі сталі з високим вмістом азоту, загартовані та відпущені при температурах від 200°C до 450 °C показали більш високу твердість, ніж звичайні мартенситні нержавіючі сталі з тим самим вмістом хрому.

Для зниження зносу у роботі [3] було показано результати випробувань на ерозію шламом, які були застосовані як до звичайного мартенситного сплаву, так і мартенситного сплаву з високим вмістом азоту, і отримано, що нержавіючі сталі при вимірюванні втрати маси стали вищими, ніж для нормальних умов впливу. Деякі з причин такої розбіжності цитуються у літературі [2-4]: синергетичні ефекти між корозією та ерозією, що призводять до комбінованих механізмів, таких як розтріскування за допомогою міжкристалітної корозії або крихке руйнування під дією окисного носія; ефекти примежевого шару, що відповідають за енергію поглинання під час ударів, особливо при малих кутах впливу.

Тому температури термічної обробки і випробувань стають важливим фактором, який необхідно це враховувати при випробуваннях пов'язаних із зносом та корозією, оскільки пластично-крихкі переходи в механічній поведінці можуть вплинути на механізми зменшення маси, які проходять на поверхні матеріалу. При низьких температурах механізми зношування пов'язані з утворенням мікротріщин на поверхні. Коли тестування температури підвищується, пластичні механізми, такі як різання та пластична деформація, сприятливі, а корозійні процеси на поверхні посилюються.

Мартенситні нержавіючі сталі, які знаходять широке застосування у нафтохімічній, морській, авіакосмічній та харчовій промисловості та

використовуються в атомних електростанціях, стоматологічних інструментах та хірургічних ножах повинні мати гарні механічні властивості і хорошу корозійну стійкість. Висока температура термічної обробки відіграє важливу роль у цьому випадку. Отже, точний контроль процесу термообробки для отримання шарів мартенситу, найменшої кількості дельта-фериту та залишкового аустеніту є дуже важливим. Крім того, істотний вплив на міцність та ударну в'язкість має вміст вуглецю та легуючих елементів в аустеніті.

В результаті проведених досліджень було показано, що в діапазоні температур аустенізації від 1040 до 1070 °C збільшується розмір аустенітного зерна і ударна в'язкість знижується з 27,7 до 20 Дж; вторинне гартування відбувається після відпуску при температурі в інтервалі 400-500 °C за рахунок формування карбідів M_7C_3 на межах зерен мартенситу (зниження твердості відбувається, коли карбіди M_7C_3 починають укрупнятися і частково перетворюються в карбіди $M_{23}C_6$); гарне поєднання механічних властивостей досягається аустенізацією при 1040 °C і відпуском при 700 °C протягом 2 год; при збільшенні часу відпуску з 2 до 5 годин ударна в'язкість збільшується з 27,7 до 35,1 Дж, що спричинено збільшенням розміру виділених карбідів.

Також можна зробити висновок, що вміст хрому, який розчиняється в аустеніті, має важливе значення для корозійної стійкості. Металургійні фактори, такі як внутрішні напруження решітки, що виникли під час мартенситного перетворення, також відіграють важливу роль у механізмі піттингової корозії. Відпуск дуже є дуже корисним для зниження напружень та контролю швидкості корозії за рахунок вибору відповідної температури та часу. При виборі температури термообробки необхідно враховувати поєднання утворення вторинного карбіду $M_{23}C_6$ і його розчинення, рівень внутрішніх напружень та подальше виділення карбіду при відпуску.

Список літератури

1. Bösing, I, Cramer, L., Steinbacher, M., Werner Zoch, H, Thöming, J., Baune, M. (2019). Influence of heat treatment on the microstructure and corrosion resistance of martensitic stainless steel, *AIP Advances*, Vol. 9, pp. 065317-(1 – 8). DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5094615>.
2. Hareer, S., Ali, H., Jamal, J. (2020). Mechanical Properties of Welded Martensitic Stainless Steel (AISI420) Subject to Different Heat Treatment Anbar. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 8, Issue 2, pp. 94-100.
3. Dai, L. Y., Niu, G. Y., Ma, M. Z. (2019). Microstructure Evolution and Nanotribological Properties of Different Heat-Treated AISI 420 Stainless Steels after Proton Irradiation, *Materials*, Vol. 12(11), pp. 1736. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma12111736>.
4. Scheuer, C. J., Fraga, R. A., Cardoso, R. P., Brunatto, S. F. (2014). Effects of heat treatment conditions on microstructure and mechanical properties of AISI 420 steel. 21 CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 09 a 13 de Novembro de 2014, Cuiabá, MT, Brasil. pp. 5857 – 5867.

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕРІАЛОЗНАВЧИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ В ІНЖЕНЕРІЇ

Колос В.О., аспірант, факультет Технічних систем та енергоефективних технологій, Сумський державний університет, Суми

Розвиток сучасного суспільства вимагає відкриття нових матеріалів в різних сферах застосування, таких як аерокосмічна, автомобільна тощо. Характеризація та прогнозування властивостей матеріалів за допомогою традиційних методів займає багато часу. Тому були розглянуті передові методи, що задовольняють потреби в швидкому та надійному проектуванні та характеристиці властивостей матеріалів [1].

Рентгеноструктурний аналіз використовується, насамперед, для якісної та кількісної ідентифікації добавок, що присутні в більшості полімерних композицій, визначення присутності забруднень, а також оцінки залишків різних елементів у полімерах і мономерах.

Аналіз, який заснований на використанні Фур'є перетворення інфрачервоного спектра, сьогодні є одним з найбільше часто застосовуваних як практиками, так і вченими, методів *ідентифікації полімерів*. Випробування полягають у тому, що потік інфрачервоного випромінювання направляєється на зразок, де він частково поглинається, а частково проходить через матеріал.

Метод *термогравіметричного аналізу* полягає у вимірі втрат ваги зразком у міру його безперервного нагрівання. Цей метод дуже корисний для дослідження полімерів з різними добавками й наповнювачами, зміст яких визначається по вазі.

Метод диференціальної скануючої калориметрії вимірю кількість енергії, поглиненої зразком або, що виділилася зі зразка при неперервному підвищенні або зниженні температури або при витримці матеріалу при постійній температурі. Метод є одним з найбільш ефективних способів дослідження плавлення, включаючи визначення області склування, значення температур плавлення й кристалізації, а також температури термічної дистрикції.

Термомеханічний аналіз призначений для визначення температурної залежності розширення або стиску матеріалу, а також для вимірювання температурної залежності модуля пружності й в'язкості полімерів. Цей метод дозволяє знайти точку розм'якшення й охарактеризувати в'язкоеластичні властивості матеріалу у всьому температурному діапазоні.

Метод ядерно-магнітної спектроскопії є аналітичним способом ідентифікації органічних молекул та визначення їх структури. Цей метод дає повну характеристику структури хімічної сполуки, а також надійну ідентифікацію складників у сумішах.

Мас-спектроскопія корисний інструмент для одержання детальної інформації про будову полімеру. В методі використовуються невелика кількості речовини.

Оптична мікроскопія надає можливості одержання інформації про поверхневу морфологію зразків, включаючи ідентифікацію забруднень і аналізу структури сумішей і сплавів. Цей метод корисний для дослідження структури тонких плівок [2].

Список літератури

1. Солодка Л.М., Побігай Г.А., Бурбан А.Ф. Хімія та фізико-хімія високомолекулярних сполук: Навч. посібник. Київ: Вид-дім «Києво-Могилянська академія», 2014. 122 с

2. Гетьманчук Ю.П., Братичак М.М. Хімія та технологія полімерів. Львів: Вид-во Львівського Національного університету «Львівська політехніка», 2006. 456 с.

СЕКЦІЯ «ДИНАМІКА І МІЦНІСТЬ, КОМП'ЮТЕРНА МЕХАНІКА»

РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ УНІВЕРСАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОТОРНИХ СИСТЕМ

*Вербовий А. Є., асп., Бурим М. С., студ., Павленко І. В., проф.,
Івченко О. В., доц., Іванов В. О., проф., СумДУ, м. Суми, Україна;
Неамту К., доцент, Технічний університет м. Клуж-Напока, Румунія*

На сьогоднішній день існують математичні моделі динаміки роторних систем у підшипникових опорах, які дозволяють урахувати фактори впливу різної природи. Наприклад, удосконалено модель, що дозволяє досліджувати динаміку ротора з урахуванням впливу частоти обертання, попереднього осьового навантаження, зазори між тілами кочення і обоймами на радіальну жорсткість [1]. На прикладі цієї моделі також створено більш досконалі моделі динаміки роторних систем, які ураховують нелінійні складові сил, що діють на опори і ущільнення [2].

Підтвердження достовірності уточнених моделей роторних систем потребує розроблення та виготовлення універсального переналагоджуваного експериментального стенда, який би дозволив проводити експериментальні дослідження у широкому діапазоні зміни геометричних і фізичних параметрів системи «ротор – підшипникові опори».

З цією метою було спроектовано модель стенда, що дозволяє змінювати геометрію ротора, досліджувати різні типи підшипникових опор, змінюючи їх кількість і типорозміри, а також досліджувати вплив різних типів муфт. Все це дасть можливість проводити експериментальні дослідження ротора як з одним, так і з декількома прольотами, а також консольного ротора, моделювати несоосність, перекосяк та інші дефекти, а також варіювати кількістю площин корекції для реалізації процедури балансування.

Результати дослідження були одержані у рамках виконання науково-дослідної роботи «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Сумського державного університету» (номер держреєстрації 0121U112684).

Список літератури

1. Verbovyi A., Khomenko V., Neamtu C., Pavlenko V., Cherednyk M., Vashyst B., Pavlenko I. (2021). Parameter identification of nonlinear bearing stiffness for turbopump units of liquid rocket engines considering initial gaps and axial preloading. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 8(2), pp. D8–D11.
2. Simonovskiy V., Pavlenko I., Pitel J., Stremoukhov D., Ivanov V. (2021). Methods and algorithms for calculating nonlinear oscillations of rotor systems. In: Ivanov V., Pavlenko I., Liaposhchenko O., Machado J., Edl M. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. DSMIE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham, Vol. 2, pp. 63–74.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ШУМОТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО КОЖУХА ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

*Дем'яненко М. М., інж. I категорії, НАЕК «Енергоатом», м. Київ, Україна,
Західночеський університет, м. Пльзень, Чехія;*

Вольф М., аспірант, Західночеський університет, м. Пльзень, Чехія;

Яковчук В. В., студ., Павленко І.В., професор, СумДУ, м. Суми, Україна

Для забезпечення надійної та безперебійної роботи газотурбінних та газоперекачувальних установок (ГПУ) важливе значення має шумотеплоізоляційних кожух. Він забезпечує зниження концентрації шкідливих викидів в атмосферу, зниження температури та шумоізоляцію. Це дозволяє забезпечити вибухозахист і вибухобезпеку та необхідний температурний режим роботи ГПУ.

Варто зазначити, що існуючі інженерні методики розрахунку теплового навантаження не дозволяють з достатньою точністю визначити деформації елементів конструкції шумотеплоізоляційного кожуха ГПУ. Це передусім пов'язано зі складністю конструкції силової рами, наявністю значної кількості роз'ємних і нероз'ємних з'єднань, а також базальтових матів і звукопоглинаючих плит, які впливають на розподіл температури і деформації конструкції.

Отже, актуальною є проблема уточнення теплових навантажень на шумотеплоізоляційний кожух ГПУ з метою визначення його деформацій і раціонального вибору геометрії лінзових компенсаторів, що дозволить елементам конструкції вихлопного тракту вільно переміщуватись унаслідок температурного розширення.

Дослідження шумотеплоізоляційного кожуха ГПУ щодо визначення впливу температурних навантажень на його елементи реалізується за допомогою чисельних методів дослідження, зокрема методу скінченних елементів, що реалізується у модулі «Static Structural» програмного комплексу ANSYS. У зв'язку зі складністю конструкції була розроблена методика проведення чисельного експерименту, що враховує особливості конструкції (геометрію, типи кріплень і матеріали). Розроблена методика дозволяє більш точно визначити температурні деформації за рахунок проведених тестових моделювань, у яких визначається вплив типу контактів елементів конструкції на розподіл температур та рухливість внутрішньої обшивки.

У результаті чисельних моделювань визначено температурні деформації і напруження елементів шумотеплоізоляційного кожуха. Також проведено оцінювання міцності за допустимими напруженнями. Результати роботи дозволяють, зокрема, запобігти можливим обривам і прогарам внутрішньої обшивки та розрахувати конструктивні розміри лінзових компенсаторів для забезпечення надійної роботи ГПУ у цілому.

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЖОРСТКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПІДШИПНИКОВИХ ОПОР НА ВІБРАЦІЙНИЙ СТАН РОТОРНИХ МАШИН

Осипенко Д. В., студент, Павленко І. В., професор, СумДУ, м. Суми

Вібродіагностування роторних машин є неодмінною складовою моніторингу їх технічного стану і забезпечення вібраційної надійності [1]. Зокрема, відповідно до міжнародних стандартів ISO/TC 108/SC 2 «Measurement and evaluation of mechanical vibration and shock as applied to machines, vehicles and structures» та ISO 11342:1998 «Mechanical vibration – Methods and criteria for the mechanical balancing of flexible rotors», належну увагу необхідно приділяти методам оцінювання допустимих дисбалансів для заданих умов експлуатації енергетичних машин. Перманентний моніторинг вібраційного стану роторної системи дозволяє усунути небажаних вібраційних явищ. При цьому, як правило, найбільш навантаженими елементами роторних машин є підшипникові опори.

З огляду на вищезазначене, метою роботи є аналіз комп'ютерних засобів для дослідження впливу жорсткісних характеристик підшипникових опор на вібраційний стан роторних машин. Для досягнення поставленої мети були сформульовані та досягнуті такі задачі дослідження. По-перше, проаналізовано способи і засоби контролю вібраційного стану роторів відцентрових машин. По друге, досліджено методи контролю підшипникових опор за допомогою вібродіагностування на прикладах ротора турбіни і валопроводу турбонасосного агрегату [2]. Під час дослідження застосовувалось швидке перетворення Фур'є для побудови частотного спектра вібраційного сигналу. У результаті були виявлені значення віброприскорень у спектрах сигналів, що характеризують пошкодження внутрішньої і зовнішньої обійм підшипникових опор. Також під час дослідження застосувались методи ідентифікації жорсткості підшипникових опор за вібраційними характеристиками досліджуваних роторних систем [3].

Список літератури

1. Monkova, K., Monka, P. P., Hric, S., Kozak, D., Katinić, M., Pavlenko, I., Liaposchenko, O. (2020). Condition monitoring of Kaplan turbine bearings using vibro-diagnostics. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, Vol. 9(8), pp. 1182–1188.

2. Verbovyi, A., Khomenko, V., Neamtu, C., Pavlenko, V., Cherednyk, M., Vashyst, B., Pavlenko, I. (2021). Parameter identification of nonlinear bearing stiffness for turbopump units of liquid rocket engines considering initial gaps and axial preloading. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 8(2), pp. D8–D11.

3. Павленко І. В., Симоновський В. І. Методи ідентифікації параметрів математичних моделей коливальних процесів : монографія. Суми : Сумський державний університет, 2020. 145 с.

КОНСТРУЮВАННЯ ФЛАНЦЕВОГО З'ЄДНАННЯ З ПРИВАРНОЮ ШИЙКОЮ В СТИК

*Жигилій Д. О., доцент
Спічаков О. І. студент, група КМ-81/1*

Фланцеві з'єднання є широко застосовуваним видом роз'ємних з'єднань у промисловості, що забезпечує високий рівень герметичності та міцності конструкцій, а також технологічність процесів виготовлення, розбирання та складання. Навіть у випадку достатньої технологічності процесів апарату, який дозволяє робити його нероз'ємним, фланцеві з'єднання будуть присутні на штуцерах і трубопроводах. Перед розрахунками фланцевого з'єднання вибирається його конструкція, яка залежить від конструкційного матеріалу, тиску та температури.

Перспективний за конструкцією обрано варіант фланцевого з'єднання з приварною шийкою встик та ущільнювальною поверхнею зі сполучним виступом, коли корпус апарату зазнає навантажень і від дії внутрішнього тиску розвантажений, і від дії згинальних моментів, що виникають при затягуванні фланцевого з'єднання. Такі фланці використовуються у агрегатах електронасосних відцентрових, наприклад, у фланцях патрубків вхідного та напірного. За основу взятий фланець, розрахований за інженерною методикою, поданою у ПНАЭ Г-7-002-86.

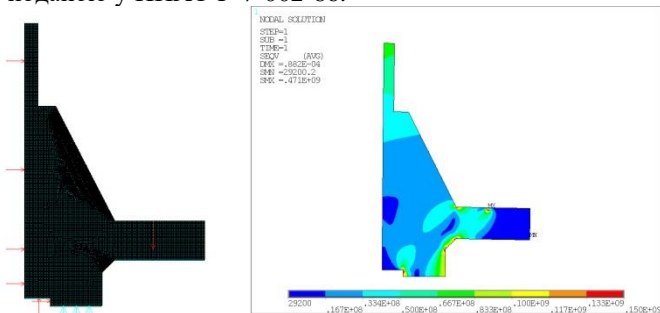


Рисунок 1 – Скінченоелементна модель фланця та еквівалентні напруження за IV теорією міцності

Початкову твердотільну модель побудовано згідно розмірів, отриманих на основі попередніх інженерних розрахунків. Методом скінчених елементів у програмному комплексі ANSYS на основі розв'язання плоскої осесиметричної задачі побудовано скінченоелементну модель, що навантажено внутрішнім тиском та осьюою силою затяжки шпильок, а закріплено також в осьовому напрямку уздовж лінії приєднання герметизуючої прокладки.

На основі побудованої моделі проаналізовано вплив геометричних параметрів з'єднання на його напружено-деформований стан. За допомогою повного двохфакторного числового експерименту раціоналізовано геометрію.

ПРОГНОЗУВАННЯ ПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХАОТИЧНО АРМОВАНИХ СФЕРИЧНИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Жигилій Д. О., доцент

Пономаренко А. Д. студент, група КМ-81/1

З метою чисельного визначення пружних властивостей хаотично армований шаровими включеннями композиційний матеріал симулюється методом скінчених елементів у тривимірній постановці. Матрицею композиційного матеріалу є промисловий політетрафторетилен (ПТФЕ) марки О з модулем поздовжньої пружності $E = 460.9$ МПа та коефіцієнтом Пуассона $\nu = 0.45$, а наповнювачем - дрібнодисперсний кокс ливарний кам'яновугільний марки КЛ-1 з модулем поздовжньої пружності $E = 3500$ МПа та коефіцієнтом Пуассона $\nu = 0.40$ та з нерегулярною формою частинок, модельованими сферами діаметрами від 10 до 60 мкм.

Твердотільною моделлю прийнятий куб з властивостями матриці, що насичений сферичними наповнювачами. Кількість сфер приймалася на основі об'ємного вмісту наповнювача $\mu = 15\%$. Наповнювач моделювався розіграшем з рівномірною вірогідністю поточного діаметра кулі d_i в межах від 10 мкм до 60 мкм відповідно так, щоб куля наповнювача гарантовано не виходила за межі куба і не перетиналася іншими. Модель жорстко затискала за одну граню куба. Навантаження відбувалося кінематично переміщенням протилежної закріпленої грані: для знаходження поздовжнього модуля пружності лінійним переміщенням уздовж вектору нормалі \mathbf{n} до грані, для модуля зсуву – уздовж вектору дотичної $\boldsymbol{\tau}$ до згаданої грані. Скінчено елементна модель отримана з розбиття твердотільної на тетраедричні скінчені елементи у програмному комплексі ANSYS. Розглядався ідеальний контакт на основі склеювання поверхонь контакту об'ємів. Це дозволяє оцінити найбільші значення пружних сталей у геометрично лінійній постановці. Далі знаходилися інтегральні реакції статичної тривимірної задачі теорії пружності. Оскільки навантаження відповідає простим деформівним станам за визначенням, то модулі знаходяться за формулами:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{R_n/a^2}{u/a}; G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{R_t/a^2}{\arctan(v/a)},$$

де σ та τ – середні нормальне та дотичне напруження у кінематично навантаженій грані, Па; ε – середнє лінійне відносне подовження ребра куба у напрямку вектору нормального до грані кінематичного навантаження, γ – кут зсуву у площині, що утворюється векторами \mathbf{n} і $\boldsymbol{\tau}$, рад; R_n , R_t – проєкції модулів інтегральних реакцій на кінематично навантаженій грані куба у випадках розтягання та зсуву відповідно, Н; u – лінійне переміщення у напрямку вектору \mathbf{n} при розтяганні, м; v – лінійне переміщення у напрямку вектору $\boldsymbol{\tau}$ при зсуві, м; a – довжина ребра куба-зразка.

ЗВАРНІ ЗУБЧАСТІ КОЛЕСА

*Стрелец В.В., доцент
Бондаренко Д.С., студент МК СумДУ, група 302-о*

Зварні зубчасті колеса (ЗЗК) застосовують в індивідуальному виробництві, вони є тихохідними (колова швидкість до 15 м/с) і великогабаритними (діаметр від 500 до 2500 мм, модуль до 25 мм, ширина вінця до 800 мм, сумарне число зубців до 300) сталевими конструкціями. ЗЗК отримують зварюванням вінця, диску з ребрами жорсткості (або двох, трьох дисків з діафрагмами) та маточини. Нарізання зубців відбувається після зварювання елементів, які виготовляють таких основних матеріалів: вінець – сталі 50, 50Н, 35Х, 40Х; диск – сталь ВСтЗ; діафрагма – сталь 20; маточина – сталі 20Л, 25Л, 35Л. Інколи для зменшення маси отримують колеса без маточини шляхом приварювання дисків безпосередньо до кільцевих виступів валів. Зубці звичайно прямозубі, косозубі конструкції можуть бути при обмеженнях ширини вінця до 150 мм та кута нахилу зубців до 8°. Розміри складальних елементів ЗЗК визначаються умовами жорсткості всього колеса та міцності зварних швів. Тому працездатність ЗЗК в значній мірі залежить від технології виготовлення зварних з'єднань із сталей з підвищеним вмістом вуглецю (0,25 – 0,75%), які найчастіше застосовують для коліс.

Особливості технології зварювання ЗЗК наступні: використання електродів з низьким вмістом вуглецю; введення додаткового присадного дроту, марганцю, кальцію для забезпечення мінімального переходу вуглецю з основного металу в шов; підготовка кромek елементів; застосування раціональної форми і порядку накладання швів; недопущення надмірної жорсткості колеса; застосування таких способів та режимів зварювання, які забезпечують мінімальні напруження та виведення водню із зони шва; виконання попереднього підігріву до 100 – 400 °С та сповільненого охолодження зварного з'єднання. Основні переваги ЗЗК порівняно з литими великогабаритними чавунними колесами: суттєво менша маса, бо не треба додержуватися певних співвідношень між розмірами елементів колеса; використання конструктивних елементів з кованої та прокатної сталі усуває технологічні дефекти матеріалу; вінець може бути виготовленим з потрібного матеріалу; зручність відновлення наплавленням зношених і поламаних зубців або зварювання утомлених тріщин.

Існують і недоліки. Використання діафрагм та ребер, відсутність плавних переходів зі шва на основний матеріал збільшують концентрацію напружень, а вигладжування і зачищення швів – це додаткові операції та витрати. Потрібен розрахунок конструкції колеса на жорсткість, стикових і кутових швів на витривалість. Немає виграшу в розмірах маточини, яка повинна бути такою самою як і в литих колесах. Для збільшення швидкості обертання потрібне балансування, ЗЗК і так дають більший шум при роботі. Складно після зварювання піддавати термообробці великі за розмірами ЗЗК.

КОНСТРУКЦІЇ РУЧНИХ ЛЕБІДОК

Стрелец В.В., доцент, Щербаков В.І., студент МК СумДУ, група 301-о

За конструктивними особливостями ручні лебідки є найпростішими вантажопідйомними і тяговими механізмами, в той же час вони можуть задовольняти найрізноманітніші господарські потреби людини завдяки невеликій масі, габаритам та вартості. Перевагами ручних лебідок також є їх ремонтпридатність і транспортабельність, зручність використання в обмежених просторах, значний вигрaш в силі. Перевагами можна вважати спроможність людини самостійно виготовляти деталі та вузли, а за потреби виконувати за нескладними формулами розрахунку тягового зусилля при коченні та ковзанні вантажу по похилим поверхням з різною шорсткістю або кріплення лебідки до основи для запобігання її зміщення та перевертання.

Класифікація ручних лебідок дозволяє побачити їх конструктивні та експлуатаційні особливості. Так, за видом робочого органу розрізняють: барабанні; важільні; монтажно-тягові лебідки. За характером роботи бувають: підйомні; тягові; спеціальні. За типом приводу: зубчасті; черв'ячні; планетарні; кулачкові. За типом тягового елемента: канатні; ланцюгові; стрічкові. Спосіб фіксації лебідок може бути: на вертикальній опорі; на горизонтальній поверхні; підвішуванням. За наявністю гальмівного або стопорного пристрою бувають: з гальмами; зі стопором; самогальмівні.

Головним параметром ручних лебідок є тягове зусилля (максимальне – до 100 кН). Важливим також є відношення маси лебідки до одиниці тягової сили, наприклад, якщо для важільної лебідки це відношення складає 1,5 кг/кН, то для барабанної – 11 кг/кН. Застосування лебідки має на увазі прикладання мускульної сили руки людини, тому тягова можливість лебідки залежить не тільки від габаритів і міцності деталей конструкції. При цьому швидкість переміщення тягаря завжди дуже мала. На вибір того чи іншого типу ручної лебідки впливають особливості основних елементів механізму і вантажу. В барабанних конструкціях обмежена канатоємність; при намотуванні троса на барабан зменшується тягова сила; витки сталевого каната треба щільно і правильно укладати на барабан, діаметр якого пропорційний до діаметру каната. Зварний ланцюг тут зовсім неможливо використовувати, але можна намотувати на барабан стрічки і канати із синтетичних матеріалів. У важільних лебідках немає обмежень на довжину троса, не треба шукати опори для встановлення, довжина рукоятки і, відповідно, тягова сила більші ніж в барабанних лебідках. Черв'ячні або планетарні зубчасті приводи дозволяють суттєво виграти в силі, але підвищений знос перших і складність конструкції других обмежують застосування цих приводів. Чоловік з ручною лебідкою витягає застряглий автомобіль і квадра-цикл; піднімає вантажі в гаражі, на складі, на воді, при будівельних роботах, переміщує вантажі в лісі, у трубах під землею, по похилим поверхням тощо.

СПОСІБ ОЦІНКИ УТОМНОЇ МІЦНОСТІ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Стрелец В.В., доцент

Бондаренко Д.С., студент МК СумДУ, група 302-0

Пропонується спосіб розрахунку великогабаритних зварних зубчастих коліс (ЗЗК) на витривалість за коефіцієнтами запасу міцності з урахуванням конструктивних і технологічних факторів. Розрахунку підлягають зварні з'єднання тонкостінних елементів колеса (вінця, дисків, діафрагм, маточини), а не зубці. Необхідність такого розрахунку обумовлена низькою конструктивною жорсткістю ЗЗК, дією циклічних навантажень, наявністю концентраторів напружень – зварних швів, фактами появи при експлуатації утомних тріщин та їх заварювання. Врахувати в розрахунку утомної міцності зварних швів вплив різних конструктивних та технологічних факторів можна завдяки комплексному підходу, який включає розрахунки напружень в елементах ЗЗК і утомні випробування зразків матеріалів з різних марок сталі, а також моделей із звареними елементами. Умова витривалості має вид $n \geq [n] = 2,5 - 3$, де n , $[n]$ – розрахунковий та допустимий запаси утомної міцності. Визначати n треба для кожного зварного з'єднання диска з вінцем, маточиною, діафрагмами. Формула для розрахунку

$$n = \frac{\sigma_{-1} - \Psi_{\sigma} \cdot \sigma_m}{\sigma_a \cdot K_{\sigma M}}$$

Тут σ_{-1} – границя витривалості менш міцного матеріалу в зварному з'єднанні елементів, яка визначається випробуваннями зразків матеріалів за відповідними методиками. Зразки вирізають із заготовок: для вінця вісь зразка повинна бути розташована в колеровому напрямку, для диска – по радіусу, для маточини – вздовж її осі. Ψ_{σ} – коефіцієнт чутливості матеріалу до асиметрії циклу напружень, який достатньо точно вибирається із довідників. σ_m і σ_a – середні та амплітудні номінальні напруження в зонах зварних швів. Ці напруження визначають розрахунком за методом скінченних елементів. Складний напружений стан зони швів потребує окремого визначення напружень σ_m і σ_a . Перші виникають від радіальної та колової сил зубчастого зачеплення і від дії відцентрових сил. Другі залежать від осьової сили, яка навантажує зубчастий вінець, згинає диски і циклічно навантажує всі зварні шви, які можуть бути кутовими чи стиковими в ЗЗК.

Ефективний коефіцієнт концентрації напружень $K_{\sigma M}$ визначається за допомогою утомних випробувань моделей, що вирізаються з колеса або зварюються окремо. Значення і точність коефіцієнта $K_{\sigma M}$ дають можливість врахувати форму та розміри зварених елементів і швів, механічні та структурні особливості матеріалів, залишкові деформації після зварювання, особливості технологій зварювання елементів та їх наступної термообробки, шорсткість поверхонь після механічної обробки.

ПРО НОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ПОДУШКИ ГІДРОП'ЯТИ НАСОСА ЦНСГ 13-70

Стрелец В.В., доцент

Малюта М.Ю., студент, група КМ-81

Деталь – подушка гідроп'яти має форму тіла обертання з відношенням довжини до діаметра $l/d < 1$, виготовлена з жаростійкої сталі 30X13, використовується у відцентрових насосах секційного типу ЦНС, які перекачують гарячу воду. Подушка на різьбі кріпиться до корпусу насоса і слугує проміжним елементом між корпусом і рухомою гідроп'ятою – автоматичним саморегульним пристроєм для розвантаження ротора від осьової сили. Робота гідроп'яти впливає на ККД насоса і залежить від конструктивних та технологічних особливостей поруч розташованих деталей.

Метою даної роботи було покращення технологічного процесу механічної обробки подушки на підприємстві «Насосенергомаш» шляхом використання верстатів ЧПК. Був проведений технологічний аналіз деталі за якісними критеріями щодо матеріалу, базуванню та закріпленню, проставляння розмірів, допусків форми та взаємного розташування і кількісними критеріями точності та шорсткості. Також був виконаний аналіз методу отримання заготовок, серійності виробництва, маршрутної технології механічної обробки подушок. Було запропоновано залишити чорнове, напівчистове і чистове обточування поверхонь подушки на токарному верстаті 16A20Ф3 з системою ЧПК WL-4Т, а свердлувальні та фрезерні операції здійснювати на високошвидкісному високоточному п'ятиосьовому оброблювальному центрі MU-400V II (на «Насосенергомаш» для цих операцій використовувалися верстати СС2В05ПМФ4 і 6М13П). Для застосування нововведень були внесені потрібні зміни в маршрутний та операційний технологічні процеси виготовлення подушки, написані програми для операцій обробки на верстаті MU-400V II, підібрано відповідний різальний інструмент. Також спроектована конструкція допоміжного верстатного захватного пристрою для нового верстату, виконані розрахунки сили та точності закріплення деталі, намальоване складальне креслення. Було запропоновано і обґрунтовано техніко-економічним розрахунком використовувати для отримання заготовки кривошипний гарячештампувальний прес, а не молоти. Для підтвердження позитивних змін за нових умов обробки деталі виконаний розрахунок економічності ефективності зміненого технологічного процесу.

Робота, що проведена по удосконаленню техпроцесу, дозволила зменшити кількість операцій механічної обробки з 24 (заводських) до 13 і час виготовлення подушки. Зі зменшенням кількості операцій також зменшилася і кількість робочого персоналу, необхідного для виготовлення деталі, з 10 до 8 чоловік, що веде до економії заробітної плати. Річний план випуску 22000 деталей вдалося підняти до 28800. До того ж площа, яку займає верстат MU-400V II, значно менша за площу під верстати СС2В05ПМФ4 і 6М13П.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНІ ЗУБЦІВ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

*Стрелец В.В., доцент
Чубур С.О., студент МК СумДУ, група 301-0*

В сучасних умовах створення або модернізації технічних виробів свій прогресивний вклад вносить нанотехнологія, мета якої пошук ефективних методів використання наноструктур (наноматеріалів), створених різними методами нанотехнологій. Для інтеграції структур з геометричними розмірами меншими ніж 100 нм в поверхню металевих деталей машин розроблені різні технології, що ґрунтуються на хімічних або фізичних процесах. Нанесене на зубці зубчастих коліс нанопокриття може суттєво підвищити контактну утомну міцність, зносостійкість, корозійну стійкість та довговічність робочої поверхні зубців, що вплине на підвищення працездатності зубчастих передач при перевантаженні або екстремальних умовах експлуатації, наприклад, коробок передач і мультиплікаторів.

Для зубчастих передач проводять розрахунки на міцність зубців при перевантаженні, враховують динамічні умови роботи, розробляють макротехнології зміцнення поверхні зубців, приділяють значну увагу точності виготовлення і монтажу зубчастих коліс, забезпечують якісне змащування передач. Тому застосування наоорієнтованих технологій обробки поверхні зубців коліс і різальних та обробних інструментів, використання наноматеріалів в мастил зубчастих механізмів є шляхом до суттєвого покращення їх експлуатаційних показників, формування поверхонь зубців із заданими властивостями твердості, міцності, хімічного складу та створення нових можливостей роботи зубчастих передач, наприклад, в нетипових умовах космічного холоду або при температурах +1000°C.

Найбільш перспективними для практичного застосування на підприємствах, можливо, є наступні наноматеріали: вуглецеві нанотрубки та композити з вуглецю; полімерні композиційні матеріали; природні активні мінерали; нанопорошки – металокерамічні, металеві з набором легуючих елементів, алмазні та інші. Нанопорошки на сьогодні найбільш розповсюджений вид нанопродукції, тому для їх нанесення на поверхню зубців і створення там модифікованих шарів можуть бути застосовані технології, які ґрунтуються на фізичних або на хімічних процесах – це іонно-вакуумні технології нанесення покриттів; методи надзвукового «холодного» газодинамічного або мікроплазмового напилення; метод електроіскрової обробки у розчинах з нанопорошками та інші.

Шари наноструктур, які отримують такими способами, відрізняються високою адгезією, мінімальним температурним впливом на матеріал основи, рівномірністю та, що дуже важливо, багатофункціональністю. Товщина нанокристалічного покриття може бути різною (від 1 нм до 200 мкм), не потребує додаткових операцій обробки і може не впливати на допуски розмірів та форми зубців.

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ: ПОКАЗОВОГО І ПРОБЛЕМНОГО ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ПОЛОЖЕННЯ ЦЕНТРА ВАГИ СКЛАДОВОЇ ФІГУРИ

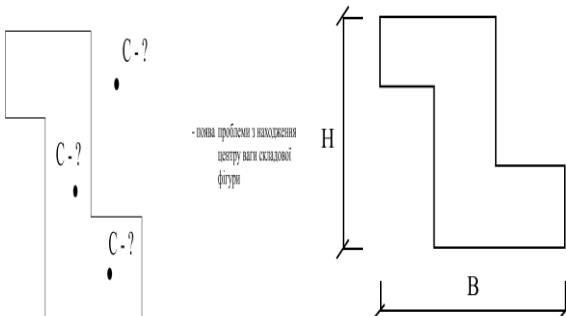
*Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ
Усенко Максим, учень 10 класу, ЦПО, школа №26, м. Лебедин*

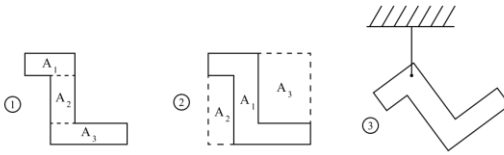
Спочатку розглянемо знаходження положень головних центральних вісей з допомогою показового метода навчання.

Складову фігуру «розбивали» на ряд простих. Знаходили центри ваги цих фігур та їх площі A_i , проводили центральні вісі x_1y_1, x_2y_2, x_3y_3 . Вибирали допоміжну систему координат, потім розмір між центром ваги кожної простої фігури до допоміжних вісей x, y . З урахуванням статичного моменту площі знаходили центр ваги складової фігури $x_{сУс}$, через який проводили головні центральні вісі. Виконувалася перевірка рівняння, а саме обчислювалися значення S_K , вгорі і внизу головних центральних вісей y_c , аналогічно S_y . Різниця між значеннями дорівнювали 0.

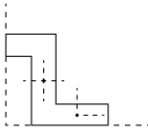
При розгляді задачі з точки зору проблемного метода навчання слід відзначити його рівні: перше – викладач створює проблему та сам її вирішує, друге – викладач створює проблему, а учень вирішує її самостійно, третє – учень самостійно створив проблему і сам її вирішив. Умовою виникнення проблеми є протиріччя між значеннями, які є у учня та новими даними, які не можливо пояснити на їх основі. Нове завдання потребує знайти, відкрити нові, раніше не відомі йому знання та спосіб дії. Основна мета проблемного навчання - вирішування завдання у процесі самостійної діяльності, а не в подачі його у готовому вигляді.

Переходимо до вирішення задачі з допомогою проблемного метода Навчання:



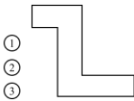


- шляхи вирішування цієї проблеми

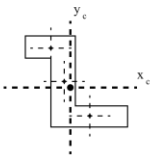


- аналіз шляхів вирішування проблеми

$x_1, x_2, x_3,$
 $y_1, y_2, y_3,$



- вибір одного шляха варіаування проблеми

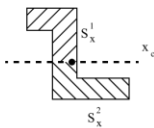


$$x_c = \frac{\Sigma A_i x_i}{\Sigma A_i}$$

- часткові та загальні висновки та варіювання цієї проблеми

$$y_c = \frac{\Sigma A_i y_i}{\Sigma A_i}$$

$$S_x^1 - S_x^2 = 0$$



- перевірка рішення

РЕАБІЛІТАЦІЯ ПАЦІЄНТІВ З СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ, ЧАСТИНА II

*Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ
Литвиненко Олександр, Калашник Сергій, студенти
Стовбур О.А., завідувач відділення судинної хірургії,
Тетренко В.Ю., головний лікар, лікарня №6, м. Суми.*

В II частині розглядалося питання: проведення експериментів, технологічна частина, висновки, основні положення гідравлічного удару.

Дослідження проводились у відділенні судинної хірургії 10,11,12,16,17,18, 22, 23 серпня 2021р. Усього проведено 13 експериментів, у яких було задіяно 10 пацієнтів до та після крапельниць, 8 чоловіків та 2 жінки. Вік: 70 років – 2 чол., 60 років – 3 чол., 65 років – 1 чол., 63 роки – 1 чол., 55 років – 1 чол., 40 років – 1 чол.

Безпосереднє зняття показників: тиску, пульсу, кисню, температури, атмосферного тиску виконувалися за допомогою приладів: пульсометра, тонометра, термометра, барометра студентами I курсу факультету ТеСЕТ Литвиненко О. та Калашник С.

Для кожних із вибраних 5 розрахункових схем запропоновано 10 циклів, з часом утримання та зняття ноги: 5 сек, 10 сек, 15 сек, 20 сек. Усі отримані дані зводилися в табличній формі, де вказувалися: дати проведення, ім'я по батькові, кількість років, час до і після крапельниць. Загальне керівництво із проведення експериментів виконувалися хірургом Сердюк Я.В.

Далі обчислювалися наступні величини і сумарно величина тиску $\sum(P_1 + P_2)$ різниця між P_1 і P_2 $\Delta P = P_1 - P_2$, відношення $\frac{P_1}{P_2}$, та відносна величина тиску $\varepsilon = \frac{\Delta P}{P_1}$, що дозволяє більш об'єктивно зіставити вихідні дані. Ці значення виконувалися для кожного експерименту, потім обчислювалося середнє значення та сумарні до і після крапельниць $\sum \varepsilon_1, \sum \varepsilon_2$. Для більшої наочності будувався графік значень величин відносного тиску, пульс, кисень, на якому знаходилося «*max*» та «*min*» значення, знаходилися сумарні значення: тиску, пульсу, кисню.

В технологічній частині розглядалися кілька варіантів установок. З урахуванням перевірених випробувань був обраний один, що включав:

основу з оксометричними розмірами $L \times B \times H$ (50см \times 15см \times 4см) бруса $l \times b \times h$ (15см \times 2см \times 4см) і нагелів $L \times \phi$ (5см \times 0,7см). Дана установка дозволяє швидко змінювати конструктивну схему пристрою відповідно до варіантів розрахункових схем.

Дана, стисло, методика проведення експериментів.

Переходячи до висновків, де спочатку розглянуті зведені графіки до проведених експериментів і після, можна говорити про зниження значення ϵ до капельниць з 0,43 до 0,38 та після капельниць з 0,45 до 0,40. Сумуючи ці значення маємо відповідно 0,44 та 0,39 або у відсотковому значенні 11,5%. Аналогічно при аналізі пульсу, до крапельниць з 70,7 до 69,5, після крапельниць з 76,5 до 73,5. Сумарно ці значення дорівнюють 73,6 та 71,0 або у відсотковому співвідношенні 3,5%

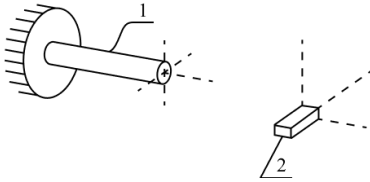
Стосовно аналізу кисню маємо: до крапельниць 95 та 94, після крапельниць 94,0. Сумарно маємо відповідно 94,6 та 94,3 або у відсотковому співвідношенні 1% тобто практично «const»

Отже, використовуючи деформацію поперечного згину та явища гідравлічного удару маємо у сумарному відсотковому вираженні $\frac{11,5\%+3,5\%+1\%}{3} = 5,3\%$. Якщо врахувати, що значення кисню дорівнює «const» (о), тоді сумарний тиск і пульс $\frac{11,5\%+3,5\%}{2} = 7,5\%$. Таким чином можливо зробити посередній висновок, що «механічним» шляхом можна зменшити величину тиску і пульсу.

Коротко запропонована методика явища гідравлічного удару. За позначками: 1. – постановка задачі; 2. – закриття засувки; 3. – швидкість часток рідини починається перед засувкою; 4. – перетворення кінетичної енергії на потенційну, тобто роботи стінок труби; 5. – триває рух ударної хвилі з одночасним розширенням площі перерізу труби; 6. – ударна хвиля змінює напрямок, від резервуару до засувки з одночасним звуженням перерізу труби; 7. – кінетична енергія W_H дорівнює сумі робіт стінок та рідини $A_{\text{стін}} + A_{\text{рідин}}$; 8. – продовжується розширення перерізу труби; 9. – швидкість ударної хвилі C , дійшла до засувки, переріз труби відновився. ... Таким чином проходить поперечне розширення та звуження перерізу труби.

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗНАХОДЖЕННЯ ВСФ ПРИ ОБРОБЦІ ВАЛА, ДЕФОРМАЦІЇ КРУЧЕННЯ ТА ПОПЕРЕЧНОГО ЗГИНУ .

Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ
Тимофеев Андрій, учень 11 класу, школа №2, м. Білопілля



Спочатку розглянуті загальні положення щодо постановки задачі. Позначка 1 – вал, 2 – резець. Наступним етапом є розглядання: статичної ($V = 0, a = 0, S = 0, \omega = 0$) та кінетичної і динамічної задач ($V \neq 0, a = const, S = 0, \omega \neq 0$).

Вивчалася конструктивна та розрахункова схеми. До ВСФ віднесено додаткові внутрішні сили, які виникають під впливом дії зовнішніх сил, які в свою чергу можна привести до двох головних векторів - R, M . Їх можна знайти за допомогою універсального методу перерізів. Розкладаючи ці вектори на ортогональні осі X, Y, Z знаходимо їх компоненти з урахуванням $\cos \alpha$, а саме $Q_z, Q_x, N_y, M_x, M_z, M_y$.

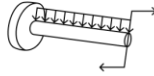
Можлива побудова епюр цих компонентів, надаючи численні значення зовнішнім силовим факторам, замість ВСФ, що і було зроблено. На підставі цих епюр визначалися «*max*» та «*min*» величин: поперечної сили, поздовжньої сили, згинального моменту та крутильного моменту; взагалі види деформацій.

Була прийнята розрахункова схема з складовим видом деформації: поперечного згину та кручення.

Використовуючи умови міцності для поперечного згину $\frac{M_{max}}{W} \leq [\sigma]$ та кручення $\frac{M_{kp}^{max}}{W_p} \leq [\tau]$ можливі знаходження моменту опору W , та W_p , тобто вирішування геометричної задачі. Далі проводились визначення лінійних та кутових переміщень за допомогою інтеграла Мора. Для спрощення його вирішування застосовувались правила Верещагіна $z = \int_0^A \frac{M_F M_1}{EI} \rightarrow \frac{\omega_F \eta_1}{EI}$.

Величина моменту інерції знаходилася умовно, тобто задача міцності не розглядалася. При обчисленні значень лінійних та кутових переміщень, виконувалось навантаження розрахункові схеми $F = 1, m = 1$. Епюри нормальних σ та дотичних напружень τ не будувались. Можливе створення алгоритмічного методу знаходження ВСФ.

Визначення валу деформації: прості та складні



Разрахункові навантаження

$$q_H \quad m_H \quad \gamma > 0$$

Умови міцності

$$\frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma]$$

$$\frac{Q_{\max} \cdot S}{I_b} \leq [\tau]$$

$$\frac{M_{\max} \cdot S}{W_q} \leq [\tau]$$

Типи задач

$$M_{\max} \leq [\sigma] \cdot W \quad M_{\text{кр}}^{\max} \leq [\tau] \cdot W_q$$

$$W = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} \quad W_q = \frac{M_{\text{кр}}^{\max}}{[\tau]}$$

Методика їх розв'язування

$$\uparrow M_{\max} \leq [\sigma] \cdot W \uparrow$$

$$\downarrow M_{\max} \leq [\sigma] \cdot W \downarrow$$

Нормативні навантаження

$$q_H \quad m_H \quad \gamma = 0$$

Умови жорсткості

$$f \leq [f]$$

$$\theta \leq [\theta]$$

$$f_{\max} = \frac{F \cdot l}{3EJ} \quad f_{\max} = \frac{q \cdot l^4}{8EJ}$$

$$\theta_{\max} = \frac{F \cdot l^3}{2EJ} \quad \theta_{\max} = \frac{q \cdot l^2}{6EJ}$$

Типи задач

$$F = \frac{[f] \cdot 3EJ}{l^3} \quad q = \frac{[f] \cdot 8EJ}{l^4}$$

$$F = \frac{[\theta] \cdot 2EJ}{l^3} \quad q = \frac{[\theta] \cdot 6EJ}{l^2}$$

Методика їх розв'язування

$$\uparrow F_{\max} = \frac{[f] \cdot 3EJ}{l^3} \uparrow$$

$$\downarrow F_{\min} = \frac{[f] \cdot 3EJ}{l^3} \downarrow$$

Висновки по вибору перерізу

По умовам міцності

По умовам жорсткості

ПОРІВНЯННЯ ЗНАЧЕНЬ АБСОЛЮТНИХ ПОДОВЖЕНЬ СХІДЧАТОГО БРУСА ПРИ ДЕФОРМАЦІЇ ОСЬОВОГО РОЗТЯГНЕННЯ І СТИСКАННЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ГХМ.

*Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ
Рожков Максиміліан, учень 10 класу, школа №1, м. Суми*

Розглядалися чотири завдання: два на побудову епюр ВСФ, наступні два на знаходження геометричних характеристик міцності: I_x, I_y, I_U, I_V .

Не можливо не зупинитися на актуалізації, мотивації, формуванні вмінь і навичок. Більш детально: актуалізація – використання первинних знань, а саме: поняття первинних механічних елементів (F, m) , принцип незалежної дії сил (F, q) , види простих та складових деформацій, гіпотези суцільності матеріалу, малості деформацій; одиниці вимірювання $(F, q, \Delta l)$ в системах одиниць СИ, МкГсА, СГС.

Мотивація – розташування перерізів, для знаходження «тах» значень нормальних напружень (σ) , дотичних напружень (τ) , методологія самого метода перерізів (РОЗУ), поняття і послідовність знаходження абсолютно відносних подовжень $(\Delta l, l)$ з метою переходу від статично визначеної до статично невизначеної задачі, поняття жорсткості (EA, EI) для деяких видів деформації.

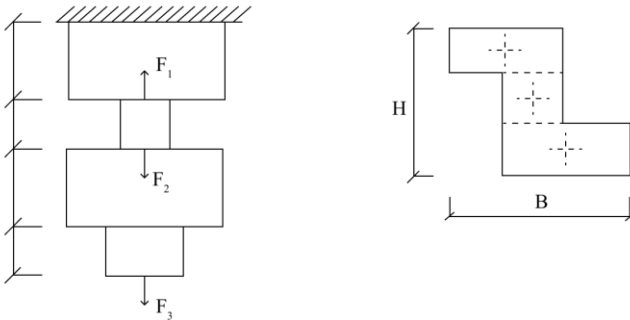
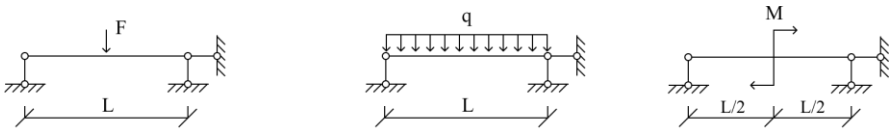
Формування вмінь та навичок – це розв'язування статичної задачі (N) , фізичної (σ) , геометричної (Δl) і синтез цих задач.

Мета – вибір самого розглядання умов міцності з точки зору допустимих напружень $([\sigma_{pz}])$, ізотропічних матеріалів та методи розрахування опору $(R_y \gamma)$ для анізотропії матеріалів. Додався висновок порівняння умов міцності та продольних навантажень $\frac{N}{A} \leq [\sigma], \frac{N}{A} \leq R_y \gamma$ з розгляданням таких задач. Надалі робив висновки щодо найбільших величин Δl для 6 матеріалів східчатого бруса з побудовою графіка $\Delta l = f_{\text{матеріалу}}$.

Аналогічно розглядалися останні дві задачі: складний переріз із простих фігур і прокатних профілів. Спочатку розглядалися питання знаходження центру ваги складних перерізів, потім моменти інерції відносно центральних осей і головних центральних осей. За допомогою формули $\tan 2\alpha = \frac{2I_{xy}}{I_y - I_x}$ визначались положення головних моментів інерції.

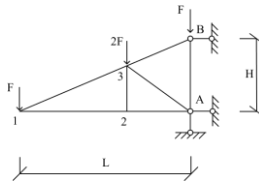
Проводилася перевірка розрахунків $I_{x_c} + I_{y_c} = I_U + I_V$.

Щодо практичного застосування ГХМ, виконувалися побутові епюри ВСФ в балках, які навантажувалися ВСФ (F, q, m). По значенням Q, m знаходилися «max» їх величини з урахуванням умов міцності $\frac{M_{max}}{W} \leq [\sigma], \frac{Q_{max} \cdot S}{I \cdot b} \leq [\tau]$. по сортаменту прокатних профілів вибирався номер двутавра. Надалі виконувалося порівняння цих профілів для 3 однакових розрахункових схем балок з точок зору маси на один погонний метр балки.



ВИБІР ПОРЯДКУ НАВАНТАЖЕННЯ ВЕРХНЬОГО ПОЯСУ ФЕРМИ.

Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ
Подольак Артем, студент I курсу, СумДУ



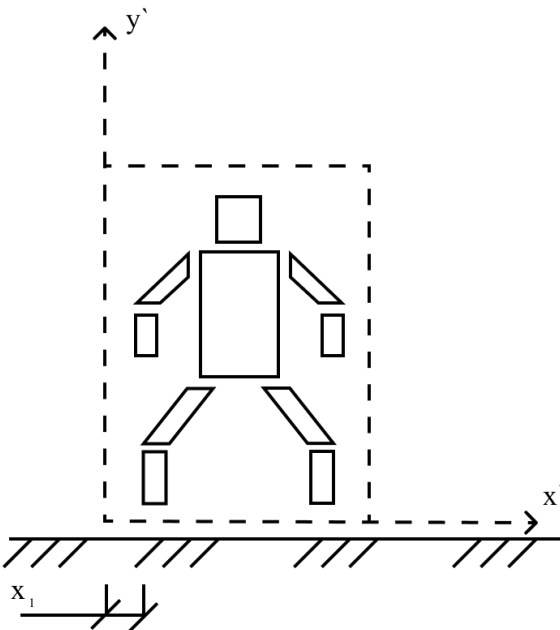
Розглядалося 3 задачі з послідовним навантаженням: вузлів 1,3 потім 3,8 та разом 1,3,8. Зовнішній сидовий фактор – збірні залізобетонні плити покриття. Оскільки ферма з точки зору знаходження внутрішніх силових факторів відноситься до системи сил, що перетинаються в одній точці (вузли 1,2,3,A,B) - це потребує 2 незалежних рівняння статики $\sum x = 0, \sum y = 0$. Знаходження внутрішніх зусиль шарнірно–рухомій та шарнірно–нерухомій опорах (B,A) потребує складання 3 незалежних рівнянь $\sum M_A = 0, \sum M_B = 0, \sum x = 0$, бо в цьому випадку форма відноситься до плоскої системи довільного розташування сил. Елементи форми «працюють» на деформацію осьового розтягання і стискання. Для їх знаходження використовувався універсальний метод перерізів та принцип незалежності дії сил. Умовно в узли ферми введені шарніри, що значно спрощує розрахунки. З урахуванням знайдених внутрішніх зусиль $N_1, N_2 \dots N_7$ у просторах ортогональних вісей x, y, z , будувались графіки значень ВСФ. Проводився їх аналіз з вибором найнебезпечнішої схеми навантаженням.

У разі деформації осьового розтягання та стискання використовувалися наступна умова міцності $\frac{N}{A} \leq [\sigma]$, що дало змогу розв'язати геометричні задачі, тобто знаходити величину поперечного перерізу. На підставі сортаменту прокатних профілів вибирався тавровий переріз Γ для верхнього поясу, L та нижнього поясу. Стийка, де зусилля дорівнювало 0 застосовувалося наступне \perp . Розглядалися інші способи знаходження ВСФ, а саме: «моментної» точки, силових багатокутників.

Будувалися епюри повздовжніх сил N . З умов економічності застосовувався єдиний номер прокатного кутника L . Ні в якому разі не можливо прокладати зовнішню силу у прольотах 1,3 та 3,8, так як це призведе до деформації поперечного згину і інших умов міцності. В окремих випадках можливо улаштування панелі ферми, так звану «шпренгельну» ферму, яка переводить позавузлове навантаження у вузлове. За формулою $\Pi = 3Д - (С + 2Ш + 3Ж) \leq 0$ знаходились умови геометричної незмінності ферми. (Д – диск, С – опорний зв'язок, Ш – шарнір, Ж – жорсткість).

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕНЬ ЦЕНТРА ВАГИ БОЙОВИХ СТІЙОК ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ.

*Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ
Міщенко Денис, учень 9 класу, ЦПО, школа №5, м. Лебедин*

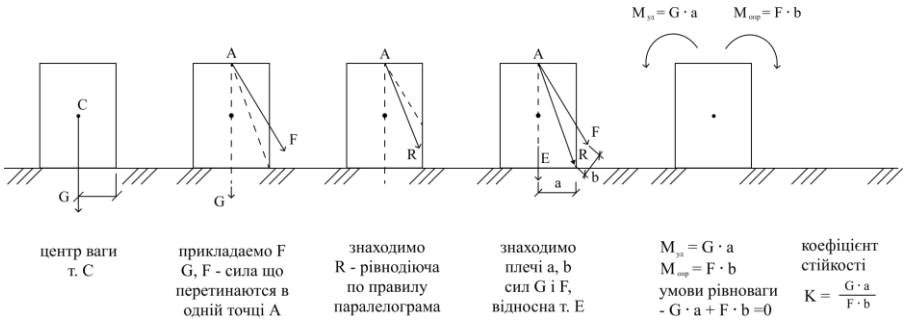


Розглядалося 4 бойових стійки. Спочатку складову фігуру розбивали на ряд простих: квадрат, прямокутник. Знаходили центр ваги кожної простої фігури, обчислювалися їх площі. Знаходилися положення допоміжних вісей x' , y' та координати

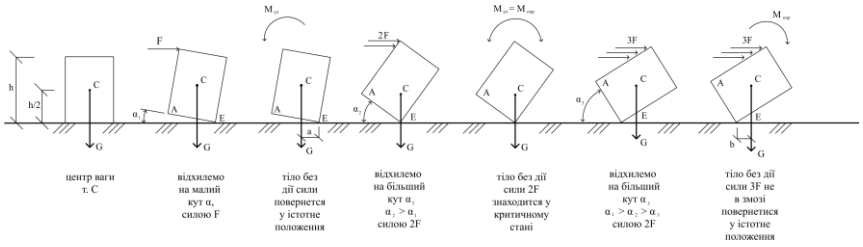
$x_1, x_2, x_3 \dots \dots y_1, y_1, y_3 \dots \dots$
кожної простої фігури.

Застосовуючи формули $x_c = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i}, y_c = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$

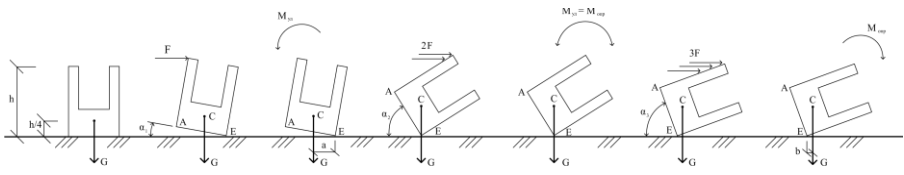
можливо знайти положення головних центральних вісей складової фігури. Подальше розглядаволя питання статичної та динамічної стійкості.



Примітка - коефіцієнт стійкості к можливо збільшити $\uparrow K = \frac{\uparrow G \cdot a}{\downarrow F \cdot b}$
 або зменшити $\downarrow K = \frac{\downarrow G \cdot a}{\uparrow F \cdot b}$



Зробимо деякі висновки: момент сил тяжіння G відносно т.Е буде повертати тіла в положення рівноваги. $M_{хq} = G \cdot a$, доки лінія сили G буде перетинати точку опори тіла АЕ, це можна помітити як динамічна стійкість.

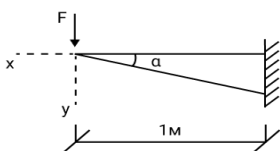
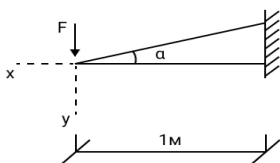


Із розглянутого прикладу видно, що динамічна стійкість збільшується у разі розташування центра ваги нижче від розглянутого першого випадку $C_1 = \frac{h}{2}, C_2 = \frac{h}{4}$; подруге – це можна зробити збільшуючи площу опорної поверхні АС. Далі розглянемо геометричний метод вивчення стійкість рівноваги, тобто положення центра тяжіння а і його висоти.

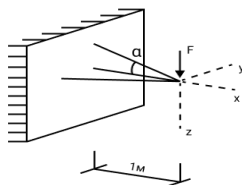
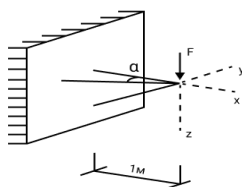
ДОЦІЛЬНЕ РОЗТАШУВАННЯ ОКРЕМИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРАНШТЕЙНА З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ВСФ

Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ
Мозговий Вадим, учень 9 класу, школа №2, м. Білопілля

①



②



Мета роботи направлена на знаходження «max» і «min» значень внутрішніх сидових факторів N_i у двох випадках ①, ②.

Всього розглядалося 8 завдань, для кожної системи сил: плоскої і просторової. Для плоскої складалося 2 незалежних рівняння статички - $\sum x = 0, \sum y = 0$; просторової 3 рівняння $\sum x = 0, \sum y = 0, \sum z = 0$.

Використовувався універсальний метод перерізу(РОЗУ). Змінювалися кути α між стержнями та їх розташування.

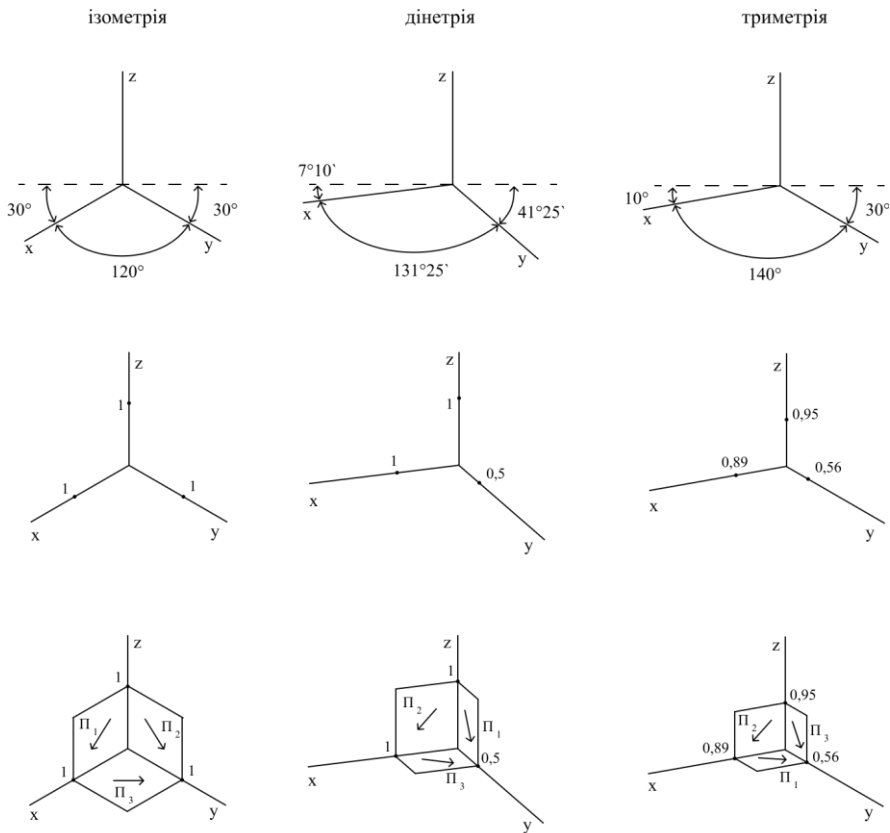
На підставі значень внутрішніх зусиль будувалася графік залежності номера задачі від розташування елементів та вида деформації – осьового розтягання і стискання. Потім обирав «max» і «min» зусилля. Проводився ретельний їх аналіз для кожної задачі. Виходячи з умов міцності для деформації осьового розтягання і стискання $\frac{N}{A} \leq [\sigma]$ розглядалося геометрична задача та знаходження площі поперечного перерізу, для кожного стержня. Форма перерізу приймалася квадратною, прямокутною, у формі кола.

Розглядалася задача економічності, а саме кількість матеріалу на один погоний метр кронштейна та загальний його обсяг в кг. Проводилося зіставлення усіх задач с точки зору загальної кількості металу на один кронштейн. Довжина елементів визначалось з урахуванням $\cos \alpha$. Види опорних закріплень не розглядалися. У разі дії зовнішнього силового фактору F не у вузлі кронштейна, вид деформації стержнів змінюється на деформацію поперечного згину, це приведе до зміни умови міцності $\frac{M_{max}}{W} \leq [\sigma]$ і збільшення поперечного перерізу стержнів та потенціалу. Умовно в точку з'єднання стержнів вводився шарнір, що дало змогу значно спростити розрахунок.

ЗАСТОСУВАННЯ АКСОНОМЕТРИЧНИХ ПРОЕКЦІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ВИДІВ ДЕФОРМАЦІЇ

*Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ
Долева Аня, учениця 10 класу, ЦПО, школа №5, м. Лебедин*

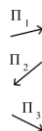
АксонOMETРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ МОЖЛИВО РОЗДІЛИТИ НА ДВІ ГРУПИ: ПРЯМОКУТНІ І КОСОКУТНІ. СПОЧАТКУ РОЗГЛЯНЕМО ПРЯМОКУТНІ



Умовні позначення

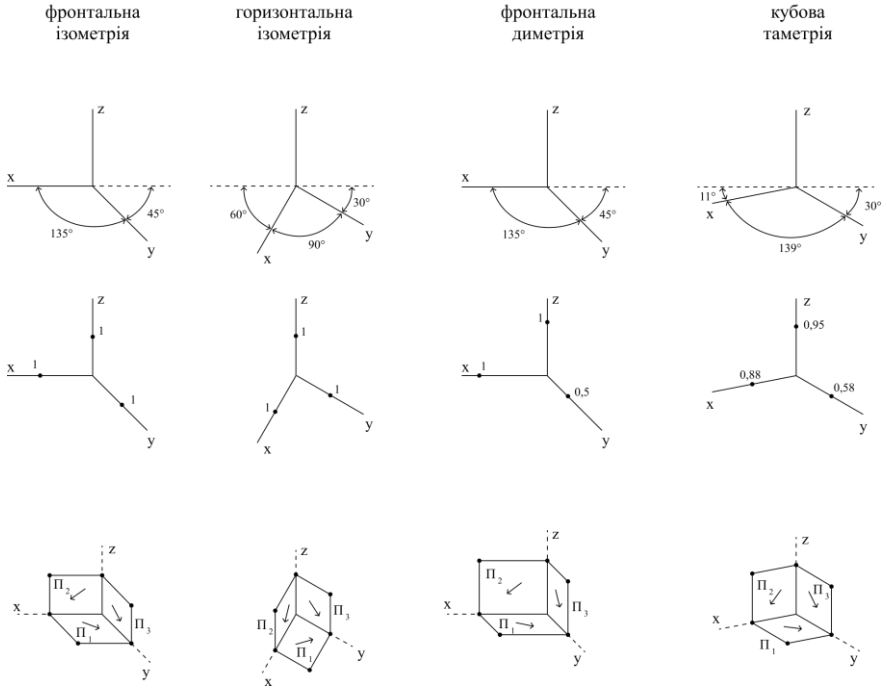
x = 1; 1; 0,95
y = 1; 0,5; 0,56
z = 1; 1; 0,95

Коефіцієнти для відкладання розмірів просторової фігури

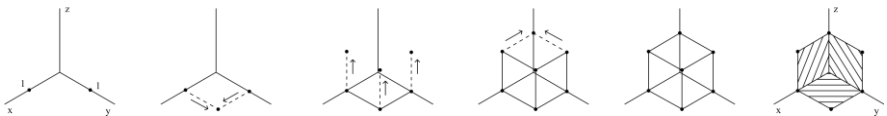


Напрям ліній у перерізі стосовно площини

Косокутні проєкції



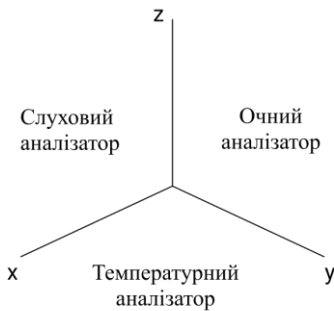
Методи побудови просторової фігури на прикладі ізометрії



Застосування цих чи інших видів проєкцій дозволяє більш детально показати види деформацій, їх взаємодію між собою.

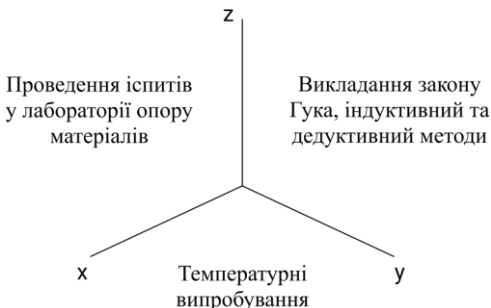
ВАРІАНТИ МЕТОДИК ВИКЛАДЕННЯ ЗАКОНУ ГУКА ЗА ДОПОМОГОЮ СЛІДУЮЧИХ АНАЛІЗАТОРІВ: ОЧНОГО, СЛУХОВОГО, ТЕМПЕРАТУРНОГО.

*Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ
Лагуткіна Марія, учениця 9 класу, школа №2, м. Білопілля*



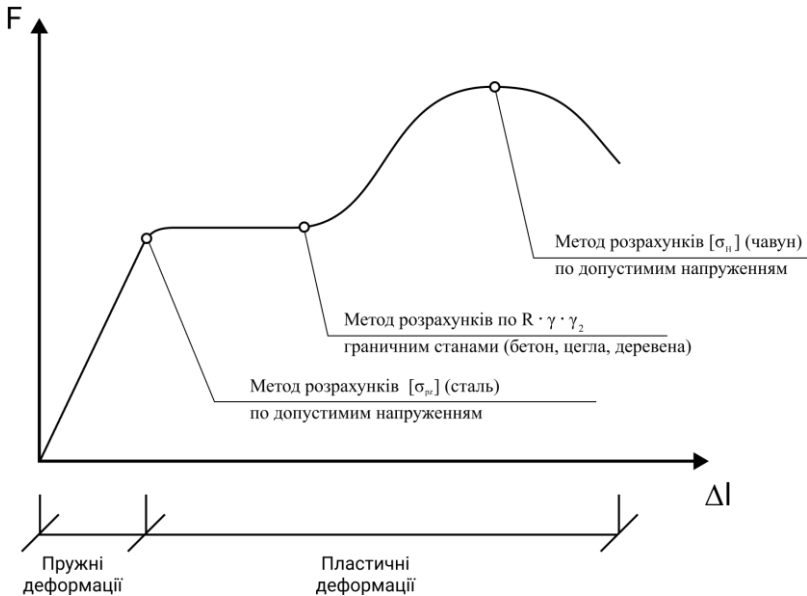
Спочатку розглядалися прості ортогональні осі: X, Y, Z , які створювали фронтальну, горизонтальну та профільну площини. На них визначалися види аналізаторів. Так у площі ZOY – можливо викладання закону за допомогою двох методів: індуктивного і дедуктивного, у ZOX проведення іспитів у лабораторії, у XOY – проведення температурних випробувань.

Розглянемо коротко ці розділи: ZOY – вивчалоя абсолютне Δl та відносне ϵ , I роду, внутрішній осьовий фактор, нормальне напруження σ , площа перерізу l , а потім і сам закон Гука $\sigma = E * \epsilon$. З іншої точки зору спочатку розглядався закон $\Delta l = \frac{N * l}{EA}$, залежність між величинами, наприклад $\uparrow \Delta l = \frac{N * l \uparrow}{EA} \downarrow$ і т.д., поняття жорсткості при деформації осьового розтягання EA , типи можливих задач, межі застосування закону, ... а потім окремі величини $\Delta l, l, N, \epsilon, A, \sigma$.



ZOX – При проведенні випробувань вимірювалися: розрахункова довжина зразка, його діаметр. Досліди проводилися за допомогою розривної машини з побудовою діаграми розтягання. Далі розглядався графік залежності між напруженням σ і деформаціями ε , з урахуванням характерних ділянок і пропорційності σ_{pz} , пружності σ_{np} , текучості σ_z , міцності σ_n , розриву σ_p . Підводячи підсумки маємо, що звукові та температурні аналізатори дозволяють використовувати головне правило дидактики.

Запропоновано практичне застосування діаграми розтягання

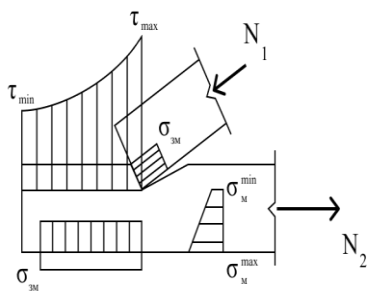
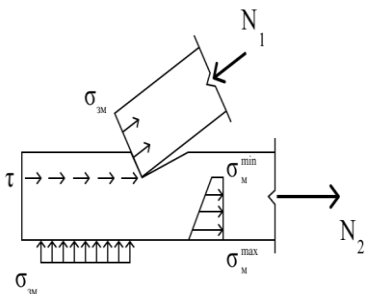
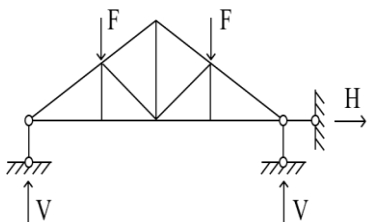


Далі виконувався тест на знаходження типів темпераментів учнів 9 класу, школи №2, м. Білопілля з метою впровадження різних методів навчання, а також використання функцій головного мозку. Розглядалися закони: концентрації – при звісній кількості повторень проходить окомулявання, роздратування у зоровій корі; ірадіації – роздратування проходить у зоровій корі великих напівшарів, але не залишається там, а розрозповсюджується на великий або малий район.

Наприкінці давалися методичні рекомендації щодо вивчення «закону Гука» а саме: зв'язок між явищами, величинами, які виражають закон, математичне та фізичне формулювання, досліди, що підтверджують його справедливність, використання закону у практичній діяльності.

ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ НАЙДИЕНИХ ВСФ У ЕЛЕМЕНТАХ ФЕРМИ ПРИ КОНСТРУКТИВНИХ РОЗРАХУНКУ ОПОРНОГО ВУЗЛА.

Смірнов В.О. директор центру НТТУМ, СумДУ
Левченко Володимир, учень 10 класу, ЦПО, школа №6, м. Лебедин



Спочатку було розглянуто дві розрахункові схеми ферми. Знаходилися значення опорних реакцій V_a , шляхом складання 3-х незалежних рівнянь статики: $\sum M_A = 0$, $\sum M_B = 0$, $\sum x = 0$. Внутрішні зусилля N_i знаходилися з допомогою універсального метода перерізів, у даному випадку складалося 2 незалежних рівняння статики $\sum x = 0$, $\sum y = 0$. По закінченню знаходження внутрішніх зусиль, проводився їх аналіз: як з точки зору значень так і види деформацій. Переходячи до розрахунку опорного вузла форми, насамперед розглядалися загальні свідомості елементів і самої врубки, поясів ферм з зусиллями N_1, N_2 монтажного болта. Слід відзначити, що лобові врубки застосовуються при відносно малих зусиллях ВСФ. Розрахунок врубки зводиться до визначення несучої спроможності з'єднання, по наступним 4 граничних станів: з умови значення деревини і самої врубки та в опорному вузлі, тиску у нижньому поясі елемента ферми та зсуву.

Види напружень: $\sigma_{зН}, \tau_{max}, \tau_{min}, \sigma_H^{max}, \sigma_H^{min}$ та розподіл напружень показані на конструктивній схемі вузла. Призначено наступні умови граничних етапів: для деформації зсуву $\tau_{зс} = \frac{N_1}{A_{зс}} \leq R_{зс} * \gamma$, для деформації значення $\sigma_{зН} = \frac{N_1}{A_{зН}} \leq R_{зН} * \gamma$, $\sigma_{зН} = \frac{V}{A_{зН}} \leq R_{зН} * \gamma$ для деформації позациврового розтягнення $\sigma = \frac{N_2}{A} \pm \frac{M}{W} \leq R_{тиску} * \gamma$. Перехід до розрахунків за граничним станом пов'язаний з анізотропією деревини. Надалі можливо розглядати наступні задачі: перевірки несучої спроможності, знаходження величини потрібного перерізу та допустимого

навантаження. Слід відзначити, що зовнішні сили фактори урахуються з коефіцієнтом $\gamma > 1$.

РАЦІОНАЛЬНИЙ ВИБІР ЧАСТКОВИХ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ НА ПІДСТАВІ АНАЛІЗУ ТИПІВ ТЕМПЕРАМЕНТІВ

*Смірнов В.О. – директор центру НТТУМ, м. Суми
Кулик Дарія, учениця 11 класу, школа № 2, м. Білопілля*

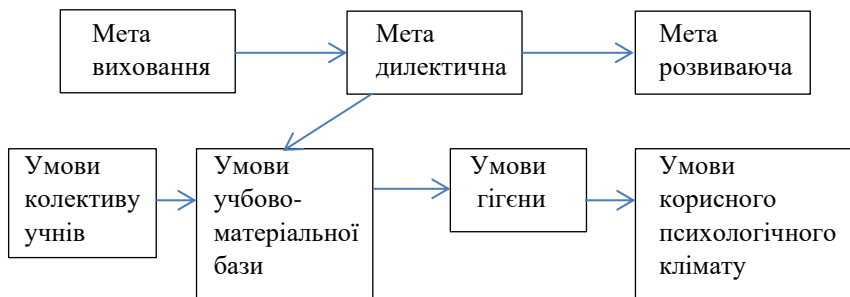
Дослідження виконувалися у групі 2021 року, школа № 2, м. Білопілля. Були задіяні 8 і 9 класи, загальною кількістю 36 учнів. Тест на тип темпераменту вимагав відповісти на 80 запитань. Після виконання підрахунків маємо такі значення у відсотковому вигляді:

- 8 клас – холерики – 25,7%, сангвініки – 29,2%, флегматики – 27,9%, меланхоліки – 17,2%.
- 9 клас - холерики – 23,2%, сангвініки – 30,7%, флегматики – 30,2%, меланхоліки – 15,9%.

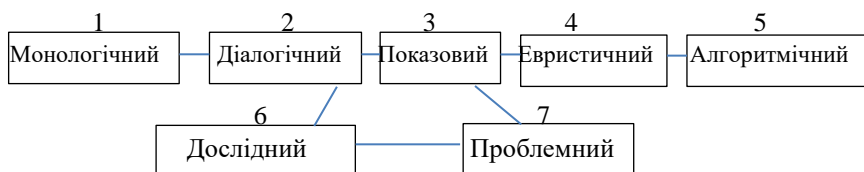
На підставі графічного режиму маємо «max» значення 30,7% для сангвініків (9 клас), 30,2% - для флегматиків (9 клас), «min» значення 23,2% для холериків (9 клас), 15,9% для меланхоліків, 9 клас. Таким чином остаточний висновок: значення показників типів темпераменту приблизно однакові для учнів 8 та 9 класів. З точки зору психічних реакцій, типів темпераментів, для холериків і сангвініків доцільно застосовувати методи навчання одного напрямку, а для флегматиків і меланхоліків другого напрямку.

Далі більш детально розглянемо вибір загальних та часткових методів навчання у блоковій формі.

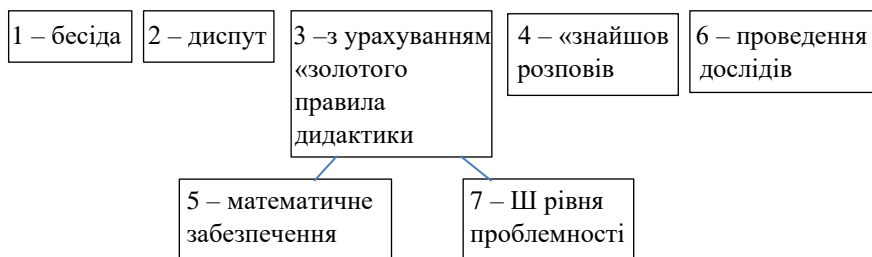
Перш за все, будь-який метод – це шлях дії викладача.



Загальні методи навчання



Часткові методи навчання



ПОЛПШЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДРОСЕЛЮЮЧИХ УЩІЛЬНЕНЬ ВИКОРИСТАННЯМ ГІДРОУДАРУ

*Калініченко П.М. доцент
Філатов В.В. студент, група КМ-81*

В гідромеханіці явище гідроудару може відігравати як корисну так і від'ємну функції. Проведені дослідження направлені на врахуванні корисного впливу гідроудару на характеристики дроселюючих ущільнень. Розглядаються зниження витратних і збільшення жорсткісних характеристик ущільнень насосів.

Конструктивна схема гідроудару в дроселюючих ущільненнях представляє ґратку пластин розташованих поперек потоку які обертаються разом з ротором насоса. Для приведеного конструктивного рішення гідроудару виконана теоретична частина роботи. Отримані розрахункові залежності для визначення витрат рідини через вузол ущільнення. Для конструкторного рішення розташування вузла гідроудару посередині ущільнення обрізані залежності витрат рідини через ущільнення від довжини дроселюючого ущільнення. По отриманим залежностям ефективність застосування гідроудару в дроселюючих ущільненнях зростає при зменшенні довжини дроселюючого ущільнення. Наведені залежності впливу пластин на витратні характеристики ущільнення.

Проведені дослідження по розташуванню пластин по довжині дроселюючого ущільнення. Розташування пластин по довжині дроселюючого ущільнення суттєво діє на жорсткісні характеристики дроселюючих ущільнень особливо для торцевих дроселів. Так ущільнення з самовстановлюваним торцевим зазором має проблему жорсткості. Використання гідроудару практично повинстю розв'язує дану проблему.

Представлений гідроудар в дроселюючих ущільненнях дозволить підняти економічність, зменшуючи витрати і надійність, збільшуючи жорсткість ущільнень енергетичних насосів.

ЗАДАННЯ ПОЛОЖЕННЯ І РУХУ «РІДКОЇ» ЧАСТИНКИ

Калініченко П.М. доцент.

Філатов В.В. студент, група КМ-81

За схемою запропонованої Ейлером довільний рух твердого тіла, а отже, і "рідкої" частинки можна розкласти на поступальне переміщення разом з деякою точкою обраної як полюс і на миттєво обертальний рух навколо миттєвої осі, що проходить через цей полюс.

Нижче наведені дослідження відносяться до "рідкої" частинки, хоча слід розуміти, що вони в такому ж ступені ставляться і до твердого тіла.

Проведені дослідження показують, що з динамічної точки зору переміщення частинки можна розкласти на переміщення полюса (центр мас) при нерухомій частинці, за умови, що в ньому зосереджена вся маса частинки і на переміщення частинки відносно нерухомого полюса.

За цією схемою завдання руху "рідкої" частинки по Ейлеру і Лагранжу втрачає зміст так як рух "рідкої" частинки включає в себе і Лагранжеву і Ейлерову складові. Це призводить до уточнення першого та другого законів механіки для частки кінцевих розмірів. Результати уточнення будуть наведені у доповіді.

РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПІДТВЕРДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРІВ ВІДЦЕНТРОВИХ МАШИН НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ЙМОВІРНІСНОГО ПІДХОДУ

*Гончарова А.В., аспірантка, каф. комп'ютерної механіки
ім. В. Марцінковського, СумДУ*

Основною метою роботи на даному етапі було розрахунково-експериментальне підтвердження розроблених раніше вдосконалених аналітичних методів розрахунку динамічних характеристик роторів відцентрових машин на основі застосування ймовірнісного підходу. На основі вивчення та узагальнення існуючих методів розрахунку динамічних характеристик роторів відцентрових машин було накопичено матеріал для виконання розрахункової частини роботи та його експериментального підтвердження. Обґрунтовано теоретичні засади ймовірнісного підходу до розрахунку динамічних характеристик роторів відцентрових машин на основі врахування випадкового характеру їх параметрів та розглянуто шляхи врахування ймовірнісного характеру геометричних параметрів системи «ротор-ущільнення» відцентрових машин при розрахунку їх експлуатаційних характеристик.

Аналіз теоретичних і експериментальних даних з розрахунку характеристик шпиринних ущільнень показує, що проблема розв'язана не повністю. Існуючі на даний час методи аналітичного і чисельного розрахунку гідродинамічних параметрів ущільнень дають результати, що розрізняються між собою. Однією з причин розбіжностей в результатах є відсутність врахування випадкової природи геометричних характеристик і деяких робочих параметрів ущільнень. Здебільшого задачу підвищення надійності і герметичності системи "ротор-ущільнення" розв'язують у детерміністичній постановці, не враховуючи випадкової зміни параметрів як самих ущільнень, так і зовнішніх навантажень, що діють на ротор. Насправді, прийняті у машинобудуванні допуски на розміри робочих поверхонь ущільнювальних пар, як правило, є співрозмірними з величиною зазору в безконтактних ущільненнях та підшипниках ковзання насосів, при цьому відносний розкид величини зазору в різних конструкціях може складати $\pm(10...30)\%$, що зводить нанівець будь-які зусилля з підвищення точності розрахунку. Саме тому, крім звичайного детерміністичного розрахунку слід виконувати ймовірнісний розрахунок, в якому відповідні параметри мають описуватися випадковими величинами або функціями. Для підтвердження розрахункових результатів на дослідницькому стенді в лабораторії кафедри комп'ютерної механіки ім. В. Марцінковського в СумДУ отримано ряд експериментальних даних, які свідчать про адекватність застосованого в роботі підходу до вдосконалення методів розрахунку динамічних характеристик роторів відцентрових машин на основі застосування ймовірнісного підходу.

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РОТОРНИХ МАШИНАХ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ MATLAB.

*Савченко Є. М., доцент
Тарасенко Д.Р., студентка, група. КМ-81*

MATLAB – це інтерактивна система, що дозволяє вирішувати багато обчислювальних задач з інтенсивним застосуванням матриць та векторів та їх складною обробкою в режимі реального часу. Вона застосовна для розрахунків практично в будь-якій галузі науки і техніки, наприклад, при математичному моделюванні механічних пристроїв і систем, зокрема в динаміці, гідродинаміці, аеродинаміці, акустиці, енергетиці і т.д. Цьому сприяє не тільки розширення матричних та інших операцій та функцій, але й наявність пакета розширення (toolbox) Simulink, спеціально призначеного для вирішення завдань блокового моделювання динамічних систем та пристроїв, а також десятків інших пакетів розширень.

Інструмент Simulink LTI-Viewer входить до складу пакету прикладних програм Control System Toolbox і призначений для аналізу лінійних стаціонарних систем. За допомогою даного інструменту можна легко побудувати частотні характеристики досліджуваної системи, отримати її відгуки на одиничні ступінчасті та імпульсні впливи, знайти нулі та полюси системи тощо.

Побудова моделі в Simulink зводиться до переміщення за допомогою миші необхідних блоків з бібліотек Simulink у вікно створюваної моделі і з'єднання цих блоків між собою за допомогою функціональних зв'язків. Бібліотеки Simulink містять велику кількість різноманітних функціональних блоків, які відображаються на екрані у вигляді піктограм. Пакет Simulink дозволяє здійснювати дослідження (моделювання у часі) поведінки динамічних лінійних і нелінійних систем, причому складання «програми» і введення характеристик досліджування систем здійснюється в діалоговому режимі, шляхом графічного складання на екрані схеми з'єднань елементарних (стандартних або користувацьких) графічних блоків. В результаті такого складання виходить модель досліджуваної системи, яку називають S-моделлю і яка зберігається у файлі з розширенням .mdl. Такий процес утворення обчислювальних програм називають візуальним програмуванням. На точність і швидкість розрахунку моделі в Simulink можна впливати багатьма способами, включаючи структуру моделі та її параметри. Вирішальні модулі Simulink працюють точно і ефективно і з параметрами заданими для них "за умовчанням". Однак для деяких моделей можна досягти кращих результатів за швидкістю і точності, якщо задати більш точно параметри вирішувача диференціальних рівнянь. Також, якщо передбачувана поведінка моделі відома, то можна, використовуючи цю інформацію, підвищити швидкість та точність розрахунків.

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ MATLAB ДЛЯ ОБРОБКИ І АНАЛІЗУ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ.

*Савченко Є. М., доцент
Лучка Р.І., студент, група. КМ-81*

Система MATLAB - лідируюча на ринку, в першу чергу на підприємствах військово-промислового комплексу, в енергетиці, в аерокосмічній галузі мова програмування високого рівня для технічних обчислень, що розширюється великою кількістю пакетів прикладних програм - розширень. Найвідомішим із них стало розширення Simulink, що забезпечує блочне імітаційне моделювання різних систем та пристроїв.

Перетворення аналогового сигналу на цифровий і назад – це процеси, які виконуються апаратно. MATLAB же, будучи програмним продуктом, може лише взаємодіяти з відповідним обладнанням (така взаємодія здійснюється, наприклад, за допомогою Data Acquisition). Крім того, у MATLAB передбачено засоби для відтворення та запису звуку, а також для роботи зі звуковими файлами формату *wav*.

Надзвичайно великі можливості створення програм обробки сигналів для сучасних наукових та технічних програм забезпечує пакет Signal Processing. У пакеті використовується різноманітна техніка фільтрації та новітні алгоритми спектрального аналізу. Пакет містить модулі для розробки лінійних систем та аналізу часових рядів. Пакет корисний, зокрема, в таких галузях, як обробка аудіоінформації, задачі керування в реальному режимі часу та ін., оцінка спектрів та статистична обробка сигналів, параметрична обробка часових рядів, генерація сигналів різної форми.

Заснований на оптимальному алгоритмі швидкого перетворення Фур'є пакет Signal Processing має неперевершені характеристики для частотного аналізу та спектральних оцінок. Пакет включає функції для обчислення дискретного перетворення Фур'є та інших перетворень, які часто застосовуються для аналізу, кодування та фільтрації.

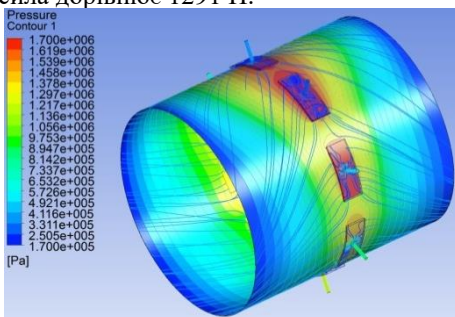
Графічний інтерфейс пакету дозволяє переглядати та візуально оцінювати характеристики сигналів, проектувати та застосовувати фільтри, проводити спектральний аналіз, досліджуючи вплив різних методів та їх параметрів на отриманий результат. Графічний інтерфейс особливо корисний для візуалізації часових рядів, спектрів, часових та частотних характеристик, розташування нулів та полюсів передаточних функцій систем.

Таким чином, програма Signal Processing Tool надає найширші можливості користувачу з обробки та аналізу сигналів, зокрема у задачах обробки і аналізу вимірювальної інформації для вібродіагностування технічного стану машин та механізмів.

АНАЛІЗ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ГІДРОСТАТОДИНАМІЧНИХ УЩІЛЬНЕНЬ-ОПОР БЕЗВАЛЬНОГО НАСОСА

Загорулько А.В., доцент
Таран І.В., студент, група КМ.м-11

В роботі проведено аналіз існуючих конструкцій герметичних насосів та безвальних насосів. Велика кількість дослідницьких груп та компаній зараз проводять роботи в галузі герметичних та безвальних насосів, а також комбінованих гідростатодинамічних підшипників та підшипників на перекачуваному середовищі. Наведена оригінальна концепція карданного насоса без підшипників. Основними недоліками цієї конструкції є зовнішній двигун, конструкція торцевого ущільнення та недостатні сили врівноважування та моменти, що виникають у кільцевих ущільненнях при пуску. Запропоновано нову конструкцію безвального насоса, таку як карданний магнітний насос з гібридними гідростатодинамічними кільцевими ущільненнями-опорами для осового та радіального врівноваження робочого колеса. Наявність комбінованих гідростатодинамічних кільцевих ущільнень-опор дозволяє компенсувати невідновжені навантаження, які діють на робоче колесо. Конструкція насоса і гібридні ущільнення-опори мають патентну перспективу. Результат розрахунку радіального гідростатодинамічного ущільнення-опори, показаний на рисунку. Отримані профілі тиску та лінії току в зазорі, а також розподіл тиску по довжині в різних частинах ущільнення-опори. Завдяки наявності дроселів тиск у місті максимального зазору в гідростатичних кишнях зменшується, виникає результуюча сила, яка компенсує радіальне несиметричне навантаження на робоче колесо. Так при зазорі в ущільненні-опорі 30 мкм, діаметрі дроселя 1,6 мм, результуюча сила при обертанні вала на робочій частоті дорівнює 2985 Н. А при пуску насоса з зазором в ущільненні-опорі, який дорівнює 10 мкм, результуюча сила дорівнює 1291 Н.



Геометричні розміри ущільнення-опори: діаметр втулки $D = 100$ мм, довжина ущільнення-опори $L = 110$ мм, радіальний зазор $h = 0,1$ мм, ширина гідростатичних кишень $b = 10$ мм, глибина гідростатичних кишень $H = 2$ мм, кількість кишень $N = 8$.

РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ СТАТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ З ПЛАВАЮЧИМ КІЛЬЦЕМ, ЩО ДЕФОРМУЄТЬСЯ

*Загорулько А.В., доцент
Борсук С.А., студент, група КМ-81*

Відомо, що шпаринні ущільнення відносять до класу безконтактних ущільнень і можуть використовуватись у широкому діапазоні застосування у насосах та компресорах у якості міжступеневих ущільнень. Такі ущільнення запобігають витоку перекачуваного середовища (рідини або газу) через достатньо малий зазор між поверхнями. Герметизація досягається під дією перепаду тиску за рахунок в'язкісного опору рідини (газу), що проходить через шпарину. Безконтактні ущільнення мають деякі загальні характеристики:

1. Низький рівень спрацювання (зношення), через відсутність контакту між робочими поверхнями.
2. Простота конструкції, низька трудоемність виготовлення.
3. Відсутність повної герметизації.

Експериментальні дослідження довели, що шпаринні ущільнення збільшують критичну частоту обертання ротора та знижують амплітуду його коливань. Але цей вплив більшою мірою досягається у випадку створення конфузornoї форми зазору у напрямку течії рідини. Також дослідження показали, що дифузornoна форма шпарини створює негативний вплив на динаміку ротора за рахунок значних радіальних сил, що збільшують прогин ротора та рівень вібрацій.

Тому, здається, що найбільш оптимальним варіантом конструкції є шпаринне ущільнення, яке деформується або конструкція ущільнення з плаваючим кільцем, яке деформується. Під час роботи агрегата, під дією ущільнювального тиску кільце, яке деформується утворює конфузornoний зазор з малою конусністю. Це сприяє зменшенню витоків (за рахунок зменшення мінімального зазору) та рівня вібрації ротора (за рахунок його конфузornoності). Також можливість радіального переміщення плаваючого кільця надає можливість відстежувати вібрації ротора та виконувати конструкцію ущільнення зі значно меншими радіальними зазорами, що, у свою чергу, позитивно впливає на термін експлуатації насоса або компресора.

Основною задачею роботи є розв'язання задачі гідропружності за допомогою методів обчислювальної механіки для конструкції ущільнення з плаваючим кільцем, яке деформується (з урахуванням контактного тертя кільця з корпусом і його радіального зміщення), отримання величин радіальної сили в зазорі в залежності від конусності зазору (конфузornoність та дифузornoність) та аналіз його статичної стійкості. Перевірка обчислювальної моделі проводилась шляхом порівняння результатів розрахунку базової конструкції ущільнення з результатами експерименту відомими з літератури.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК УПОРНОГО ПІДШИПНИКА КОВЗАННЯ

*Загорулько А.В., доцент
Ванжула А.Ю., студент, група КМ-81*

Помилки конструювання, недосконалі технології виготовлення, зміни технологічних режимів експлуатації турбокомпресорів газової, нафтогазової, хімічної та нафтохімічної промисловості призводять до осьових здвигів роторів. Тому поряд з ефективним урівноваженням роторів, методиками розрахунку осьових сил з урахуванням можливих експлуатаційних режимів, систем захисту і моніторингу осьового зсуву, завдання створення високоефективних і надійних упорних підшипників актуальне і сьогодні.

Упорні підшипники ковзання широко використовуються в промисловості, забезпечуючи довговічну і надійну роботу при високих значеннях вантажопідйомності, що супроводжуються низькими втратами на тертя. Основною перевагою гідродинамічних підшипників перед іншими типами підшипників є їх покращена динамічна поведінка, особливо при перехідних навантаженнях. В даний час існують поодинокі публікації щодо визначення динамічних коефіцієнтів для різних геометричних конфігурацій опорних підшипників із використанням сучасних програмних комплексів обчислювальної гідродинаміки. Тому існує необхідність розробки методів, здатних оцінити динамічні характеристики нових конструкцій упорних підшипників ковзання.

У цій роботі запропоновано обчислювальний підхід для оцінки коефіцієнтів жорсткості та демпфування упорного підшипника ковзання зі скребками і охолодженням термонавантаженої зони. Розроблена розрахункова модель упорного підшипника ковзання на основі розв'язання термогідродинамічної задачі змащення, яка використовується для виконання за допомогою числових методів планування експерименту початкового стаціонарного розрахунку несучої здатності та теплового стану при заданій швидкості обертання. Використовуючи нестационарний розрахунок та змінюючи частоти збурення осьових коливань диску отримано залежності сили реакції масляного шару підшипника. За моделлю осьових коливань з одним ступенем вільності оцінені динамічні коефіцієнти жорсткості та демпфірування. Визначено границі динамічної стійкості упорного підшипника ковзання. Виконано порівняння характеристик динамічного відгуку для традиційного упорного підшипника та упорного підшипника ковзання зі скребками і охолодженням термонавантаженої зони.

Крім того, за допомогою числових методів планування експерименту отримані статичні характеристики - залежності максимальної температури колодки, масової витрати, несучої здатності, моменту тертя упорного колодкового підшипника від частоти обертання валу.

ВАЛІДАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ РАДІАЛЬНОГО САЛЬНИКОВОГО УЩІЛЬНЕННЯ ШЛЯХОМ ПРОВЕДЕННЯ ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

*Загоруйко А.В. доцент
Сапожников Я.І., аспірант СумДУ*

Однією з основних проблем, що не мають єдиного рішення, є задача герметизації у насосному обладнанні. Вона є важливою в двох аспектах. Перший - це збільшення ККД насосів і агрегатів. Другий - це зменшення можливих викидів небезпечних речовин, які перекачуються.

Одним із можливих варіантів кінцевих ущільнень для герметизації насосів є сальникові ущільнення. Це один з перших типів ущільнень, який використовується у промисловості вже понад століття, проте не втратив своєї актуальності. Основною перевагою цього ущільнення є простота експлуатації та дешевизна витратного матеріалу – сальникової набивки.

Сальникова набивка є неоднорідним матеріалом, який має як пружні, так і пластичні властивості. Ці властивості більшою мірою залежать від типу матеріалу, способу виготовлення (плетіння), та наявності або відсутності пропитки. Через це немає єдиної теоретичної моделі яка б давала можливість розрахувати необхідні показники витоків, моменту тертя та ресурсу сальникового ущільнення у відповідності до робочих параметрів насоса.

Саме в зв'язку з цим було виконано комп'ютерне моделювання задачі гідропружності радіального сальникового ущільнення в програмному комплексі ANSYS. Що дозволяє визначити величину витоків та розподіл контактного тиску і як наслідок – ресурс ущільнювального вузла. Основною метою комп'ютерного моделювання є узагальнення отриманих результатів розрахунків для різних типів сальникових набивок.

Валідація обчислювальної моделі виконувалась шляхом порівняння результатів розрахунку розподілу гідростатичного тиску по довжині пакета набивки та величини витоків у радіальному сальниковому ущільненні на спеціальній експериментальній установці в лабораторії гермомеханіки та вібродіагностики СумДУ. Експеримент проводився для трьох типів набивки із різними фізико-механічними властивостями (модулем пружності, коефіцієнтом Пуассона та коефіцієнтом тертя) для ущільнювального тиску 2,4,...16 атм та для 1,2,...4 кілець сальникової набивки. Також проводився статистичний аналіз попередньо отриманих фізико-механічних властивостей сальникових набивок.

Порівняння результатів розрахункових досліджень та експерименту показало достатньо добрий рівень співпадіння результатів: за розподілом гідростатичного тиску - відмінність 7-10% та за величиною витоків ущільнювального середовища - відмінність 3-5%. Це підтверджує перспективу використання комп'ютерного моделювання із використанням експериментальних даних по фізико-механічним властивостям сальникових набивок для подальшого аналізу ефективності модифікованих конструкцій сальникових ущільнень.

**СЕКЦІЯ «ЕКОЛОГІЯ І ОХОРОНА
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»**

ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАКАЗНИКІВ У СКЛАДІ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЇХ СТАНУ

*Кузьміна Т. М., доцент; Гляшенко А. О., студентка, СумДУ, м. Суми;
Бабко Р. В., старший науковий співробітник,
Інститут зоології НАНУ, м. Київ*

Розвиток мережі природоохоронних територій, які утворюють природно-заповідний фонд (далі – ПЗФ) країни, є одним з головних напрямків екологічної політики України і важливою передумовою для забезпечення сталого розвитку країни. Україна є активним учасником реалізації світової і всеєвропейської стратегії збереження біологічного і ландшафтного різноманіття. Виконання міжнародних угод, які стосуються охорони біорізноманіття та стороною яких є Україна, безпосередньо пов'язано із забезпеченням розвитку і функціонування ПЗФ України.

Загальна площа природно-заповідного фонду України становить лише 6,7% території України, що майже втричі менше, ніж у середньому в країнах Європи. На 2021 р. у складі ПЗФ України налічувалося 3441 пам'ятка природи, 3167 заказників, 81 заповідне урочище, 81 регіональний ландшафтний парк, 49 національних природних парків, 19 природних заповідників і 5 біосферних заповідників.

Законом «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» було визначено темпи і масштаби збільшення площі ПЗФ: «...розширення площі природно-заповідного фонду до 10 відсотків у 2015 році та до 15 відсотків загальної території країни у 2020 році». Оскільки це завдання на 2020 рік не було виконано, терміни його виконання були перенесені на 2030 рік, що затверджено Законом України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року».

Розширення ПЗФ України здійснюється у значній мірі за рахунок створення нових заказників, які були і залишаються однією з найбільш поширених категорій природоохоронних об'єктів у структурі ПЗФ України: за кількістю заказники займають 46% від загалу природних об'єктів ПЗФ України, а за площею – близько 40%. Так, наприклад у Сумській області за період з 2000 по 2020 рік у складі природно-заповідного фонду додався 1 національний природний парк, 50 пам'яток природи і 63 заказники (табл. 1). При цьому заказники зберігають першість у природно-заповідному фонді області як за кількістю, так і за площею.

Така популярність категорії «заказник» пояснюється порівняно нескладною процедурою їх створення (особливо це стосується заказників місцевого значення), відсутністю суворих обмежень господарської діяльності у їх межах і одночасно можливістю додання до ПЗФ значних площ. Оголошення заказників здійснюється без вилучення земельних ділянок у їх власників чи користувачів, не пов'язано зі збільшенням навантаження на

державний і місцеві бюджети, оскільки усі витрати, пов'язані з забезпеченням режиму охорони заказників, покладаються на землевласників і користувачів, на чиїх територіях вони знаходяться [1].

Таблиця 1 – Зміни кількості заказників та інших об'єктів природно-заповідного фонду у Сумській області за період з 2000 по 2020 р.

Категорії об'єктів ПЗФ	2000	2012	2016	2020
Заказники	62	99	100	125
Пам'ятки природи	57	98	107	107
Національні природні парки	1	2	2	2
Природні заповідники	1	1	1	1
Регіональні ландшафтні парки	1	1	1	1
Заповідні урочища	33	27	26	26

Однак номінальність покладених на землекористувачів завдань, пов'язаних з дотриманням природоохоронного режиму заказників, відсутність у землекористувачів відповідних знань і навичок, а головне – мотивації робить вельми проблемною реалізацію заказниками завдань, які покладаються на природно-заповідний фонд, а саме, збереження природного різноманіття рослинного і тваринного світу, збереження різноманіття природних ландшафтів, підтримання якості довкілля.

Однією з найбільш значних проблем ПЗФ України є недостатність інформації про поточний стан природоохоронних територій. Особливо гострою ця проблема є для заказників. Аналіз методики експрес-оцінки стану територій природно-заповідного фонду RAPPAM (Rapid Assessment and Prioritization of Protected Area Management) [2] і застосування її для оцінки стану кількох заказників, розташованих на території Сумської області, дозволив визначити перелік критеріїв, які, з одного боку, доступні для застосування без залучення значних коштів і людських ресурсів, з іншого боку, дозволяють доповнити і систематизувати наявну інформацію та визначити пріоритети в розвитку і оптимізації мережі природоохоронних територій: 1) негативні фактори впливу на природоохоронну територію, 2) естетична цінність природоохоронної території, 3) рекреаційна цінність природоохоронної території, 4) цінність природоохоронної території у збереженні ландшафту, 5) вразливість природоохоронної території, 6) соціально-економічна значущість природоохоронної території для місцевих громад.

Список літератури

1. Закон України «Про природно-заповідний фонд України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12/ed20170903#Text>
2. Експрес-оцінка стану територій природно-заповідного фонду України та визначення пріоритетів щодо управління ними / Б.Г. Проць, І.Б. Іваненко, Т.С. Ямелинець, Е. Станчу. – Львів: Гриф Фонд, 2010. – 92 с.

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ В НАФТОВИДОБУВНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Аблєєва І. Ю., старший викладач, СумДУ, м. Суми

Об'єкти нафтовидобувної діяльності відносять до підвищеної небезпеки. У разі виникнення надзвичайної ситуації наслідки для навколишнього середовища можуть бути досить серйозними – від забруднення ґрунту чи морської акваторії розливаю нафтою, яка володіє токсичним ефектом для живих організмів, до масштабних вибухів та пожеж, що досить актуально в умовах сьогоденного воєнного стану на території України. З метою попередження (недопущення) або своєчасного реагування на аварійні ситуації (локалізації та ліквідації) ефективним є застосування методології оцінки ризику. Екологічний ризик визначається як ймовірність протягом обумовленого проміжку часу виникнення події зі специфічними (зазвичай негативними) наслідками. Поняття ймовірності, що використовується в оцінці екологічного ризику, може визначатися як математична міра невизначеності і як суб'єктивна міра ступеня довіри.

Процес управління ризиками відповідно до ISO 31000:2018 складається з таких етапів: встановлення контексту; визначення ризику; аналіз ризику; оцінка ризику та обробка ризику. Структура управління ризиками має на меті допомогти організації інтегрувати управління ризиками в її діяльність і функції. Це включає розробку, впровадження, оцінку та вдосконалення управління ризиками, налаштованого відповідно до потреб організації. Відповідно до Міжнародного стандарту ISO 17776 оцінка ризику (QRA) є другою стадією процесу проведення аналізу ризику, поряд з визначенням (скринінгом) небезпечних виробничих процесів (HAZID) та пропозиціями щодо усунення або зменшення ступеня ризику.

Оцінка ризику будується на аналізі джерела ризику, факторів ризику, особливостей конкретної екологічної обстановки (біоценозу чи ландшафту) та механізму взаємодії між ними. Вона включає аналіз ймовірності (або частоти), аналіз наслідків та їх поєднання.

Після складання списку небезпек, які будуть детально аналізуватись надалі, необхідно визначити частоту (ймовірність) виникнення цих подій. Для цього можна використовувати ймовірні оцінки галузі, взяті з відповідних баз даних, але при цьому особливу увагу потрібно звертати на достовірність цієї інформації. Рівень забруднення (отриманий на основі математичного моделювання), що виникає від конкретної події, можна порівнювати з відомими екологічними даними, щоб визначити наслідки для природного середовища.

Загальну оцінку ризику можна отримати шляхом порівняння наслідків, ймовірності та міцності знань. Маючи глибокі базові знання, опис ризику буде таким, як у стандартній матриці ризиків, на основі ймовірності та наслідків. При слабких і середніх базових знаннях ризик зростає на один рівень.

ТЕХНОЛОГІЇ ГНУЧКОЇ БІОЕНЕРГЕТИКИ У ТРАНСПОРТНОМУ СЕКТОРІ

*Аблєєва І. Ю., старший викладач; Боруха О. Р., Бартош Е. Ю., студентки,
СумДУ, м. Суми*

Екологічно дружня переробка та енергетична утилізація відходів виробництва та споживання знаходить рішення насамперед у спектрі технологій біоенергетики. За заявами деяких європейських політиків, декарбонізація економіки та кліматична політика стануть «двигуном відновлення» посткоронавірусної економіки. Біопаливо другого покоління отримують з нехарчової сировини (відпрацьовані жири та олії, біомаса дерев та рослин) у різній спосіб. Така сировина містить целюлозу та лігнін. Технологічно виробництво біопалива другого покоління (2G) є процесом одержання палива за допомогою переробки целюлози та лігніну, що містяться в деревній або волокнистій біомасі, що менш витратно, ніж отримання біопалива у культур першого покоління. Його можна спалювати (як це зазвичай робили з дровами), газифікувати (отримуючи горючі гази), здійснювати піроліз, що дозволяє перетворити біомасу на рідину.

При спалюванні біопалива кількість вуглекислого газу знижується до 65 %, що скорочує внесок галузі у зміну клімату. Крім того, біоетанол містить менші концентрації таких хімічних речовин як хлор та сірка. Це означає, що біопаливо допомагає зменшити викиди цих забруднювачів в атмосферу. 2G етанол може зменшити викиди парникових газів через його інтенсивність вуглецю, нижчу, ніж у викопних конкурентів або навіть етанол 1G. Біоетанол здатний помітно скоротити викиди парникового газу транспортними засобами, що важливо для кліматичних навантажень.

Очікується, що перехід до відновлюваних джерел, таких як біоетанол, зменшить вплив на навколишнє середовище в декілька разів. Однак його виробництво може суттєво впливати на навколишнє середовище залежно від типу сировини, місцевих умов, дизайну та реалізації відповідного процесу перетворення. Отже, для ідентифікації екологічного навантаження системи виробництва біоетанолу, необхідна комплексна оцінка.

Численні дослідження у сфері гібридних систем отримання водню спрямовані підвищення його виходу і його накопичення. Таким чином, розробка технології одержання водню на основі даного комбінованого біологічного способу з використанням середовищ різного складу є одним з найважливіших завдань у галузі отримання альтернативних видів палива.

Отже, одержано результати оцінки життєвого циклу виробництва водню в результаті парового риформінгу природного газу проти газифікації біомаси. Вплив на глобальне потепління, підкислення суші та евтрофікацію прісної води визначено кількісно. Ця робота виявила, що маршрут біомаси був кращим за всіма трьома показниками, і особливо щодо глобального потепління.

РОЗРОБКА МОДЕЛІ СИНТЕЗУ ОБГРУНТОВАНОГО ВИБОРУ ПРИРОДООХОРОННОГО ОБЛАДНАННЯ

Козій І. С., доцент; Жиленко Т. І., доцент, СумДУ, м. Суми

В останні роки екологічна політика України була направлена на гармонізацію вимог екологічної безпеки промислових підприємств для довкілля. Виходячи зі специфіки роботи природоохоронного обладнання, формуються вимоги до пилогазоочисних апаратів, які будуть відповідати умовам проведення процесу очищення викидів певних забруднюючих речовин, для забезпечення яких необхідно розробити ефективну і оптимальну технологію очищення.

Параметризовану модель оптимізації доцільно проводити у вигляді графа спрямованого вибору пилогазоочисного апарату (рис. 1), що реалізується п кількістю методів.

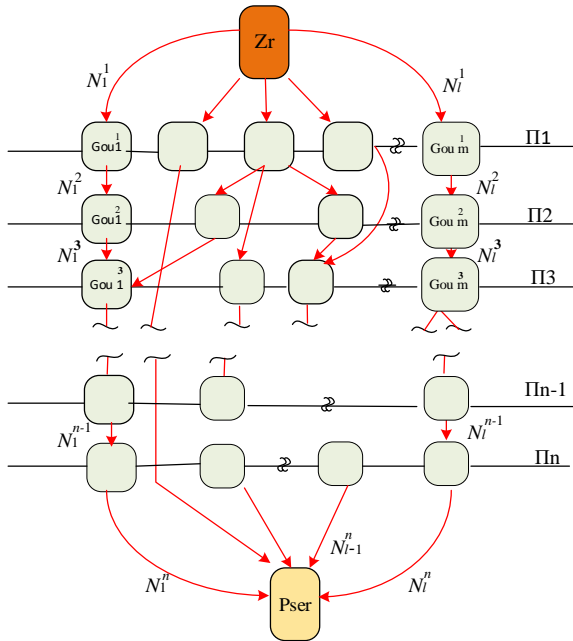


Рисунок 1 – Граф вибору апарату очищення:

Zr – забруднююча речовина; $Pser$ – параметри умов середовища проведення процесу очищення; $\Pi_1 \dots \Pi_n$ – методи очищення за заданою потужністю (рівні графа); $Gou_1 \dots Gou_m$ – природоохоронне обладнання, яке здатне реалізувати

дані методи (вершини графа); $N_1 \dots N_l$ – кількість викидів (ребра графа)

У цьому випадку математична модель процедури спрямованого вибору представляється у вигляді гіперпризми, площини якої відповідають методам досягнення чистоти повітря, а самі площини є матрицями технологічного обладнання та відповідними їм матрицями середовища та кількості викидів.

Матриці мають розмірність $m \times n$ за кількістю аналізованих методів та складності розв'язання задачі.

Відповідно до матриць, будуюмо мережеву модель вибору обладнання (рис.2). Вузли мережі є методами, відрізки шляху відповідають параметрам забруднюючих речовин та умовам середовища.

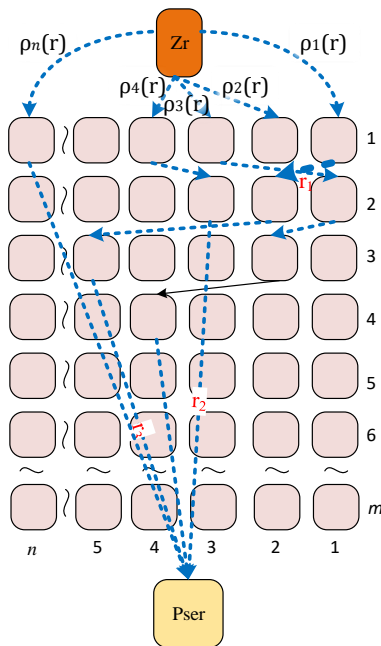


Рисунок 2 – Мережева модель вибору обладнання

Спрямований вибір обладнання полягає у визначенні найкоротшого шляху цієї мережевої моделі. Оптимізаційна задача розв'язується методом лінійного програмування.

Таким чином, оптимальним приймається той варіант технологічного обладнання для очищення від викидів певних забруднюючих речовин, що відповідає критеріям мінімального вибору пилогазоочисного обладнання при найбільшій ефективності очищення.

МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ СНІГОВОГО ПОКРИВУ В РАЙОНІ РОЗТАШУВАННЯ ТОВ «КЕРАМЕЙЯ»

*Зайцева К. О., студентка;
Гурець Л. Л., професор, СумДУ, м. Суми*

Серед актуальних екологічних проблем сьогодення як ніколи гострим постає вирішення проблеми пилового забруднення навколишнього середовища, зокрема дрібнодисперсними частинками. Такий вид забруднення стрімко поширюється на значні відстані, частинки здатні адсорбувати на собі інші токсичні сполуки та проникати в організми живих істот. Пилові хмари, які утворюються із полотанту знаходяться на висоті 10-20 км та не вививаються опадами, що в свою чергу, через відбивання сонячного проміння, спричиняє зниження середньої температури поблизу земної поверхні та сприяє парниковому ефекту.

Як свідчать результати чисельних досліджень, окрім негативних екологічних наслідків, забруднення атмосферного повітря дрібнодисперсним пилом пов'язано з підвищення захворюваності населення на хвороби верхніх дихальних шляхів та серцево-судинної системи. Наявні на більшості підприємств пиловловлювачі установки не забезпечують достатнього рівня ефективності очищення відхідних газів від $PM_{2.5}$ та PM_{10} , тому виникає питання підвищення ефективності пилоочисного обладнання[1-2] та оцінки впливу пилових викидів промислових підприємств на довкілля.

Для проведення моніторингу рівня забруднення снігового покриву дрібнодисперсними частинками пилу в районі ТОВ «КЕРАМЕЙЯ» було проведено експеримент по аналізу вмісту твердих частинок в сніговому покриву. Відбір проб снігу проводився за шістьма напрямками: у переважному напрямку вітру (північно-східний) проби взято на межах підприємства, межі СЗЗ та 100 м за нею, а також на відстані 500 м в інших напрямках вітру. Отримані результати концентрації пилу у сніговому покриві свідчать про те, що значні обсяги пилових частинок переносяться на дальні відстані. Якщо на межі СЗЗ ці значення відповідають нормам, то на більшій відстані ці показники стрімко зростають, що становить загрозу для екосистем та населення міста. Аналіз результатів, отриманих в ході проведеного експерименту свідчить, що наявна система пиловловлення не забезпечує задану ефективність.

Список літератури

1. Пономарьова С. Д., Юрченко В. О., Пономарьов К. С. Інтенсифікація очищення викидів дрібнодисперсного пилу какао з допомогою попередньої іонізаційної обробки. Науковий вісник будівництва №1.– Харків. 2019 р. С.246 – 250.

2. Condensation Particle Counters (CPC). The University of Manchester: website. URL: <http://www.cas.manchester.ac.uk/restools/instruments/aerosol/cpc/>

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПРИЛЕГЛИХ ДО СУМСЬКОЇ ТЕЦ ТЕРИТОРІЙ

*Вихрова А.Ю., студентка;
Гурець Л.Л., професор, СумДУ, м. Суми*

У зв'язку зі стрімким розвитком науково-технічного прогресу зростає антропогенне навантаження на атмосферу, що в свою чергу потребує якісного очисного обладнання та зменшення техногенних викидів в повітря. Об'єкти теплоенергетики є одним з найбільших забруднювачів довкілля в цілому та атмосферного повітря зокрема. Найбільшого негативного впливу від роботи теплоелектростанцій (ТЕС) зазнає стан екосистем на прилеглих до неї територіях. Добовий викид твердих частинок на вугільних ТЕС, що містять летку золу і частинки недогорілого пилоподібного палива, становить 35 – 55 тонн, і за висоти труби 150 – 200 м радіус забрудненої викидами ТЕС території становить близько 50 км.

Жодна українська ТЕС не має очисних установок димових газів від діоксиду сірки, передбачено тільки очищення від золи та твердих частинок. До того ж українські вугільні ТЕС у своїй більшості обладнані котлами з рідким шлаковидаленням, ефективність внутрішньопаливнєвого зв'язування сірки в яких становить 5,0%, що в свою чергу спричинює підвищення концентрації SO_2 у відхідних газах.

Найбільшим забруднювачем атмосферного повітря Сумської області є Сумська ТЕЦ. У 2020 р. кількість викидів підприємства становили 1,35 тис. тонн. Індикатором забруднення довкілля компонентами відхідних газів може виступати сніговий покрив. Він має високу сорбційну здатність, що дозволяє використовувати його для визначення рівня техногенної небезпеки в місті.

Проби снігу відбирались із навітряної та підвітряної сторони на відстані 500, 1000 і 1500 м від Сумської ТЕЦ. Фонові проби відбирались в міському парку. Отримані проби снігу розтоплювали при кімнатній температурі, в талій воді визначали рН.

Результати досліджень показали наступне: за Пд-Сх напрямком вітру: фоновий показник становить 6,85, на відстані 500 м – 6,0; 1000 м – 5,4; 1500 м – 5,8; за Пн-Зх напрямком вітру: фоновий показник – 6,85; 500м – 6,1; 1000 м – 5,2; 1500 м – 6,3. Проведені дослідження показують підвищену кислотність талої води, що свідчить про вплив газопилових викидів Сумської ТЕЦ, які містять SO_2 та NO_x . Результати свідчать про необхідність розробки заходів зі зменшення вмісту забруднюючих речовин у відхідних газах ТЕЦ.

ТРОПІЧНІ НОЧІ У МІСТІ СУМИ ЯК ЕКОЛОГІЧНИЙ НАСЛІДОК ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ

*Корнус А. О., доцент, СумДУ, м. Суми;
Клок С. В., старший науковий співробітник, УГМІ, м. Київ*

У червні 2021 р. міжурядова група експертів з питань клімату (IPCC) оприлюднила першу частину шостого оцінкового звіту «Climate Change 2021: The Physical Science Basis» [3]. Згідно з цим документом, глобальна температура вже зросла приблизно на $1,1^{\circ}\text{C}$ у порівнянні з доіндустріальним періодом, а вміст CO_2 в атмосферному повітрі сьогодні збільшився до 410%. Згідно з прогнозами експертів названої міжурядової групи, до 2060 р. приріст глобальної температури повітря може сягнути 2°C , а до 2010 р. – $2,7^{\circ}\text{C}$. Підвищення температури може призвести до того, що в деяких місцях планети люди помиратимуть «просто виходячи на відкрите повітря» [3].

Одним із яскравих показників-індикаторів глобального потепління є «тропічні ночі» – явище, за якого температура повітря вночі не опускається нижче 20°C . Територія Сумської області у цьому відношенні є досить показовою. До 2000 р. такі ночі були великою рідкістю [2], проте у XXI столітті вони стали звичним явищем.

У даній роботі досліджено кількість та тривалість тропічних ночей у Сумах за період з 2005 по 2021 рік. За цей час було зафіксовано 113 тропічних ночей, у середньому 7,06 на рік. Тропічні ночі були зафіксовані в травні, червні, липні, серпні та вересні. Місяцем з найбільшою зареєстрованою кількістю тропічних ночей є липень – загалом 46 випадків, за ним слідує червень із 35 випадками, 28 тропічних ночей було зафіксовано в серпні, 3 тропічні ночі були в травні та одна у вересні 2020 року [1].

Максимальна річна кількість тропічних ночей зафіксована у 2010 році (табл. 1) і становить 28: 4 у червні, 13 у липні та 11 у серпні, що складає 31% від загальної кількості зафіксованих тропічних ночей за весь період спостереження і у 2 рази перевищує кількість тропічних ночей другого за їх кількість року (2021). У ці три місяці максимальні температури повітря сягали $\geq 32^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 1 – Середня кількість тропічних ночей на рік у певному місяці (2005-2021 рр.)

Місяць	Загальна кількість	У середньому за рік
Травень	3	0.19
Червень	35	2.19
Липень	46	2.88
Серпень	28	1.75
Вересень	1	0.06

Місяцями з найбільшою кількістю тропічних ночей були липень 2010 р. та липень 2007 р., коли максимальна температура повітря > 35°C.

Динаміку тропічних ночей було проаналізовано за допомогою лінійної регресії (рис. 1). Коефіцієнт нахилу 0,0784 є додатним, що свідчить про те, що кількість тропічних ночей у спостережуваному періоді демонструє тенденцію незначного збільшення. Однак низький коефіцієнт детермінації, а також розрахований для цього випадку t-коефіцієнт Стьюдента вказують на те, що отримана лінійна залежність не є статистично значущою.

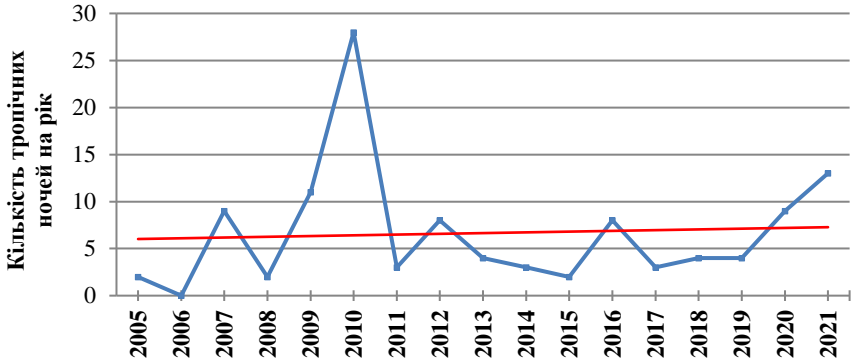


Рисунок 1 – Кількість тропічних ночей на рік
Лінійна регресія: $y = 0,0784x + 5,9412$ ($R^2 = 0,0036$)

На рис. 1 показано кількість тропічних ночей на рік, а також лінію тренду. Можна помітити, що кількість тропічних ночей є нестабільною, а частота їх повторюваності збільшується до кінця періоду. Абсолютний максимум, пік, значно вищий за інші значення, становить 28 ночей був зафіксований у 2010 році. Якщо виключити цей аномальний рік і повторити аналіз з рештою даних, рівняння лінійної регресії набуває вигляду $y = 0,2868x + 2,875$, з $R^2 = 0,1298$. Цей зв'язок уже є статистично значущим як для рівня достовірності 95%, так і для 99 %. Отже, можна зробити висновок, що визначена лінійна залежність зростання повторюваності тропічних ночей є статистично значимою, причому варто очікувати збільшення їх кількості.

Список літератури

1. Архів погоди на метеостанції Суми (2021). URL: <https://rp5.ua>
2. IMPACT2C web-atlas (2021) URL: https://www.atlas.impact2c.eu/en/climate/tropical-nights/?parent_id=22
3. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis (2021). Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.

WASTE RECYCLING FOR BIO-BASED POLYMER PRODUCTS PRODUCTION

*Chernysh Y. Y., Associate Professor; Plyatsuk L. D., Professor,
Sumy State University, Sumy, Ukraine;*

*Shen X.-J., Leader of research team, Key Laboratory of Yarn Materials Forming
and Composite Processing Technology of Zhejiang Province, Jiaxing University,
Jiaxing, China*

The field of this research is waste recycling and green energy production with special attention to biofuel and useful bio-based products production. The theoretical approach is based on the use of organic waste as a source of carbon and phosphogypsum as sources of mineral nutrients and trace elements for the cultivated desired microbial groups in bio-processes, using biochar as an effective sorbent for obtaining high-quality bio-based products. It is assumed that the strategy of nutrient reuse will be a tool to address the problem of limiting the growth of necessary microorganisms in the bioprocesses of anaerobic fermentation with the formation of organic acids for the biopolymer products industry.

In practice, the selection of anaerobic digestion feedstock usually depends on what is available locally, as well as aiming to optimise biofuel output (biohydrogen or/and biomethane) and such useful bio-based products as organic acids (including lactic acid) and digestate. It should be noted that biotechnological methods under anaerobic digestion can be employed for production of value-added compounds [1], even in competition with traditional synthetic production of commodity chemicals.

Lactic acid has many applications in the food and beverage sectors as well as in the pharmaceutical, chemical and cosmetic industries and it can originate biodegradable polymer polylactic acid through polymerization [2]. The production of polymers from renewable raw materials in the world has increased rapidly in recent years. Bioplastics account for roughly only 1 % of the 335 million tons of plastics that are produced annually [3]. At the fact that, China is actively building production capacity for biodegradable polymers.

On the other hand, today it is important to find new ways of recycling chemical waste such as phosphogypsum. Today, significant dumps of this waste have been formed on the territory of Ukraine, namely more than 55 million tons, and in the Sumy region - more than 15 million tons of phosphogypsum. In China, phosphogypsum production has reached 110 Mt [4].

The especially needing for bioconversion processes under biofuel and digestate production is nutrients that stimulate microorganism's growth and the reduction potential solve gypsum and convert it to products. The possibility of the phosphogypsum [5] and biochar [6] use as a mineral support medium for the associations bacteria's growth is determined under industrial bioproduction. It was

established that the relative abundance of lactic acid bacteria increased due to the adsorption of cornstalk biochar [6]. The addition of different doses of biochar in the anaerobic digestion of food waste at different inoculum-substrate ratios was investigated in [7]. Thus, it was found that biochar accelerates the degradation of organics with the release of volatile fatty acids. Also, the efficiency of biochar depended on its dosage and the amount of inoculum, which suggests an additional role of abiotic biochar in relation to inoculum microorganisms [7].

Thus, the development of the direction of integrated use of wastes of different genesis to implement new technological solutions of anaerobic fermentation with obtaining useful bioproducts, in particular biofuels, biopolymers and biofertilizers noted as urgent. It is also necessary to assess the full life cycle of the final bio-based products obtained with the achievement of high environmental and economic efficiency.

References

1. Sar T., Harirchi S., Ramezani M., Bulkan G., Akbas M.Y., Pandey A., Taherzadeh M.J.. Potential utilization of dairy industries by-products and wastes through microbial processes: A critical review. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 810. Article № 152253.
2. Balla E., Daniilidis V., Karlioti G., Kalamas T., Stefanidou M., Bikiaris N.D., Vlachopoulos A., Koumentakou I., Bikiaris D.N. Poly(lactic Acid): A Versatile Biobased Polymer for the Future with Multifunctional Properties—From Monomer Synthesis, Polymerization Techniques and Molecular Weight Increase to PLA Applications. *Polymers*, 2021, 13, 1822. <https://doi.org/10.3390/polym13111822>
3. Chemistry and Ecology of Polymers. Information from the website ECTC. URL: <https://ect-center.com/blog/biopolymers-market-2019>
4. Chuan L. M., Zheng H.G., Zhao J.J., Wang A.L., Sun S.F. Phosphogypsum production and utilization in China. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2018. Vol. 382. Article № 022099
5. Chernysh Y. and Plyatsuk L. Environmentally Friendly Concept of Phosphogypsum Recycling on the Basis of the Biotechnological Approach. *International Business, Trade and Institutional Sustainability*. In: Leal Filho W., Borges de Brito P., Frankenberger F. (eds) *World Sustainability Series*. – Springer, Cham., 2020. – P. 167–182.
6. Zhang H, Marchant-Forde JN, Zhang X, Wang Y. Effect of Cornstalk Biochar Immobilized Bacteria on Ammonia Reduction in Laying Hen Manure Composting. *Molecules*. 2020. Vol. 25(7). Article № 1560. doi: 10.3390/molecules25071560.
7. Jiao Cai, Pinjing He, Ying Wang, Liming Shao, Fan Lü. Effects and optimization of the use of biochar in anaerobic digestion of food wastes. *Waste Manag. Res.* 2016. Vol. 34(5). P. 409-416.

МАТЕМАТИЧНО-СТАТИСТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ВІД ТРАНСПОРТУ НА ЗАХВОРЮВАНІСТЬ НАСЕЛЕННЯ

*Безкровна А. В., Захарова В. А., студентки;
Рой І. О., старший викладач, СумДУ, м. Суми*

Сучасні умови життєдіяльності людини в населених пунктах постійно пов'язані з інтенсивним зростанням впливу шкідливих та небезпечних факторів техногенного середовища, особливо в зонах впливу автомобільних доріг, що негативно позначається на санітарно-епідеміологічному стані в населених пунктах та загальному рівні захворюваності населення, рис. 1.

ОБ'ЄКТ ВПЛИВУ	ОСНОВНІ ВИДИ ВПЛИВУ
Водойми	→ Засолення
	→ Мінералізація
	→ Забруднення нафтопродуктами
Ґрунт	→ Забруднення свинцем
	→ Забруднення органічними мастилами
	→ Забруднення розчинниками
Повітря	→ Викиди CO, CmHn, NOx, C, CO ₂
Флора і фауна	→ Порушення ґрунтового покриву
	→ Забруднення придорожньої смуги
Людина	→ Захворювання органів дихання
	→ Захворювання системи кровообігу
	→ Онкологічні захворювання
	→ Зменшення середньої тривалості життя у населення

Рисунок 1 – Вплив транспорту на об'єкти довкілля

При дослідженні питання щодо впливу транспорту на умови життєдіяльності людини важливу роль відіграє транспорт для вантажних і пасажирських перевезень. На сьогоднішній день спостерігається стійка тенденція до збільшення кількості транспортних засобів, які рухаються по вулицях населених пунктів, що підвищує ризик погіршення безпечних умов існування людини. Сумарний шкідливий вплив, який здійснюється транспортними засобами, в загальному вигляді формується забрудненням шкідливими домішками середовища життєдіяльності людини.

Авторами доведено вплив викидів від транспорту на здоров'я населення та встановлено достовірний зв'язок між кількістю захворювань системи кровообігу у населення України та обсягами викидів від транспорту. Проведено кореляційно-регресійний аналіз, який на етапі кореляційного аналізу вихідних даних дозволив зробити висновок про наявність прямого сильного зв'язку між обсягами викидів від автотранспорту та захворюваності населення (коефіцієнт кореляції – «0,95»). Однак кореляційний аналіз не є абсолютними, тому проведено регресійний аналіз даних з метою одержання більш точних результатів та проведення математичного моделювання.

За результатами регресійного аналізу побудована регресійна залежність кількості зареєстрованих випадків захворювання системи кровообігу у населення від річних обсягів викидів від транспорту:

$$Y = -3135,20 + 0,29 \cdot Q + 0,103 \cdot N$$

де, N – загальна чисельність населення в країні, осіб; Q – обсяги викидів в атмосферне повітря від транспорту, тис. т; Y – кількість випадків захворювання системи кровообігу, осіб.

За результатами регресійного аналізу встановлено, що коефіцієнт детермінації становить 0,9029, що свідчить про достатньо високу якість отриманої моделі, яка досить точно описує всі спостереження. Величина одержаного коефіцієнта також вказує на прямий та сильний взаємозв'язок між явищами, які досліджуються, а отже викиди від транспорту є однією із основних причин, які обумовлюють виникнення захворювань системи кровообігу у населення України.

Перевірка адекватності отриманої математичної моделі, рисунок 2, показала не велику розбіжність між фактичними та модельними (розрахованими) значеннями. Отримана модель є адекватною та може бути використана під час прогнозування небезпек для життєдіяльності людини.

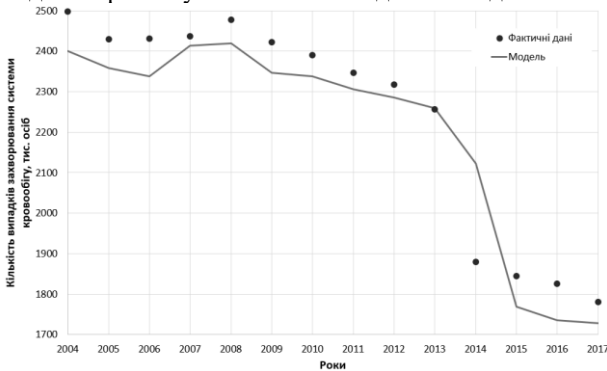


Рисунок 2 – Перевірка адекватності отриманої математичної моделі впливу викидів від транспорту на захворюваність системи кровообігу у населення

НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ ЗАБРУДНЕНОЇ НАФТОПРОДУКТАМИ ПОВЕРХНІ БУРОВОГО МАЙДАНЧИКА

*Карпенко Д. В., студент;
Фалько В. В., старший викладач, СумДУ, м. Суми*

Ґрунтовий покрив, як один із найважливіших компонентів навколишнього природного середовища, гірше, ніж водне і повітряне середовище відчуває негативний вплив нафтопродуктів. Ґрунти під впливом забруднення нафтопродуктами здатні акумулювати і закріплювати токсичні речовини. Нафтопродукти мають високий ступень токсичності, що в свою чергу несе значну небезпеку для людини і в цілому для біосфери.

Негативними наслідками забруднення ґрунту нафтопродуктами є: порушення екологічної рівноваги в ґрунтовому біоценозі; пригнічення життєдіяльності живих організмів ґрунту; знищення або деградації рослинного покриву; зміни структури ґрунту; зменшення аерації та дренажу; зниження продуктивності сільськогосподарських земель. В Україні на сьогодні не встановлені гігієнічні регламенти вмісту нафти та продуктів її переробки у ґрунтах, тому об'єктивна оцінка ступеню та небезпеки такого забруднення є проблематичною.

Серед існуючих на сьогоднішній день методів очищення ґрунту від нафти та нафтопродуктів (механічних, фізичних, хімічних, біологічних) найбільш перспективними з точки зору реабілітації забрудненого об'єкту визнано біологічні та комплексні методи. Неоднорідність ґрунтів, умов і обставин їх забруднення, різні кількісні та якісні характеристики нафтопродуктів-забруднювачів обумовлюють необхідність вибору найбільш доцільних схем біологічної ремедіації з урахуванням зазначених факторів [1].

Найбільш активне забруднення нафтою та нафтопродуктів відбувається на нафтопромислах, експлуатаційних та розвідувальних свердловинах; при аваріях на свердловинах та нафтопроводах; в місцях переробки і реалізації нафтопродуктів. В районах видобутку нафтопродуктів основною забруднюючою речовиною є сира нафта та високо мінералізовані нафтові та стічні води, продукти згорання супутніх газів [2].

Одним із методів нейтралізації очищення ґрунту від нафти та нафтопродуктів є використання гуміно-мінерального комплексу. Вільні гумінові кислоти - гумінові кислоти низької зольності, вироблені з бурого вугілля, одноразовою екстракцією гідроксидом калію з подальшим осадженням їх мінеральною кислотою, як вододиспергуємою колоїдної маси. Гуміно-мінеральний комплекс – суміш кислих речовин біохімічного перетворення відмерлих вищих рослин, що витягуються з бурого вугілля водними лужними розчинами; являє собою групу аморфних конденсованих полікарбонівих кислот з відносно високою молекулярною масою, що знаходяться у вигляді вільних гумінових кислот і солей (гуматів) кальцію, натрію, магнію, заліза і т.д.

Гумінові речовини кислотного типу (гумінові кислоти) застосовують не тільки як стимулятори росту рослин, компонентів органічно-мінеральних добрив та засобів детоксикації та очищення забруднених нафтопродуктами ґрунтів, а також як компоненти теплостійких бурових розчинів при бурінні нафтових та газових свердловин. Внесення у ґрунт, забруднений нафтопродуктами гумінових речовин, дозволяє прискорити ефективну сорбцію вуглеводнів та активізацію мікробіологічних процесів, внаслідок чого відбувається прискорена деструкція нафтопродуктів та очищення ґрунту та збагачення ґрунту гумусом. При цьому відновлюються основні агрохімічні властивості ґрунтів. Сутність методу знешкодження нафто забруднених ґрунтів, що розглядається, характеризується тим, що включає підготовку майданчика переробки, збирання, екскавацію та доставку нафтозабруднених ґрунтів на майданчик переробки, підготовку нафтозабрудненого ґрунту та внесення гуміно-мінерального комплексу, отриманого у процесі низькотемпературної механохімічної екстракції гумінових кислот подрібненням бурого вугілля в диспергаторі зі змішуванням подрібненого бурого вугілля з лугом, що дозволяє забезпечити процеси біоструктуризації нафтозабруднених ґрунтів. При внесенні в ґрунт та токсичні землі гуміно-мінеральний комплекс завдяки своїй високій питомій поверхні входить у реакції взаємодії з токсичними речовинами, зокрема з іонами важких металів, пов'язує їх, переводячи у водонерозчинну форму. Пов'язані хімічно та зафіксовані у ґрунті та землях у вигляді одонерозчинних сполук іони важких металів не надходять у рослини та ґрунтові води. Цим забезпечується детоксикація ґрунтів та можливість використання забруднених ґрунтів для господарської діяльності. Цей спосіб рекомендується використовуватися при рекультивативації земель та відновлення раніше відпрацьованих площ у частині проведення очисних робіт як самостійний спосіб біологічної очистки або як додатковий етап після механічного, фізичного або іншого способу очищення, а також для ліквідації старих (застарілих) забруднень нафтопродуктами об'єктів довкілля.

Завдяки розглянутому методу забруднені токсичними речовинами землі стають придатні для сільськогосподарського використання. Врожайність земель, підданих детоксикації, значно зростає, а вміст токсичних речовин у виробленої ними сільськогосподарської продукції зберігається в межах існуючих санітарно-гігієнічних нормативів.

Список літератури

1. Шевчик Л.З. Аналіз біологічних способів відновлення нафтозабруднених ґрунтів. / Л.З. Шевчик, О.І. Романюк // ScientificJournal «ScienceRise:BiologicalScience». – 2017. – № 1 (4). – С. 31–39.
2. Comparison of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) concentrations in urban and natural forest soils in the Atlantic Forest (Sao Paulo State) / Ch. Bourotte, M. Cr. Forti, Y. Lucasetal. // Anais da Academia Brasileira de Ciências. – 2009. – Vol. 81, N1. – P. 127–136.

«ЗЕЛЕНА ІНФРАСТРУКТУРА» ЯК СКЛАДОВА СТАЛОГО МІСТА

*Яцук С. В., студент; Батальцев Є. В., асистент;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми*

Сучасний світ стикається з багатьма екологічними та економічними проблемами, які є результатом швидкої урбанізації та надмірної експлуатації наявних ресурсів, а також різкого збільшення населення та відповідного збільшення кількості міст. Велику роль у цих проблемах відіграє технологічний і промисловий розвиток. В результаті термін «зелені технології» став інструментом вирішення цих проблем з орієнтацією на сталий розвиток на всіх рівнях. Здається, це дуже ефективний інструмент у сучасному міському плануванні, який включає всі аспекти планування, такі як інфраструктура та промисловість, енергетика, телекомунікації, транспорт та інші життєво важливі сфери міста. Зелені технології включають кілька форм технологій, які допомагають мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище та створюють нові шляхи досягнення сталого розвитку.

Термін «зелена інфраструктура» – це новий термін, але це не нова ідея, яка виникла 150 років тому завдяки плануванню та збереженню за допомогою таких методів:

– зв'язок парків і відкритих майданчиків, тобто має місце збереження та зв'язок природних територій з біорізноманіттям. Важливість зеленої інфраструктури неможливо перебільшувати;

– стале управління земельними та водними ресурсами, включаючи виробництво (наприклад, енергетичні та харчові культури), контроль забруднення, покращення клімату, збільшення пористості ґрунтового покриву;

– організація «зелених зон» відпочинку – через коридори або зелені дороги та використання методів, що сприяють покращенню якості життя та здоров'я населення.

– естетичні методи – через зелені насадження та коридори красивих краєвидів.

Сталість середовища проживання людини безпосередньо пов'язана зі стійкістю природних середовищ, тому при плануванні сталої інфраструктури для їх збалансування важливо планувати та впроваджувати «зелену інфраструктуру».

Підходи до «зеленої інфраструктури» допомагають адаптуватися до змін клімату. Вона допомагає пом'якшувати вплив сильних опадів і зниження температури, краще керувати стоком зливових вод, а також утримувати та зберігати воду.

Використання цих підходів у процесі планування сталих міст підтримає їх стійкість до наслідків змін клімату та адаптації до цих змін, а також допоможе зменшити його вплив на життя людей та природні ресурси.

ЕЛЕКТРОЛІЗ У БІОПРОЦЕСАХ АНЕРОБНОГО ЗБРОДЖУВАННЯ

Чубур В. С., аспірантка, СумДУ, м. Суми

Сьогодні перспективною є розробка екологічно безпечних біотехнологій рециклінгу відходів з подальшою утилізацією у вигляді біокомпозитних продуктів різного напрямку використання з отриманням біопалива. Біопроцеси зазвичай повільніші порівняно з стандартними хімічними процесами. Саме тому, перспективним напрямком досліджень є використання мікробіологічних методів інтенсифікації біопроцесів, а саме застосування електролізу в процесах анаеробного збродження відходів. Комбінації фізико-хімічних методів забезпечують збільшення швидкості біорозкладання органічних речовин. Обробка середовищ високовольтними електричними імпульсами дозволяє отримати інактивацію мікроорганізмів при більш низьких температурах і за більш короткий час [1].

В електрометаногенних біоелектрохімічних системах відомі три шляхи: відновлення CO_2 , метилотрофний і ацетокластичний шляхи. Шлях скорочення CO_2 , який стимулює вироблення метану, вважається основним фактором, що визначає загальну продуктивність системи, але важливі й інші шляхи. Тому, ацитатокластичний метаногенез дуже часто переважає в промислових умовах [2] виробництва біогазу, оскільки він заснований на можливості біоконверсії ацетатів з отриманням метану ($\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_4+\text{CO}_2$). Деякі реакції виробництва метану, які здійснюються біокатодними спільнотами, описані в літературі [3], але необхідні подальші дослідження молекулярних шляхів.

Електролізна обробка забезпечує більш високу енергоефективність і виробництво біогазу, проте, систематичне розуміння мікробної взаємодії та виробництва біометану та водню в мікробній електролізній коміріці все ще обмежене [4]. Важливо продовжити пошук оптимального варіанта використання методів електролізної інтенсифікації з техніко-економічним обґрунтуванням ефективності, особливо в промислових масштабах.

Список літератури

1. Vo T., et al. 2014. A new upgraded biogas production process: Coupling microbial electrolysis cell and anaerobic digestion in single-chamber, barrel-shape stainless steel reactor. *Electrochem. commun.*, 45, 67-70.
2. Cai, M. et al. 2016. Metagenomic reconstruction of key anaerobic digestion pathways in municipal sludge and industrial wastewater biogas-producing systems. *Front. Microbiol.*, 7. doi:10.3389/fmicb.2016.00778
3. Blasco-Gómez R., et al. 2017. On the edge of research and technological application: critical review of electromethanogenesis. *Int. J. Mol. Sci.*, 18(4), 874.
4. Saravanan, A., et al. 2020. Microbial electrolysis cells and microbial fuel cells for biohydrogen production: current advances and emerging challenges. *Biomass Conv. Bioref.* doi:10.1007/s13399-020-00973-x.

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ ФІТНЕС-ЦЕНТРУ

*Бурла О. А. асистент;
Русланова Д. В., студентка, СумДУ, м. Суми*

В умовах сучасного часу наявність систем створення мікроклімату у приміщенні є необхідною вимогою. Створення оптимальних параметрів мікроклімату у фітнес залі або іншому будь-якому приміщенні спортивного призначення є дуже важливою і складним завданням.

Основним завданням вентиляції є підтримання допустимих параметрів у приміщеннях та забезпечення найкращих умов для роботи. Основним завданням систем кондиціонування є доведення параметрів внутрішнього повітря до оптимальних та підтримання даних параметрів цілий рік. Як правило системи кондиціонування проектують спільно з системами вентиляції, це дозволяє полегшити і спростити підтримання оптимальних параметрів внутрішнього повітря.

Метою є підвищення енергоефективності будівлі фітнес-центру. У фітнес залі проектуємо систему вентиляції спільно з кондиціонуванням для того, щоб підтримувати оптимальні параметри мікроклімату у приміщенні. Повітря, що подається в приміщення, буде оброблятися в центральному кондиціонері. Асиміляція повних теплонадлишків у приміщенні буде відбуватися з допомогою використання місцевих доводчиків – фенкойлів. Холодопостачання ЦК та фенкойлів забезпечуватимемо за допомогою чилера влітку, та драйкулера взимку.

Місцевий апарат системи кондиціонування повітря, що використовується для охолодження або нагрівання повітря з вбудованим вентилятором, фільтром, електронагрівачем та пультом управління називається фенкойлом.

Основним холодовиробником для нашої системи вибираємо чилер з повітряним охолодженням, який буде працювати в літній період, а також для роботи системи кондиціонування взимку ставимо драйкулер. Драйкулер включається в контур паралельно з основною холодильною машиною (тобто. чилером) та у літній період не використовується. на зимовий період чилер відключається від системи холодопостачання, теплоносій охолоджується лише за допомогою драйкулера.

Дана схема холодопостачання має назву "Freecooling" (від англ.) – вільне охолодження. З метою економії електроенергії, скорочення кількості часу роботи компресорів холодильної машини застосовуємо двоконтурну систему холодопостачання.

ЗАСТОСУВАННЯ БІОПЛАТО З ВІЛЬНОЮ ВОДНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД

*Горох І. І., студент; Васькіна І. В., старший викладач;
Васькін Р. А., доцент, СумДУ, м. Суми*

Біоплато з вільною водною поверхнею (БВВП) якнайбільше імітують процеси очищення води в природних об'єктах. Як правило таку технологію використовуються для очищення міських зливових вод, сільськогосподарських стоків і додаткового очищення комунальних стічних вод (СВ). Через відносно низьку вартість їх варто застосовувати при великому об'ємі потоку та невисоких концентраціях забруднюючих речовин.

Будова БВВП може бути різною але визначальними є такі ознаки як підтримання рівню води вище укорінення рослин у ґрунті, піску або гравію та застосування рослин які можуть вижити в умовах постійного затоплення. Потік СВ горизонтальний.

У БВВП застосовуються такі механізми видалення забруднюючих речовин як фізичне осадження та деградація забруднюючих речовин за допомогою хімічних, мікробних та фотохімічних процесів. Більше, ніж інші варіанти обробки біоплато така конструкція одночасно сприяє як аеробним, так і анаеробним процесам розкладання органічних речовин.

Для запобігання виділенню запаху та сприяння загибелі патогенних організмів БВВП слід спроектувати так, щоб верхні шари водної товщі завжди були аеробними. Практично всі можливі окислювально-відновні реакції, включаючи нітрифікацію та денітрифікацію будуть протікати ефективно. На додачу БВВП забезпечують ефективну фотодеградацію забруднювальних речовин. Але поглинання забрудників рослинами в цій технології відіграє більш значну роль, ніж в інших типах біоплато. Рослини також виділяють невелику кількість кисню і органічні сполуки вуглецю в кореневий матрикс, забезпечуючи як аеробні, так і анаеробні процеси. Як і в випадку всіх природних процесів, повного видалення органічного вуглецю і поживних речовин не відбувається, але поглинання рослинами поживних речовин збільшується в періоди росту.

При очищенні комунальних СВ такі біоплато облаштовують нижче за інші очисні установки. Окрім функції очищення можуть мати естетичну функцію та можуть виступати резерватом біорізноманіття як і природні водно-болотні угіддя. Саме тому ми рекомендуємо влаштовувати такі системи очищення на об'єктах природно-заповідного фонду досягаючи одночасно кількох цілей – очищення господарських стічних вод, що утворюються внаслідок діяльності заповідника, а також природоохоронних, рекреаційних та навчальних завдань.

ПЕРСПЕКТИВА ВИГОТОВЛЕННЯ ЕКОНЗИМІВ ІЗ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

*Джафарова В. Р., аспірантка;
Васькіна І. В., старший викладач, СумДУ, м. Суми*

Проблема поводження з відходами є досить складною через збільшення кількості відходів, поінформованості населення та політики щодо поводження з відходами. Збільшення кількості відходів відбувається через зростання рівня споживання. Існуюча політика поводження з відходами не корелює зі збільшенням кількості відходів [1]. Вплив відходів, які викидаються на полігони, продовжує збільшуватися. Терміни використання речей - скорочуються [2].

Частка органічних відходів складає 48 % від загальної кількості побутові відходи. Компостування є одним із найбільш раціональних способів поводження з відходами, оскільки він є найбільш економічним та ефективним серед інших [3].

Переробка побутових відходів в екофермент є одним із альтернативних методів біологічної переробки органічних відходів. Екоензим (екофермент) – це органічна сполука у вигляді комплексного розчину, що утворюється в результаті процесу ферментації органічних відходів. Екофермент зазвичай використовується як добриво та біопестицид. Створення екоферменту допомагає зменшити викиди відходів на сміттєзвалища, та є альтернативою щодо використання синтетичних хімічних речовин, які завдають шкоди здоров'ю людини та довкіллю.

У процесі ферментації при виробництві екоферменту виробляється озон (O_3), який є визначальним у зменшенні вуглекислого газу (CO_2) в атмосфері. Якщо зробити розчин екоферменту з водою, то отримана рідина може використовуватися побутовий засіб для чищення, а також як хороше органічне добриво.

Виробництво екоферменту шляхом ферментації органічної частки відходів можна вважати рішенням для зменшення кількості відходів [4]. Таке виробництво у великих кількостях за короткі терміни та низькою вартістю є необхідним зважаючи на зростання кількості промислових відходів [5]. Розчинення нерозчинених органічних сполук у розчинені органічні сполуки є однією з переваг виробництва екоферменту [6].

Наявність ферменту протеази, амілази та ліпази буде мати перевагу у зниженні вмісту білків, вуглеводів та ліпідів в процесі розпаду [7]. Згідно проаналізованих даних з літературних джерел виробництво екоферменту буде не лише сприяти зменшенню кількості відходів, які вивозять на сміттєзвалища, а й досягненню нульових відходів на рівні домогосподарств.

Це означає, що виробники (господарі) відповідають за скорочення відходів, їх повторне використання та переробку.

Це також сприятиме пом'якшенню наслідків зміни клімату шляхом зменшення емісії парникових газів.

Список літератури

1. MacRae, G. 2012. Solid waste management in tropical Asia: what can we learn from Bali. *Waste Management & Research*, 30 (1): 72–79.

2. Winahyu, D., Hartoyo, S., and Syaukat, Y. 2013. Strategies of Final Disposal Site (TPA) Management of Bantargebang, Bekasi. *Jurnal Manajemen Pembangunan Daerah*, 5 (2): 1-17.

3. Maskey, B., and Singh, M. 2017. Household Waste Generating Factors and Composition Study for Effective Management in Gorkha Municipality of Nepal. *Journal of Sustainable Development*, 10 (6): 169-185.

4. Verma, D., Singh, A.N., and Shukla, A.K. 2019. Use of Garbage Enzyme For Treatment of Waste Water. *International Journal of Scientific Research and Review*, 7 (7): 201-205.

5. Sivashanmugam, C.A.P. 2015a. Identification and optimization of parameters for the semi-continuous production of garbage enzyme from pre-consumer organic waste by green RP-HPLC method. *Waste Management*, 44 (2015): 28–33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.010>.

6. Arun, C., and Sivashanmugam, P. 2015. Solubilization of waste-activated sludge using a garbage enzyme produced from different pre-consumer organic waste. *RSC Advances*, 5: 51421–51427. DOI: 10.1039/c5ra07959d.

7. Sivashanmugam, C.A.P. 2015b. Investigation of biocatalytic potential of garbage enzyme and its influence on stabilization of industrial waste activated sludge. *Process Safety and Environmental Protection*, 94 (2015): 471–478.

8. Murray, R. 2002. *Zero Waste*. United Kingdom by Russell Press. ISBN 1 903907 01 2. p. 5-10.

АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ, ЩО МІСТЯТЬ РАДІОЕЛЕКТРОННІ СКЛАДОВІ

Шалда О. С., студент; Яхненко О. М., старший викладач, СумДУ, м. Суми

Відходи електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) є одними із найбільш швидко зростаючих потоків відходів в Україні. Постійна поява нових технологій, функцій, зміна дизайну, скорочення життєвого циклу продуктів прискорюють виведення із використання застарілих електричних та електронних приладів і перетворення їх на відходи, що є актуальним питанням у контексті сталого розвитку країни. ВЕЕО мають у своєму складі різноманітні матеріали (мідь, срібло, золото, платина та інші), а також небезпечні компоненти, що містять цілий ряд токсичних речовин (кадмій, свинець, ртуть, хром та інші), які можуть значно забруднити навколишнє середовище і поставити під загрозу здоров'я людей.

Найбільшою частку відходів електронного обладнання становлять: мобільні телефони, ноутбуки, комп'ютери, РК монітори, лампи, телевізори та побутова техніка. Щороку у смітті опиняється 300 тонн золота – 11% річного світового видобутку.

Одним із факторів, що ускладнюють проблему електронних відходів, є скорочення терміну служби багатьох електричних та електронних товарів. Простий спосіб зменшити обсяг електронних відходів – продавати чи дарувати електронні гаджети, а не викидати їх. Неправильно утилізовані електронні відходи стають все більш і більш небезпечними, особливо зі збільшенням їх обсягу. Тому великі бренди, такі як Apple, Samsung та інші, почали пропонувати клієнтам можливість утилізації старої електроніки. Програми утилізації електронних пристроїв можна знайти у багатьох регіонах за допомогою простого онлайн-пошуку; наприклад, виконавши пошук «утилізація електроніки» разом із назвою міста чи району. Хмарні послуги виявилися корисними для зберігання даних, які потім доступні з будь-якої точки світу без необхідності носити з собою пристрої зберігання. Хмарне сховище дозволяє зберігати велику кількість даних за низькою ціною. Це забезпечує зниження потреби у виробництві нових пристроїв зберігання і, таким чином, скороченні кількості електронних відходів.

Переробка є найважливішим елементом управління електронними відходами. При правильному проведенні воно має значно зменшити витік токсичних матеріалів у навколишнє середовище та запобігти виснаженню природних ресурсів. Однією з основних проблем є переробка друкованих плат із електронних відходів. Друковані плати містять такі дорогоцінні метали, як золото, срібло, платина і т. д., і такі неблагородні метали, як мідь, залізо, алюміній і т. д. Традиційним методом є механічне подрібнення і сепарація, але ефективність переробки низька. Альтернативні методи, такі як криогенне розкладання, згідно проведених досліджень зазнали невдачі, а деякі інші методи все ще перебувають у стадії вивчення.

Основними принципом утилізації друкованих плат, що знаходяться майже у кожному “розумному” електричному приладі є метод механічного подрібнення і розділення та відновлення металів шляхом використання хімічних речовин. Механічне подрібнення є досить енергозатратним тому було створено нові методи попередньої обробки ДП, що не потребують подрібнення ДП до зольного розміру.

Таблиця 1 – Індивідуальне якісне порівняння різних методів попередньої обробки грубих шматків друкованих плат

Метод попередньої обробки	Ступінь відшарування	Енергоспоживання	Вплив на навколишнє середовище
Термічний шок	Середній	Середнє	Середній
Піроліз	Середньо-високий	Високе	Високий
Мікрохвильовий піроліз	Високий	Високе	Високий
Механічний (без попередньої обробки)	Низький	Високе	Середньо-високий
Механічний (з попередньою обробкою)	Середній	Низьке	Низько-середній
Хімічний (видалення маски припою)	Дуже низький	Низьке	Низький
Хімічний (органічне набухання)	Високий	Низьке	Низький
Хімічний – органічне набрякання, викликане мікрохвильовою пічкою)	Дуже високий	Високе	Низький
Подрібнення за допомогою високовольтних електричних імпульсів	Високий	Дуже високе	Низький

Згідно з таблицею 1 найменший вплив на довкілля становить хімічний метод (органічне набухання), що має низький рівень енергоспоживання, пилових (зольних) викидів, та має високий рівень відшарування, що дає змогу отримати більшу кількість вторинної сировини.

Основними методами вирішення питання утилізації ВЕЕО мають стати: забезпечення принципу розширеної відповідальності виробника, запровадження у рамках Директиви 2008/98/ЄС (ст. 8), який необхідно внести на законодавчому рівні; ухвалення законного акту про обов’язання виробником забезпечити достатню кількість запасних частин для її продукції на ринку протягом 5-10 років з моменту випуску, що зменшить кількість відходів; створення спеціалізованих заводів з переробки та утилізації ВЕЕО, що зменшить негативний вплив даного типу відходів на довкілля.

ХАРЧОВІ ДОБАВКИ ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Алесковський А.О., студент; Трунова І.О., доцент, СумДУ, м. Суми

У світі десятки тисяч різних продуктів харчування, багато з яких є синтетично зроблені людиною. Купуючи різні продукти, ми часто навіть не замислюємося про їхній склад.

Харчові добавки – це природні, ідентичні природнім або синтезовані речовини, які додають у їжу з технологічних міркувань: подовжити термін зберігання, перетворення їжі в відношенні смаку, кольору, текстури, консистенції.

За статистичними даними, якщо брати загальну кількість харчових добавок в світі, в США їх більше всього.

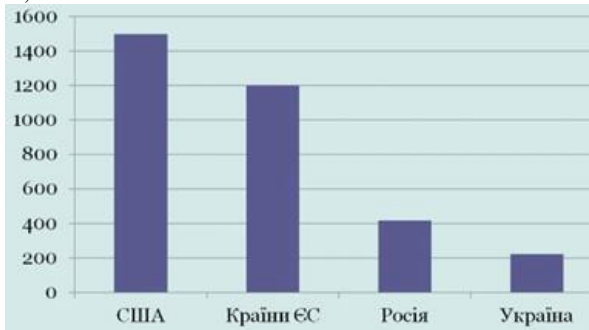


Рисунок 1 – Кількість харчових добавок у різних країнах світу

Харчові добавки діляться на різні групи: барвники, консерванти, антиокислювачі, стабілізатори, емульгатори, підсилювачі смаку, аромату, піногасники, антибіотики та інше. Кожна група має свою нумерацію та має особливу виконуючу функцію.

Зазвичай, харчові домішки не впливають на здоров'я людини, але деякі з них є небезпечними. Шкідливі харчові домішки мають спеціальну таблицю та поділяються на групи: підозрілі, заборонені, небезпечні для дітей, тиск, розлади кишечника, шлункові захворювання, шкірні захворювання, канцерогенні, небезпечні та дуже небезпечні.

За статистикою харчові добавки є в більш ніж 90% їжі, що продається в магазинах. Наприклад, в складі ковбаси дуже часто присутні E450, що відноситься до групи «шлункові захворювання», E250, що впливає на тиск, E120, що в групі «небезпечні». В печиві інколи буває E270, що є небезпечною для дітей, що не припустимо.

При покупці продуктів харчування треба дивитися на упаковці склад продукту та виявляти в ньому шкідливі харчові домішки. Таким чином ми зможемо вживати більш якісну їжу, що не загрожує нашому здоров'ю.

ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ В 2022 РОЦІ

Срьоменко А.О., студентка, СумДУ, м. Суми

Війна завжди несе з собою розруху, безлад, та низку соціальних та гуманітарних проблем. Під час воєнних дій значна увага приділяється економічному стану країни, забезпеченні армії, влаштуванні біженців, але важливим є контроль стану довкілля, оскільки після війни українці ще довго будуть відчувати всі наслідки на собі.

Тактика "випаленої землі", яку використовує російська федерація на території України, не нова, а використовувалася ще здавна і має на меті знищити як соціальне так і природне середовище, в якому проживає противник. В результаті такої концепції ведення війни ворогом, в Україні виникла низка екологічних загроз.

1. Ядерна та радіаційна небезпеки: 24-25 лютого 2022 року у зоні Чорнобильської АЕС фіксували підвищення радіаційного фону внаслідок переміщення там важкої бронетехніки та іншого транспорту, переміщуючись забрудненими ґрунтами, вони підіймали радіоактивний пил у повітря. У перші дні захоплення ЧАЕС радіаційний фон був перевищений у 7,6 разів [1]. Також в результаті обстрілів були пошкоджені системи, які забезпечують безпечно зберігання радіоактивних відходів.

2. Забруднення морів: всі знищені кораблі у морі не тільки тонуть, а й залишають після себе велику кількість нафтопродуктів, які в результаті бою можуть загорятися, і як наслідок це все веде до знищення водної фауни.

3. Забруднення атмосфери: з перших днів війни фіксуються постійні обстріли нафтобаз, підпали лісів, бомбардування промислових та енергетичних об'єктів. Через це відбувається велика кількість шкідливих речовин у повітря.

4. Забруднення ґрунтів: знищена техніка, розлите паливо, зброя, міни, ракети - все це призводить до забруднення ґрунтів важкими металами та отруйними хімічними речовинами.

5. Забруднення поверхневих та ґрунтових вод: через постійні обстріли була пошкоджена критична інфраструктура. Завдають шкоди системам водопостачання, це є загрозою аварійному забрудненню річок. Забруднення ґрунтових вод відбувається внаслідок розливу нафтопродуктів із підірваних резервуарів, знищеної техніки.

Зараз важко оцінити дійсний рівень забруднення довкілля. Реальну оцінку шкоди, яку було завдано довкіллю, можна буде дати лише після завершення активних бойових дій.

Список літератури

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України:
<https://mepr.gov.ua/>

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВІДНОВЛЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ, ЗРУЙНОВАНОЇ ВНАСЛІДОК ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ ТА ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

Лазненко Д. О., доцент, СумДУ, м. Суми

Сьогодні в результаті воєнної агресії Російської Федерації проти України об'єкти цивільної інфраструктури та промисловості багатьох населених пунктів нашої країни зазнають руйнувань або значних пошкоджень.

В державі розробляються механізми щодо ліквідації наслідків збройної агресії та ведення бойових дій, відновлення житла, об'єктів критичної інфраструктури тощо. У тому числі вносяться зміни до нормативно-правового регулювання під час воєнного стану та у відбудовний період після закінчення воєнного стану.

При цьому слід звернути увагу на те, що більшість об'єктів критичної інфраструктури (наприклад, комунальні очисні споруди, системи теплозабезпечення населених пунктів тощо), а також виробничих об'єктів, зокрема пошкоджених або зруйнованих, мали значний ступінь зносу та не відповідали сучасним потребам та вимогам (у т.ч. екологічним). Експлуатація таких об'єктів розглядалася, як вимушена міра в очікуванні їх модернізації чи заміни на більш сучасні.

Враховуючи це, сьогодні доцільно розглядати можливості розроблення та реалізації нових технічних рішень, які будуть в більшій мірі відповідати вимогам відновленої України та спиратися на сучасний світовий досвід.

В розвинених країнах світу існує практика запровадження технічних рішень, що відповідають найкращим доступним технологіям (НДТ). Україна також має ряд міжнародних зобов'язань щодо запровадження НДТ.

Термін «НДТ» охоплює технічні, технологічні, управлінські рішення, які є найкращими для застосування в конкретних умовах з урахуванням комплексного підходу до їх оцінювання, який включає технічні, економічні та екологічні складові.

В сьогоднішніх умовах доцільно запровадити вимогу щодо врахування НДТ при відновленні зруйнованих або створенні нових об'єктів інфраструктури, а також механізмів підтримки такої діяльності із залученням експертної та фінансової допомоги.

Вже зараз існує нагальна потреба у терміновому опрацюванні зазначених питань. Це зумовлюється тривалістю повного циклу реалізації інфраструктурних проектів, який включає етапи розроблення принципів рішень, розроблення проектно-технічної документації, проходження процедур узгодження та отримання необхідних дозволів, безпосередньо будівництва.

НЕБЕЗПЕКА ТА КОРИСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ГЕННО МОДИФІКОВАНІ ТОВАРИ

Левенець К. Р., студент; Трунова І. О., доцент, СумДУ, м. Суми

ГМО або ж генно модифіковані організми – це організми, чия ДНК була змінена шляхом маніпуляцій генної інженерії (людиною) – способами, які неможливі в природі за нормальних умов. Завдяки технологіям генної інженерії, можна відбирати і переносити гени з одного організму в інший, змінюючи тим сам характеристики, як правило, на користь суспільству.

У більшості випадків генна інженерія використовується для вирощування харчових культур та генетично модифікованих рослин з метою підвищення врожайності, покращення смаку та посилення стійкості рослин до шкідників. Продукти, які можуть містити ГМО, включають соєві продукти, картоплю, помідори, кукурудзу, цукровий буряк, рис, пшеницю та продукти її переробки, моркву, цибулю та інші овочі.

Користь і шкода ГМО є предметом постійних дискусій у сучасній науці. Багато хто вважає, що генетично модифіковані продукти за своєю природою шкідливі для здоров'я людини і що їх споживання неминуче призведе до серйозних проблем і захворювань з часом. Проте дослідження Американської національної академії наук 2016 року не виявило чітких доказів відмінностей у ризиках для здоров'я людини між генно модифікованими культурами та культурами, вирощеними традиційним способом. Дослідники також не виявили зв'язку між вживанням генно модифікованих культур та ризиком розвитку раку, ожиріння, захворювань нирок, алергії чи аутизму [1].

Крім того, спостерігався сприятливий вплив ГМО на стан людини шляхом зменшення випадків отруєння гербіцидами та підвищення рівня вітамінів у громадян країн, що розвиваються.

В Україні на сьогодні немає дієвого державного контролю за ввезенням іноземними компаніями власних сортів рослин, у тому числі генетично модифікованих, що призвело до значних масштабів їх несанкціонованого поширення й використання [2].

Але, незважаючи на це, люди все одно віддають перевагу продуктам з поміткою «без ГМО», і кожен повинен сам вирішувати, чи вживати генно модифіковані продукти, чи ні.

Список літератури

1. Органічне виробництво і продовольча безпека. – Житомир: «Полісся», 2013. – 492 с.
2. Основи біобезпеки (екологічний складник): навч. посіб. / Л. П. Новосельська, Т. Г. Іващенко, В. П. Гандзюра, О. П. Кулінич. – К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. – 180 с.

МЕТОДИ ОЧИСТКИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ВІД АЗОТНИХ СПЛУК НА ВИРОБНИЦТВІ

Бурик М. П., студентка; Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

Оксиди азоту являють собою в основному два різних газу на основі азоту: оксид азоту (NO_x) та діоксид азоту NO_2 . NO_x відносяться до поєднання цих двох газів завдяки легкості їх взаємоперетворення в присутності кисню. Однак на формальному рівні загальний термін «оксиди азоту» охоплює не лише ці два газу; включає всі наступні сполуки: NO , NO_2 , N_2O_2 , N_2O_4 , N_2O , N_2O_3 , N_2O_5 та NO_3 причому останні є нестабільними. Промислові підприємства, що викидають найбільшу кількість NO_x (близько 25%), в основному пов'язані з виробництвом енергії, спалюванням вугілля, нафти та природного газу, а також гальванічними процесами. Загальною рисою всіх оксидів азоту є їх забруднюючий характер, причому їх викид є особливо небезпечним для навколишнього середовища. Основні ефекти, які вони викликають це - руйнування стратосферного озону, внесок у парниковий ефект, виникнення кислотних дощів, утворення фотохімічного смогу

В результаті вкрай важливо мінімізувати їхнє утворення, а потім видалити ті оксиди азоту, утворення яких неможливо уникнути. Мета мінімізації їхнього утворення може бути досягнута за допомогою трьох різних стратегій: зниження робочої температури, скорочення часу перебування газів, особливо азоту, у зоні горіння, де відзначаються найвищі температури, при зниженні співвідношення кисень/паливо помітно знижується утворення NO_x при зменшенні надлишку кисню

Найбільш прогресивний метод утилізації оксидів азоту заснований на використанні сонячної теплової установки. Сонячне світло концентрується дзеркалами в колекторі, що досягає температури до 1000°C . Це тепло використовується для нагрівання рідини та виробництва пари, який надає рух турбіні для вироблення електроенергії. Енергія, що отримується від сонячного випромінювання, зберігається в солях – суміші нітрату натрію та нітрату калію, які мають відповідну температуру плавлення. Вони перебувають у рідкому стані, при цьому необхідно підтримувати температуру 280°C . Рідкі солі нагрівають до температури 565°C , за якої вони зберігаються. Нововведення полягає в тому, що виробництво електроенергії залежить від рівня накопичених гарячих солей, а не від сонячного випромінювання.

Основні переваги процесу порівняно із традиційними альтернативами є: вилучення NO_x на виході 99% і більше, перетворення відходів у багаторазову сировину у процесі накопичення сонячної теплової енергії, не утворюються хімічні відходи, відсутні небезпечні сполуки в атмосферних викидах, копіювання природного атмосферного механізму самовідновлення, проста та надійна робота, автоматизація та надійність робочого процесу.

УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ВІД ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ

Мосійчук Р. А., студент; Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

Рівень вуглекислого газу досягає піку кожного травня незадовго до цвітіння рослин в Північній півкулі, що поглинають частину цього вуглекислого газу. Однак відстрочка є тимчасовою, оскільки викиди вуглекислого газу від спалювання вугілля, нафти й природного газу для транспорту й електроенергії набагато перевищують те, що можуть споживати рослини, що щорічно підвищує рівень викидів парникових газів до нових рекордів", - йдеться в дослідженні.

Рівень вуглекислого газу в повітрі на 50% перевищує часи доіндустріальної епохи, а середній темп приросту CO₂ швидший, ніж будь-коли. Про це повідомляє APnews з посиланням на Національне управління океанічних і атмосферних досліджень (NOAA).

В світі на теплових електростанціях для видалення CO₂ використовуються три основних підходи та їх комбінації видалення CO₂ безпосередньо з димових газів після стандартних енергетичних котлів, в яких спалюється органічне паливо з використанням повітря; видалення CO₂ з димових газів після нових енергетичних котлів, в яких спалюється органічне паливо з використанням вуглекислотно-кисневої суміші (за технологією OXY-Fuel); видалення CO₂ з продуктів конверсії синтез-газу, одержаного в риформерах в разі використання природного газу та газифікаторів в разі використання рідинного та твердого видів палив, до спалювання синтез-газу в котлах та газових турбінах. Технології видалення CO₂ також розділяються на дві групи: видалення CO₂ після спалювання та до спалювання. Переробка відходів з метою отримання біогазу – процес складний та вимагає знання мікробіології, хімії та суміжних наук. Велике значення для якості кінцевого продукту має ступінь його очищення та рівень вмісту метану. CO₂ й інші домішки слід видаляти. Ми в загальних рисах розглянули методики очищення видобутого газу.

Анаеробна технологія зброджування органічної маси, результатом якої є отримання біогазу, знаходить все більше поширення в світі як альтернативне джерело енергії (біогазу, електроенергії і теплової енергії).

Переваги даної технології – відновлюване паливо, яке застосовується замість природного газу та інших корисних копалин, знижуємо викиди парникових газів,

Подальше впровадження цих технологій в новітніх енергохімічних комбінованих комплексах для виробництва енергії та хімічних продуктів з урахуванням властивостей вихідних органічних палив дозволить значно знизити вплив вуглекислого газу на навколишнє середовище та змінення клімату на Землі.

ВОДНИЙ СЛІД ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

Черниш Є. Ю., доцент; Науменко Л. С., студентка, СумДУ, м. Суми

Ріст міст, бурхливий розвиток промисловості, інтенсифікація сільського господарства, значне розширення площ зрошуваних земель, поліпшення культурно-побутових умов і ряд інших факторів усе більше ускладнює проблеми забезпечення водою. Потреби у воді величезні й щорічно зростають. Щорічна витрата води на земній кулі по всіх видах водопостачання становить 3300-3500 км³. При цьому 70% усього водоспоживання використовується в сільському господарстві [1].

Водний слід (Water Footprint) вимірює кількість води, яка використовується для виробництва кожного з товарів та послуг. Він може бути вимірний для окремого процесу, наприклад, вирощування пшениці, для продукту, наприклад пари джинсів, для палива для автомобілів, або для окремих компаній. Водний слід також може визначити, скільки води споживає конкретна країна – чи весь світ – у басейні певної річки або з водоносного горизонту. При цьому поділяють його на такі види [2]: 1. зелений водний слід - це вода з опадів, що накопичується в кореневій зоні ґрунту та випаровується, переноситься або поглинається рослинами. Це особливо актуально для сільськогосподарської, садівницької та лісової продукції; 2. блакитний водний слід - це вода, яка була отримана з поверхневих або підземних вод і випаровується, або включається в продукт, або береться з однієї водойми і повертається в інший, або повертається в інший час, зрошуване сільське господарство, промисловість та побутове водокористування можуть мати його; 3. слід сірої води - це кількість прісної води, що необхідна для асиміляції забруднюючих речовин, щоб відповідати певним стандартам якості води. Слід сірої води враховує точкові джерела забруднення, що потрапляють у прісноводні ресурси безпосередньо через трубу чи опосередковано через стоки чи вилуговування із ґрунту, непроникні поверхні чи інші дифузні джерела.

ООН прийняла Порядок денний у галузі сталого розвитку на період до 2030 року, що складається з 17 Цілей сталого розвитку (ЦСР) та 169 завдань. Порядок денний на 2030 рік включає окрему мету з води та санітарії (ЦСР 6), де завдання 6.3 спрямоване на покращення якості води шляхом зниження забруднення, усунення скидів та мінімізації викидів небезпечних хімічних речовин та матеріалів. Трансформації системи управління стічними водами є найважливішим фактором переведення світу на шлях сталого розвитку та врахування показників «водного сліду» є першочерговим для цього.

Список літератури

1. Інформація з сайту Vuzlit. URL: <https://vuzlit.com/>
2. Інформація з сайту Water Footprint Network. URL: <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>

НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ ХІМІЧНОЇ ЗБРОЇ НА ДОВКІЛЛЯ

Веселовський Я. С., студент; Трунова І. О., доцент, СумДУ, м. Суми

Будь-які військові дії завдають навколишньому середовищу великих збитків, особливо якщо вони ведуться на великій території протягом тривалого часу. Однак і при короткочасних військових конфліктах можуть виникнути надзвичайні екологічні ситуації, якщо можливий противник застосує сучасні засоби ураження.

В сучасному світі найбільш руйнівним потенціалом володіє зброя масової знищення – ядерне, хімічне та бактеріологічне. Всі компоненти навколишнього середовища, і людина в першу чергу дуже вразливі для кожного з цих видів зброї.

Хімічна зброя – зброя масового ураження, до якої належать токсичні хімічні речовини (та їх компоненти), боеприпаси та пристрої, призначені для їх застосування.

На війні використовується хімічна зброя для знищення супротивника, людей та тварин шляхом скидання хімічних боеприпасів літаками. Небезпека такої зброї в тому, що отруйні речовини починають діяти після вибуху боеприпасу. Знаходячись у бойовому стані, вони вражають організм людини, проникаючи крізь органи дихання, шкірні покриви і рани. Крім того, людина може одержати ураження через вживання заражених продуктів харчування і води, а також з-за впливу отруйних речовин на слизові оболонки очей й носоглотки.

Висока температура ґрунту та нижніх шарів повітря забезпечують швидке випаровування хімічно небезпечних речовин (або отруйних речовин) із заражених поверхонь, а вітер розсіює ці пари, знижуючи їхню концентрацію.

Найбільш сприятливою для застосування отруйних речовин є суха, тиха, прохолодна погода: отруйні речовини швидко осідають на поверхні об'єктів і довго зберігають високу концентрацію. При проході хмари зараженого повітря відбувається осідання частинок отруйних речовин місцевість, техніку, будівлі, одяг, людей.

Хімічна зброя заборонена Конвенцією, але попри заборону її все одно використовують.

Випадки хімічної війни траплялись у першій та другій світових війнах, також застосовувалось у Сирії, де загинуло велика кількість мирного населення. Наслідки цієї війни є серйозними як для людства так і для екології. В результаті бойових дій отримуємо забруднене повітря, згорілі ліса та сільськогосподарські угіддя, багато воронки від снарядів, в результаті яких руйнується ґрунт і його родючість.

Хімічна війна, як і будь-яка інша війна дуже серйозна і має в результаті фатальні наслідки, як для людства так і для навколишнього середовища.

РУЙНУВАННЯ ОЗОНОВОГО ШАРУ

Вихрова А. Ю., студентка; Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

Озоновий шар є необхідною складовою для існування живих істот. Він діє як фільтр для шкідливих ультрафіолетових променів. У людей надмірне опромінення може спричинити серйозні наслідки для здоров'я, такі як рак шкіри та злоякісна меланома, а також серйозні захворювання очей. У рослин відбувається уповільнення фотосинтезу, сповільнюючи ріст і виробництво.

Озон є нестійкою формою кисню, тому він постійно утворюється і знову розкладається на молекулярний кисень (O_2) і вільний кисень (O). Це формує делікатний баланс, на який можуть впливати різні фактори. Основною причиною руйнування озонового шару є викид промислового газу, який дисоціює озон у стратосфері.

Хлорфторвуглеці – це хімічні речовини, які руйнують озон у стратосфері за допомогою різних реакцій. Це газ, що складається з фтору, хлору та вуглецю. Коли ця хімічна речовина досягає стратосфери, вона проходить реакцію фотолізу ультрафіолетовими променями сонця. Це руйнує молекулу і вимагає атома хлору. Хлор реагує з озоном у стратосфері, змушуючи атоми кисню утворювати та розкладаючи озон.

Понад 60 років ці гази використовуються як холодоагенти в холодильниках і кондиціонерах, як пропеленти для аерозольних сумішей, піноутворюючі агенти у вогнегасниках, очищувачі для електронних приладів, при виробництві пінопласту. Оксиди азоту (NO_x) – надходять із двигунів надзвукових транспортних літаків та ракет.

Ядерні вибухи також є основною причиною руйнування озонового шару. При цьому виділяється теплова енергія, яка нагріває атмосферу і прискорює перетворення хімічних речовин. Ці процеси не відбуваються в нормальних умовах або здійснюються дуже повільно. Викиди вулканів є природним джерелом надходження хлору в атмосферу.

Наприкінці 20 сторіччя вчені прогнозували, що використання хімічних речовин у товарах загального використання: аерозолі, піни активно впливають на озоновий прошарок, проте оцінити масштаби було важко. Так було підтверджено, що озоновий прошарок над Антарктидою має діру. Було зруйновано захист від Сонця, що має захищати екосистему від надмірного ультрафіолетового випромінювання. Ця обставина спричинила активізацію усіх заходів щодо захисту озонового прошарку.

Одним із способів вирішити проблему є розробка технологічних варіантів, які не потребують газів, що потенційно руйнують озоновий шар. Це зумовлює пошук нових технологій у таких сферах, як охолодження, транспортування, вогнегасники, боротьба зі шкідниками в сільському господарстві та різноманітні промислові процеси.

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО БУДІВНИЦТВА СЕЛІТЕБНИХ ЗОН У МІСТАХ

Кузьоменська К. В., аспірантка; Аблєєва І. Ю., старший викладач, СумДУ, м. Суми

Міське середовище – це приземна частина містосфери, територія та простір, у межах якої розміщуються житлові, виробничі, навчальні, науково-освітні та оздоровчі комплекси.

До екологічних особливостей міського середовища на відміну від замиського або сільського відносяться:

- підвищений забір та витрата кисню з повітря та води з джерел на опалення, виробничо-технологічні та господарські потреби, відповідно інтенсивний викид у навколишнє середовище відпрацьованих газів, аерозолів та речовин, що ускладнюють та порушують природний процес у кругообігу та самовідновленні природних ресурсів;

- шуми, вібрації та інфрачастотні коливання від працюючих механічних засобів та міського транспорту, що викликають нервово-психічні розлади та серцево-судинні захворювання у людей;

- електричні поля та електромагнітні випромінювання від електро-, радіо- та телеустановок, що викликають різні хворобливі явища в людському організмі.

Внаслідок взаємодії цих техногенних факторів з навколишнім природним середовищем на території міста формуються особливі біокліматичні умови, знання та облік яких потрібні при розробці генеральних планів міста.

Під житловим середовищем у складі міста маються на увазі простір і територія у межах червоних ліній магістральних вулиць. Це – житловий район або магістральна територія, в межах якої розміщуються житлові вулиці та мікрорайони, будинки та будівлі культурно-побутового призначення повсякденного та святкового користування, елементи зовнішнього благоустрою та господарсько-побутової організації мікрорайонів. Екологічна чи біокліматична ситуація у житловому середовищі складається у взаємодії фонових показників міських середовища із забудовою та елементами благоустрою.

Прогноз та формування сприятливих біокліматичних умов засобами планування, забудови та благоустрою – одне з важливих завдань проекту детального планування (ПДП) житлового району.

Основними кліматоутворюючими факторами є швидкість вітру, температура та вологість житлового середовища.

Підвищені температура і вологість повітря в штильовий період створюють дискомфортні умови в середовищі людини. Для їх усунення потрібна аерація території. У зимовий час за низьких температур вітер

посилує відчуття холоду і тим самим посилює дискомфорт у навколишньому середовищі. Переміщення великих мас і холодного повітря від морів і океанів углиб континентів викликають великі коливання в температурі приземних шарів.

Вітер як фактор, що впливає на планування забудови міст з урахуванням екологічних та кліматологічних умов, враховується під час вирішення завдань:

- а) аерації чи захисту міських територій від несприятливих явищ;
- б) теплотехнічних розрахунків стін, будівель та споруд, а також мікроклімату житлового середовища;
- в) визначення аеродинамічного тиску на споруди, будівлі та електропроводи у розрахунках на їх міцність та стійкість;
- г) оцінки масштабів снігових заметів на дорогах, вулицях, міських територіях та витрат на їх прибирання та розчищення.

Для узагальнюючої оцінки температурно-вітрового режиму та обліку його при містобудівному проектуванні нами розроблено та рекомендовано до використання «Графік впливу вітру та температури повітря на житлове середовище». На основі рекомендацій видно, що за будь-якої температури повітря вітер зі швидкістю більше 4 м/с викликає дискомфорт для пішохода, при швидкості більше 6 м/с починається перенесення снігу і піску, а при 12 м/с і більше можуть руйнуватися будівлі та споруди. При температурі 0 °С та відносній вологості повітря понад 70 % будь-який вітер дискомфортний для людини.

Основними параметрами вітрового режиму є швидкість, сила та напрямок. За швидкістю вітру судять про його силу та можливі наслідки його дії. Для візуальної оцінки потужності вітру використовується умовна 12-бальна шкала Бофорта.

Графічне зображення режиму вітру у цьому місці називають «розою» вітрів. «Рози» вітрів зазвичай будуються за даними багаторічних спостережень за швидкістю та напрямом вітрів. Такі «рози» вітрів зазвичай будуються для місяця, сезону, року і називаються відповідно місячними, сезонними та річними. Використовуються вони у містобудівному проектуванні при розрахунках аерації житлової забудови, захисту її від шкідливих газових викидів та аерозолів промислових виробництв.

Враховуючи масштаб підстилаючої зони поширення забруднень, обмежимося швидкостями вітрового потоку від 2 до 10 м/с. Це відповідає завданням забезпечення для більшості жителів міста сприятливих умов проживання.

Як правило, за будівельними нормами споруди ділять на зони заввишки 10м. Не обов'язково, так як для обліку перенесення забруднення по підстилаючій зоні (рівень мікрошорсткості) достатньо висоти $x_1 = 2+2,5$ м, де спостерігається найбільша концентрація шкідливих газів та аерозольних частинок.

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ»

ВИПАРОВУВАЧІ РЕКТИФІКАЦІЙНИХ УСТАНОВОК

Лебедь К.В., магістрант, гр. ХМм-01, СумДУ, м. Суми

Ректифікація є процес багаторазового часткового випаровування рідини та конденсації парів. Процес здійснюється шляхом контакту потоків пари та рідини, що мають різну температуру, і проводиться зазвичай у колонних апаратах.

При кожному контакті з рідини випаровується переважно легколетучий або низькокиплячий компонент, яким збагачуються пари, а з пари конденсується переважно важколетучий або висококиплячий компонент, що переходить в рідину. Такий двосторонній обмін компонентами, повторюваний багаторазово, дозволяє отримати, зрештою, пари, що є майже чистим низькокиплячим компонентом.

Пару отримують у випарнику шляхом часткового випаровування знизу колони залишку, що є майже чистим висококиплячим компонентом.

Для цього використовують випарники з паровим простором. Такі випарники належать до особливої групи пристроїв. Працює обладнання наступним чином: до міжтрубної частини надходить рідка фаза, яка частково або повністю випаровується, і виводиться у вигляді пари.

Випарники з паровим простором призначені для випаровування робочих середовищ у різних промислових сферах: нафтової, хімічної, газової, нафтохімічної. Наприклад, для роботи з продуктами нафтопереробки потрібно використовувати апарати з паровим простором з плаваючою головкою або трубками у формі літери У.

Випарник із паровим простором має конструкційні особливості. Такий випарник є кожухотрубчастим теплообмінником, який складається з пучка труб і корпусу. Пучок знаходиться всередині пристрою і включає U-подібні теплообмінні вироби. За своєю конструкцією обладнання ділиться на: тип "П" - з плаваючою головкою; тип "У" - з трубами у вигляді літери У.

В основу конструкції випарник з паровим простором (кип'ятильника) покладене наступне. Пучок труб даного апарату знаходиться постійно зануреним у рідину, що надходить з колонних.

Це обумовлено наявністю переливної перегородки, що забезпечує постійний рівень апарату. Висота перегородки, як правило, на 5 – 15 см вище за пучок, щоб забезпечити гарантоване затоплення труб. Кожух апарата має набагато більший розмір діаметра по відношенню до пучка порівняно зі стандартними кожухотрубними теплообмінниками. Діаметр пучка становить 40-60% від діаметра кожуха (парового простору).

Але така конструкція має недоліки: теплопередача нижче, порівняно з іншими типами ребойлерів, та не підходить для потоків з високою схильністю до забруднення.

Робота виконана під керівництвом професора Склабінського В. І.

ДЕЯКІ МЕТОДИ БОРОТЬБИ З ГАЗОВИМИ ГІДРАТАМИ

Гаврилюк С. М., магістрант, гр. ХММ-01, СумДУ, м. Суми

Природні гази в певних термодинамічних умовах вступають у з'єднання з водою, утворюючи гідрати, які, накопичуючись у промислових та магістральних газопроводах, суттєво збільшують їхній гідравлічний опір і, отже, знижують пропускну здатність.

При транспортуванні газоконденсату, особливо нестабільного, по трубопроводах за наявності в ньому прісної або низькомінералізованої води і природного газу можливе утворення гідратних пробок. В процесі утворення гідратів легких вуглеводнів відбувається механічне захоплення рідкого конденсату. Краплі конденсату як би виявляються оточеними кристалами гідрату. Обсяг конденсату, захопленого при утворенні льоду, приблизно в 1,5-2,0 рази менше, ніж при утворенні гідратів. Тому перед працівниками газової промисловості гостро постала проблема боротьби з гідратами вуглеводневих газів.

Кристалічні сполуки, схожі зі снігом або льодом, утворені асоційованими молекулами вуглеводнів і води, називаються кристалогідратами (або просто гідратами).

Методи боротьби з гідратами можуть бути як попереджувальними, так і руйнуючими гідрати, що вже утворилися. Для руйнування гідратів, що утворилися, в трубопроводі відключають ділянку газопроводу, де утворилися гідрати і через продувні свічки випускають газ в атмосферу, при цьому тиск у газопроводі падає і гідрат розкладається. Недоліком цього є повільне розкладання гідрату. Він не рекомендується при низьких температурах, так як вода, що утворилася, при низьких температурах перетворюється на крижану пробку, яку можна видалити тільки нагріванням.

Підігрів газу запобігає утворенню гідратів, але ефективний тільки в межах промислу, оскільки газ під час руху трубопроводами швидко охолоджується. Для збереження теплоти деяких випадках теплоізолюють газопроводи. При введенні в газопроводи ПАР (поверхнево активних речовин) запобігають прилипання (адгезію) кристалів гідратів до стінок труб через утворення кристалів плівки, при цьому кристали транспортуються з потоком газу. Також для запобігання гідратоутворення застосовується осушення газу перед подачею його в газопровід за допомогою одного з описаних вище методів.

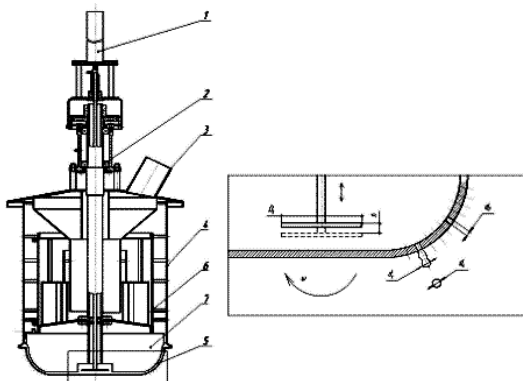
Найефективнішим методом для попередження та ліквідації гідратів, що утворилися, є подача в газопроводи різних інгібіторів гідратоутворення. Як інгібітори застосовують метиловий спирт (метанол), гліколі (етиленгліколь ЕГ, діетиленгліколь ДЕГ, триетиленгліколь ТЕГ, хлористий кальцій CaCl_2).

Робота виконана під керівництвом професора Склабінського В. І.

ВПЛИВ ГІДРОДИНАМІКИ ВНУТРІШНІХ ТЕЧІЙ У КОРЗИНІ ВИБРАЦІЙНОГО ГРАНУЛЯТОРА НА СТРУМЕНІ ПЛАВУ

Юрченко О.Ю., асп., Скиданенко М.С., к.т.н., Гусак О.Г., к.т.н., проф.,
Склабінський В.І., д.т.н., проф., СумДУ, м. Суми

Однією з переваг обертових вібраційних грануляторів (ОВГ) є монодисперсний грануляційний склад продукту у вигляді гранул мінеральних добрив [1]. У свою чергу, це викликано тим, що на струмені плаву мінеральних добрив, що витікають з отворів кошика (корзини) гранулятора діють внутрішні коливання, які розповсюджуються від механічного збурювача коливань по всьому об'єму плаву, який знаходиться у внутрішній частині оболонки корзини (рис 1). Тому



дослідження впливу гідродинаміки внутрішніх течій плаву (рідини) у кошику та знаходження такого зв'язку у вигляді математичних рішень є актуальною задачею.

Для вирішення поставленого завдання були використані диференціальні рівняння теорії струменів [2].

Рис. 1. Конструкція ОВГ: 1- пристрій вібраційний; 2 – вузол підшипників; 3- вхід плаву; 4 - корпус; 5 – корзина перфорована; 6 - розподільник; 7 - лопатки.

$$\begin{cases} v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + v \left[\frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial}{\partial r} (r \cdot v_r) \right) \right] \\ v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + v \left[\frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) \right] \\ \frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot v_r) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

Раніше авторами було отримано [3] рішення системи (1) рівнянь у вигляді:

$$v_r = \frac{1}{48} \frac{z(-24A_1 r^5 v - 8v z^2 A_2 + 64v z^2 A_1 r^3 + 3A_1^2 r^7 z^3 - 12A_1 r^4 z^3 A_2 - 8A_1 r^3 z^3 A_3)}{v r^2} \quad (2)$$

$$v_z = A_1 r^2 z^2 - \frac{1}{6} \frac{3z^4 A_1^2 \rho r_s^4 + 6p_0 - 12z A_1 \rho v r_s^2 - 8\rho v A_1 z^3 - 6p_1}{z^2 r_s^2 \rho A_1} \quad (3)$$

де у коефіцієнтів A_1 , A_2 , A_3 складна залежать від геометрії отворів корзини і початкових гідродинамічних чинників струменя плаву

$$\begin{aligned} A_1 &= f_1(\rho, r_s, v, v_{z0}, p_0, p_1), \\ A_2 &= f_2(r_s, A_1, \rho, A_3, v, p_1, p_0), \\ A_3 &= f_3(A_1, \rho, r_s, v, p_1, p_0). \end{aligned}$$

Але залишається невизначеним вплив тиску, та вплив можливих коливань тиску у кошику у отворі, з якого виходять струмені плавку, на подальший рух цього струмені плавку та формування умов для створення монодисперсних крапель.

Для вирішення цього завдання було проведено теоретичний аналіз першого та другого рівнянь системи (1) з урахуванням отриманих раніше рішень (2) та (3).

Відповідно рішення цих рівнянь дозволило отримати вирази для залежності тиску у струмені

$$P(r, z) = -\frac{z^2 \rho A I^2 r^0}{8} - 2 z \rho A I \epsilon r^2 + \underline{F}_2(z) \quad (4)$$

$$\text{та } P(r, z) = -\frac{\rho \left(\frac{1}{2} A I^2 r^5 z^4 + A I V_2 0 r^3 z^2 - 2 A I \epsilon r^3 z - \frac{4}{3} A I \epsilon r z^3 - \epsilon A 2 z \right)}{r} + \underline{F}_2(r) \quad (5)$$

Подальший теоретичний аналіз проводився з припущенням щодо рівності лівих частин рівнянь (4) та (5). Тоді виникає можливість визначення взаємозв'язку між невизначеними функціями $F_2(z)$ та $F_2(r)$, які з'явилися у наслідок вирішення вказаних вище рівнянь.

Виходячи з умови, що у отворі (при $z=0$) величина тиску дорівнює $P_1(\tau)$ і змінюється з часом та визначена витрата плавку Q через отвір радіусом R_0 , можна отримати взаємозв'язок між зміною тиску у отворі кошика та подальшою зміною тиску у струмені рідини

$$P(r, z) = -\frac{A I^2 \rho r^4 z^4}{2} + 2 A I z \rho \epsilon r^2 + \frac{4 A I \rho \epsilon z^3}{3} - \frac{A I \rho Q r^2 z^2}{2 \pi R_0^2} + P_1(\tau) \quad (6)$$

з подальшим аналізом зміну тиску у струмені уздовж його осі. А з урахуванням отриманих раніше рішень щодо зміни радіальної складової струменя стає можливим визначити умови його руйнування зі створенням крапель.

Приведені деякі аспекти теоретичних досліджень є основою подальших робіт з вдосконалення методів розрахунку діаметра струменя рідини, зміни радіуса струменя вздовж його осі в виходом на створення методики прогнозування форми струменя до його розпаду на краплі.

Такий підхід дозволить також визначити форму функціональної залежності зміни тиску за часом у отворі кошика та сформулювати вимоги до особливості гідродинаміки течій середовища у внутрішній порожнині кошика вібраційного гранулятора, що обертається.

Список літератури

1. Скиданенко М.С. Исследование процесса истечения струи жидкости из отверстия перфорированной оболочки приллера [Текст] / М.С. Скиданенко, В. И. Склабинский, Н. П. Кононенко // Вісник НТУ ХП. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2014. – № 26 (1069). – С. 186-192.
2. Левич В. Г. Физико-химическая гидродинамика [Текст] / В. Г. Левич. - М.: Физматиз, 1959 - с. 700.
3. Скиданенко М. С. Аналіз гідродинаміки стаціонарного витікання струменя / М. С. Скиданенко, В. І. Склабінський // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2013. – № 1. - С. 79–85

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ
ГРАНУЛ КАТАЛІЗАТОРА Al_2O_3 ЗА ЗОЛЬ-ГЕЛЬНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ
З НАНЕСЕННЯМ ПІРОВОУГЛЕЦЕВОГО ПОКРИТТЯ
В ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОМУ ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ

*Ляпощенко О.О., д.т.н., професор, Павленко І.В., д.т.н., професор,
Скиданенко М.С., к.т.н., докторант, Юхименко М.П., к.т.н., доцент,
Острога Р.О., к.т.н., Старинський О.Є., аспірант, Ярошенко Д.О., студент
Мандрика О.О., студент, Москальчук О.М., студент,
Сумський державний університет, м. Суми, Україна
Сімейко К.В., д.т.н., ст. наук. співробітник,
Інститут газу НАН України, м. Київ, Україна*

Відомо декілька способів отримання каталізаторів, але найбільш перспективним напрямком отримання каталізаторів та їх носіїв є золь-гельний метод їх виробництва, а для нанесення захисного покриття у псевдозрідженому шарі гранул - електротермічні методи.

Проведення фізичних експериментів процесу диспергування рідини (золю) дозволило оцінити вплив гідродинамічних показників та конструктивних параметрів обладнання на фізико-механічні властивості отримуваних гранул каталізатора Al_2O_3 . Принципово доведена можливість нанесення захисного пірвоуглецевого покриття на гранульований Al_2O_3 .

Проведення експериментальних досліджень передбачало розробку загальної методики експериментальних досліджень і моделювань, стратегічне та тактичне планування експериментів, вибір та порівняльну оцінку методів досліджень з оцінкою похибок вимірювань та адекватності результатів моделювань, а також опис експериментальних установок і заходів з модернізації дослідного стенду. Для проведення експериментальних досліджень розроблена установка для отримання каталізатору Al_2O_3 та запропонована конструкція пульсаційного змійовикового промивача гель-сфер. Розроблено диспергуючий пристрій з магнітострикційним вібратором, що дозволить отримувати монодисперсні краплини при швидкості витікання рідини до 7,5 м/с при частоті коливань 15 кГц та 22 кГц. Даний пристрій дозволяє підвищити продуктивність диспергуючого пристрою та надійність його роботи. Створено конструкцію та показано роботоспроможність лабораторної установки для експериментального дослідження нанесення захисного пірвоуглецевого покриття на гранули Al_2O_3 .

Метами фізичних моделювань процесів, що протікають у змійовиковому пульсаційному промивачі визначена залежність швидкості руху гель-сфер від частоти переміщення діафрагми пульсатора, амплітуди переміщення діафрагми пульсатора, середнього діаметра змійовика та ступеня заповнення змійовика гранулами. За результатами досліджень виявлені різні гідродинамічні режими, при яких працює промивач, в залежності від частоти переміщення діафрагм пульсатора: режим переміщення гранул і режим

інтенсивного перемішування. Режим інтенсивного перемішування можна рекомендувати для частинок, схильних до злипання. Збільшення середньої швидкості переміщення гель-сфер у змійовику промивача спостерігається до частоти переміщення діафрагми пульсатора до 2,5 – 2,8 Гц. Зі збільшенням амплітуди переміщення діафрагми пульсатора швидкість переміщення частинок лінійно зростає, тому рекомендовані мінімальні значення амплітуди переміщення діафрагми, які залежать від розмірів пульсатора. Показано, що зміна швидкості переміщення частинок у змійовику при зміні середнього діаметра змійовика незначна, тому при розрахунках вплив середнього діаметра змійовика на швидкість переміщення частинок у змійовику можна не враховувати. Дослідження фізико-механічних властивостей гранул двоокису алюмінію показали, що при зменшенні діаметру отворів диспергатора від 1,4 мм до 1,2 мм та частоти коливань вібратора від 100 Гц до 40 Гц гранулометричний склад отриманих гранул змінюється незначно. При зменшенні частоти коливань до 70 – 80 Гц межі гранулометричного складу становлять 2,0 – 2,2 мм, а потім при подальшому зменшенні частоти коливань до 40 Гц межі дещо збільшуються і становлять 2,0 – 2,4 мм. Виявлено, що при діаметрі отворів диспергатора 0,85 мм та частоті коливань 100 Гц межі гранулометричного складу отриманих гранул дещо збільшені до 1,2 – 2,0 мм, але при цьому більшість гранул Al_2O_3 монодисперсні з діаметром 1,6 мм. Дослідженнями встановлено, що здійснення циркуляції перед отворами суттєво позначається на витіканні рідини через отвори, тобто збільшення окружної швидкості вихору при циркуляції зменшує витрати рідини.

Запропонована інженерна методика розрахунку змійовикового пульсаційного промивача, що дозволяє визначити оптимальні параметри його роботи, і як наслідок підвищити інтенсивність промивання гель-сфер. Термодинамічними розрахунками визначено основні теплофізичні параметри процесу нанесення захисного піровуглецевого покриття на гранульований Al_2O_3 .

Напрацьовані дослідні партії гель-сфер носія каталізатора Al_2O_3 (в тому числі з нанесення захисного піровуглецевого покриття) діаметром 1,0 – 3,0 мм, та визначені їх міцність і насипна густина після сушки та прокалювання в залежності від режиму роботи обертового віброгранулятора, а саме від частоти обертання корзини та частоти коливань, та від концентрації азотної кислоти і відношення порошок : кислота ($Al(OH)_3$: HNO_3).

Робота виконана за підтримки НАН України (ДР №0121U112035 «Розробка методів та обладнання для одержання високотемпературного воденьвмісного газу за технологією електротермічного псевдозрідженого шару для використання в безвуглецевій енергетиці та спеціалізованій металургії»), МОН України (ДР №0120U102036 «Створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічному середовищі») під керівництвом д.т.н., проф., гол. наук. співробітника Склабінського В.І.

ОСОБЛИВОСТІ ГРАНУЛЮВАННЯ КАРБАМІДУ З ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНОГО ПЛАВУ

*Єсипчук С. С., студент, гр. ХМ.м-11;
Острога Р. О., старший викладач, каф. ХІ, СумДУ, м. Суми*

Одним із найпоширеніших способів гранулювання є обкатування, за рахунок якого гранули формуються агрегуванням та нашаруванням частинок із послідовним ущільненням їх структури. Одним із пристроїв для здійснення цього процесу є тарілчастий гранулятор.

Загальноприйнятий механізм гранулоутворення при гранулюванні обкатуванням складається з чотирьох стадій, а саме: 1) змішування вихідного матеріалу з частинками ретура та в'язучою речовиною; 2) утворення зародків із дрібних частинок і дроблених кусків; 3) обкатування та ущільнення гранул за рахунок їх стиснутого переміщення по площині тарілки; 4) зміцнення зв'язків внаслідок переходу в'язучої речовини з рідинної фази в тверду.

Слід зазначити, що у випадку високотемпературного розпилення плаву на шар гранул, механізм гранулоутворення дещо змінюється. У цьому випадку відсутня перша стадія (змішування вихідного матеріалу з частинками ретура та в'язучою речовиною), а третя і четверта стадії з'єднуються в одну. Таким чином, механізм гранулоутворення при високотемпературному процесі гранулювання обкатуванням буде складатися лише із двох стадій: 1) утворення зародків гранул із порошку, отриманого у зв'язку зі стиранням гранул та введення разом із ретуром, після відсіву товарної фракції; 2) укрупнення розміру гранул та зміцнення їх структури (ущільнення) за рахунок кристалізації крапель плаву на поверхні частинок.

Стадія утворення зародків для порошкоподібної фракції ретура має імовірнісний характер і залежить від частки крапель розпиленого плаву, який потрапив на агломерований порошок. Стадія укрупнення гранул залежить від кількості рідинної фази (плаву), що подається на гранули, та режиму гранулювання. В тарілчастих грануляторах має місце природна класифікація продукту і через борт тарілки можуть перекочуватись лише ті гранули, які мають достатню енергію аби подолати сили тертя та висоту бар'єру.

Емпірично встановлено, що зменшення температури шару гранул нижче 100°C погіршує якість продукції, викликає агломерацію дрібних частинок, а також отримані гранули мають суттєві відхилення від сферичної форми. Також температура процесу впливає і на кут природного укусу гранул. Таким чином, оптимальною температурою плаву карбаміду при його розпиленні є 134–140°C.

Робота виконана за підтримки МОН України (ДР №0120U102036 «Створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічному середовищі»).

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРАНУЛЮВАННЯ КАРБАМІДУ В ТАРІЛЧАСТОМУ ГРАНУЛЯТОРІ

*Сергієнко А. Р., студент, гр. ХМ-91;
Острога Р. О., старший викладач, каф. ХІ, СумДУ, м. Суми*

Гранулювання обкатуванням об'єднує групу процесів, які характеризуються переміщенням порошку по поверхні апарата. При цьому частинки перекочуються по стінках самого апарата та між собою. Механізм і кінетика гранулоутворення суттєво залежать від апаратурного оформлення процесу.

Якщо технологічний процес гранулювання добре відпрацьований та налагоджений, то домішка біурету в карбаміді буде в межах норми – не більше стандартних 1,4 %. Але якщо у виробничому циклі були невимушені зупинки і плав карбаміду занадто довго готувався або ж дуже повільно остигав, то домішка біурету в готовій продукції може виявитися більшою за нормоване значення. А висока концентрація біурету порушує синтез білків у рослині. Крім того, біурет руйнує хлоропласти та провокує «штучне старіння» листя.

За своєю сутністю, біурет є продуктом конденсації двох молекул карбаміду, що протікає із відщепленням аміаку. Звідси і назва цієї речовини, що вказує на наявність двох залишків сечовини у молекулі.

Таким чином, на підставі аналізу отриманих експериментальних даних, встановлено, що процес гранулювання карбаміду в лабораторних умовах має раціональні режимно-технологічні параметри. Робочі границі зміни кута нахилу тарілки становлять 30–60° при висоті борта 100 мм. Оптимальний кут нахилу тарілки при отриманні гранул карбаміду становить 45°, а температура його плаву при розпиленні 134–140 °С. Для гідравлічної форсунки оптимальний факел розпилення $\beta=65^\circ$ при тиску в смності 0,07–0,09 МПа.

Треба зауважити, що викладені дослідження проводились на експериментальній установці із діаметром тарілки до 1000 мм. Тому рівномірність зрошування плавом шару матеріалу та температурного режиму шару підтримувались певною конструкцією форсунки та радіаційним нагрівачем. Технічні параметри цих елементів задовольняли умовам експерименту, а саме покриття плавом поверхні шару та локальної дії нагрівача, теплової енергії якого було достатньо для розігріву шару на поверхні тарілки. Але при масштабному переході до більших діаметрів тарілки у промислових умовах, виробникам слід зважити на це і можливо передбачити інші конструктивні підходи, із використанням декількох (чи іншого типу) форсунок та інших джерел і пристроїв теплової енергії.

Робота виконана за підтримки МОН України (ДР №0120U102036 «Створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічному середовищі»).

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ КОРПУСІВ БАГАТОКОРПУСНОЇ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ

Бондар О. В., студент, ХМ-91; Заїкін О. І., студент, ХМ-91; Михайловський Я. Е., доцент, кафедра хімічної інженерії; СумДУ, м. Суми, Україна

Насичена водяна пара, маючи важливі переваги (високий коефіцієнт тепловіддачі та висока питома теплота конденсації, сталість температури конденсації та можливість її регулювання, доступність, нетоксичність, пожежна безпека тощо), є найбільш поширеним теплоносієм при концентруванні водних розчинів різних неорганічних солей у випарних апаратах.

У сучасних економічних умовах зі зростанням цін на енергоносії, у тому числі й на гріючу пару проблема її економії стає особливо актуальною.

Одним з поширених способів економії первинної пари є застосування багатокорпусних випарних установок, в яких кожен наступний корпус обігрівается вторинною парою з попереднього корпусу. При цьому витрата гріючої пари на випарювання 1 кг води приблизно обернено пропорційна числу корпусів n . Іншими словами, питома витрата тепла q визначається наближеним співвідношенням

$$q = r_{cep} / n, \quad (1)$$

де r_{cep} – середня питома теплота випаровування.

Зі збільшенням числа корпусів підвищується економічність випарної установки. Однак при цьому одночасно зростають температурні втрати, а корисна різниця температур у кожному корпусі зменшується. Це викликає збільшення поверхні нагрівання кожного корпусу та обмежує можливу кількість корпусів. Приблизно загальна поверхня нагріву випарної установки збільшується прямо пропорційно числу її корпусів.

Якщо взяти, що поверхні нагрівання апаратів F_i та температурні напори Δt_i по апаратах однакові:

$$F_1 = F_2 = \dots = F_n \text{ та } \Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_n = \left(t_{zn} - t_{конд} - \sum_{i=1}^n \Delta t_i \right) / n, \quad (2)$$

то питома поверхня f випарної установки на 1 кг випареної води визначиться співвідношенням

$$f = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{W} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{W \cdot r_{cep}}{n \cdot K_i \cdot \Delta t_i}}{W} = \frac{r_{cep} \cdot n}{K_{cep} \cdot \left(t_{zn} - t_{конд} - \sum_{i=1}^n \Delta t_i \right)}, \quad (3)$$

де t_{zn} , $t_{конд}$ – температури первинної гріючої пари та конденсату відповідно; Δt_i – сумарна температурна депресія в i -му корпусі; K_i , K_{cep} – коефіцієнти теплопередачі в i -му корпусі та середній по апаратах; W – продуктивність

установки за рідиною, що випарувалася.

З рівнянь (1) і (3) видно, що зі збільшенням числа корпусів знижується загальна вартість пари, що витрачається на випарювання, але зростають капітальні витрати та амортизаційні витрати. Отже, визначення оптимальної кількості корпусів найбільш раціонально проводити виходячи з техніко-економічних міркувань.

Найчастіше оптимальне число корпусів багатокорпусної випарної установки визначається за мінімумом зведених витрат, до того ж у спрощеному варіанті можна скористатися графоаналітичним методом.

Якісний аналіз факторів, що впливають на визначення числа корпусів багатокорпусної випарної установки, ілюструє рисунок 1, де крива 1 показує експлуатаційні витрати, що зменшуються в міру скорочення витрат свіжої гріючої пари; крива 2 показує капітальні витрати на обладнання багатокорпусної випарної установки (вартість випарних апаратів, їх транспортування, монтажу тощо), пропорційні кількості корпусів та їх розмірам; верхня крива 3 відповідає сумарним зведеним витратам, які зазвичай мають мінімальне значення за деякого числа корпусів. Це число n_{opt} і є оптимальним для зведених витрат на багатокорпусній випарній установці.

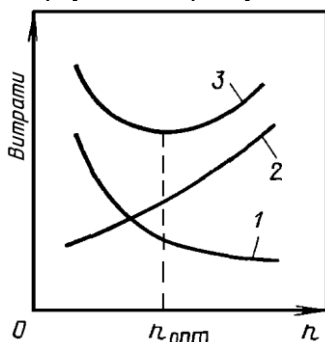


Рисунок 1 – Залежність експлуатаційних і капітальних витрат від числа корпусів: 1 – експлуатаційні витрати; 2 – капітальні витрати; 3 – сумарні витрати

Застосування ЕОМ щодо визначення оптимальної кількості корпусів багатокорпусної випарної установки дозволяє розв'язати проблеми, пов'язані з великим обсягом обчислювальної роботи. При цьому загальне завдання розбито на кілька підзавдань: а) алгоритмізація розрахунку однокорпусної випарної установки; б) алгоритмізація розрахунку багатокорпусної випарної установки; в) оптимізаційний розрахунок багатокорпусної випарної установки (як цільову функцію взято сумарні витрати на 1 кг випареної води).

Зазвичай у хімічній технології у великотонажних виробництвах мінеральних солей і добрив при одержанні висококонцентрованих розчинів, що кристалізуються, застосовують три-, чотири- і п'ятикорпусні випарні установки, у цукробуряковому виробництві використовують чотири- і п'ятикорпусні випарні установки, у багатокорпусних опріснювальних установках число корпусів може досягати 9–12.

ПРИНЦИП РОБОТИ ОХОЛОДЖУВАЧА ПЕРЕСИЧЕНОГО РОЗЧИНУ КРИСТАЛІЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЕРСУЛЬФАТУ АМОНІЮ

Гринько Д. К., студент, ХМ-81; Криводуб Д. Г., студент, ХМм-11; Довгаль О. В., студент, ХМ-91; Карпенко А. С., студент, ХМ-91; Михайловський Я. Е., доцент, кафедра хімічної інженерії; Сумський державний університет, м. Суми, Україна

У виробництві багатьох полімерів таких, як поліакриламідні гелі, полівінілхлорид, полівінілацетат, синтетичні каучуки, латекси, пластмаси застосовується персульфат амонію, який є ініціатором процесів радикальної полімеризації у водному середовищі. Також ця речовина застосовується як засіб для відбілювання та дезинфікування, в електронній мікроскопії, в аналітичній хімії та харчовій промисловості.

Персульфат амонію отримують електролізом насиченого розчину сульфату амонію в сірчаній кислоті. Для отримання товарного персульфату амонію у вигляді безбарвних моноклінних кристалів на одній з прикінцевих стадій виробництва застосовується процес охолоджувальної кристалізації. Якість одержуваних кристалів (їх хімічна чистота, форма й гранулометричний склад) найбільшою мірою залежить від режиму проведення процесу та конструкції кристалізаційного обладнання.

Технологічний процес отримання великокристалічного персульфату амонію у кристалізаційній установці безперервної дії з класифікуючим кристалізатором розроблено на кафедрі хімічної інженерії СумДУ.

В основу процесу безперервної кристалізації персульфату амонію закладено принцип кристалізації в псевдозрідженому шарі кристалів. Сутність процесу полягає в тому, що в окремому апараті кристалізаційної установки – у виносному холодильнику отримують пересичений розчин, який потім спрямовують у кристалізатор, де в псевдозрідженому шарі на поверхні кристалів, що витають, знімається пересичення розчину, при цьому відбувається зростання кристалів. Одержуваний продукт однорідного гранулометричного складу із середнім розміром кристалів 1,0–1,2 мм відбирається безперервно в кристалоущільнювач, а потім надходить на центрифугування та сушіння.

Особливість роботи охолоджувального класифікуючого кристалізатора полягає в тому, що максимальне пересичення розчину створюється біля теплопередаючої поверхні. В результаті холодильник схильний до інкрустацій і забивання кристалічними осадами. У промислових умовах досягти безперервної роботи апарата без частого очищення труб можна, використовуючи теплообмінник з дуже гладкими трубами при швидкості руху розчину в них 1,0–2,0 м/с, а також підтримуючи різницю температур між розчином і охолоджуючим середовищем менше, ніж 2 °С.

З цією метою для охолодження пересиченого розчину в складі кристалізаційної установки для виробництва персульфату амонію був

запропонований заглибний теплообмінник з подвійними трубами, конструктивна схема якого представлена на рисунку 1.

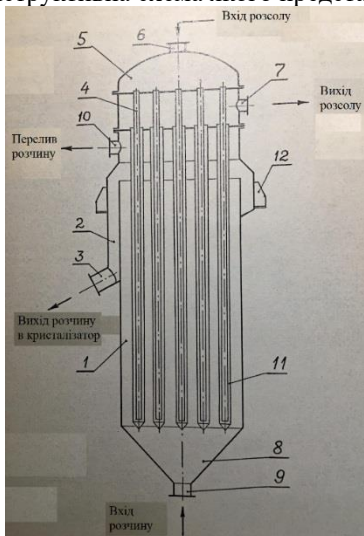


Рисунок 1 – Заглибний теплообмінник з подвійними трубами:

1 – нижній корпус; 2 – верхній корпус;
3 – патрубок; 4 – труби внутрішні; 5 – кришка; 6, 7 – патрубки для розсолу;
8 – днище; 9, 10 – патрубки для розчину; 11 – труби зовнішні; 12 – лапи-опори

Вертикальний кожухотрубний теплообмінник з подвійними трубами містить нижній корпус 1 і верхній корпус 2 з укріпленням на ньому патрубком 3 для відведення охолодженого розчину. На верхньому корпусі кріпиться трубна дошка із закріпленими в ній зовнішніми трубами 11 діаметром $\varnothing 45 \times 3$ мм, труби знизу заглушені. Над верхнім корпусом змонтована трубчатка 4 із внутрішніх труб діаметром $\varnothing 25 \times 2$ мм, які входять усередину зовнішніх труб із зазором. Трубчатка внутрішніх труб закрита кришкою 5 з укріпленням на ній патрубком 6, на корпусі трубчатки укріплені патрубок 7. Корпус знизу закритий конічним днищем 8 з укріпленням на ньому патрубком 9.

Через патрубок 6 надходить розсол хлористого кальцію, який по внутрішнім трубам 4 надходить у нижню частину заглушених знизу труб 10 і, рухаючись вгору, охолоджує зовнішні труби, потім розсол відводиться через патрубок 7 на холодильну установку.

Розчин персульфату амонію надходить через патрубок 9 і, омиваючи зовнішню поверхню труб, охолоджується на $0,2-0,3$ °С. Охолоджений розчин переливається через борт корпусу 1 і відводиться через патрубок 3 у центральну опускную трубу кристалізатора, при цьому рівень розчину саморегулюється залежно від висоти шару кристалів.

Конструкція теплообмінника передбачає можливість його повного розбирання та очищення. Особливістю конструкції є винесення трубних дошок із зони контакту їх із розчином.

МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЙНИХ МОДЕЛЮВАНЬ ПРОЦЕСІВ РОЗДІЛЕННЯ БАГАТОФАЗНИХ СИСТЕМ У СЕПАРАЦІЙНОМУ ОБЛАДНАННІ

*Ляпоценко О.О., д.т.н., професор, Старинський О.Є., аспірант,
Сейф Хуссейн, аспірант,
Сумський державний університет, м. Суми, Україна*

Розділення водонафтової емульсії є найбільш затратною та триваючою стадією первинної підготовки нафти. Для розділення вуглеводневих сумішей, в тому числі водонафтових емульсій, що надходять зі свердловин застосовуються фазні розділювачі, в тому числі блочні установки підготовки нафти (УПН). Перевагою блочних установок зменшення металоємності та кількості одиниць обладнання на стадії первинної підготовки за рахунок поєднання декількох технологічних процесів, підігрів, дегазація, знесолення, видалення механічних домішок та деемульсація, в одному апараті.

Слід зазначити, що в більшості конструкцій горизонтальних багатофазних розділювачів за напрямком руху вуглеводневої суміші спочатку встановлюються пакети листових насадок, тобто блоки для статичної коалесценції, а потім блок електричної коалесценції. Пакети коалесцерів в основному призначені для прискорення процесу спливання/осадження дисперсних часток, в той час як блоки електричної коалесценції призначені для руйнування поверхневих захисних (адсорбційних) шарів та укрупнення дисперсних краплин. Відповідно до закону Стокса швидкість осадження/спливання дисперсних часток залежить від їх діаметру. Тому була висунута гіпотеза, що підвищити інтенсивність процесу розділення можливо за рахунок послідовної обробки емульсії за допомогою електричного поля та блоків статичної коалесценції. В такому випадку спочатку відбувається руйнування адсорбційних шарів та укрупнення краплин дисперсної фази, а потім їх осадження/спливання та перехід у суцільну фазу.

Перевірку запропонованої гіпотези, можливо провести як фізичними так і чисельними методами. У зв'язку зі складністю процесів що протікають під час розділення емульсії необхідно проводити багатофакторні експерименти, які будуть враховувати як властивості вуглеводневої суміші, так і особливості внутрішніх сепараційних пристроїв, а саме тип та геометричні параметри, фізико-хімічні властивості матеріалу з якого виготовляються пристрої, гідравлічний опір та ступінь забруднення механічними домішками.

Запропонована методика проведення оптимізаційних досліджень, що дозволить визначити вплив кожного з зазначених вище факторів на ефективність сепарації, яка і являється цільовою функцією. Дана методика передбачає проведення фізичних та числових експериментів, які в свою чергу поділені на декілька етапів. При фізичному моделюванні необхідно дотримуватись методів теорії подібності, так у промислових горизонтальних

багатофазних сепараторах режим руху рідинної фази зазвичай ламінарний ($Re < 2300$), тому при максимальній витраті рідини теж повинен зберігатися ламінарний режим. В порівнянні з промисловими горизонтальними підігрівачами-деемулсаторами, розроблений дослідний експериментальний стенд відрізняється масштабом, водонафтова емульсія змінена на штучну емульсію, а також відсутній надлишковий тиск, але фізична суть процесу і режимні параметри, що розглядаються, залишаються незмінними відповідно до процесу, який протікає у промисловому обладнанні. При проведенні фізичних експериментів на першому етапі будуть визначатись характеристики вхідної штучної емульсії, такі як густина, в'язкість та фракційний склад дисперсної фази. На другому етапі – коефіцієнти гідравлічного опору блоків статичної та гідродинамічної коалесценції та ефективність розділення фаз.

На першому етапі числових моделювань буде розглядатись проходження потоку емульсії крізь один блок гідродинамічної коалесценції. Для використання моделі пористого середовища, яка дозволить імітувати поведінку емульсії при проходженні блоків гідродинамічної коалесценції, необхідно визначити константу, яка носить емпіричний характер і залежить від пористості досліджуваного середовища та характеру тіл які утворюють пористе середовище. Для кожного випадку (комбінації витрати та концентрації штучної емульсії) цей коефіцієнт необхідно знаходити експериментально. Також визначити дану константу за результатами не натурального, а числового експерименту, що є головною задачею на першому етапі числових моделювань.

На другому етапі проводяться моделювання потоку емульсії крізь блок гідродинамічної коалесценції, який змінюється на пористе середовище. Результати моделювань потоку крізь пористе середовище будуть порівнюватись з результатами, отриманими на першому етапі числових моделювань та другому етапі фізичних експериментів, і у випадку достовірності результатів буде проводитись моделювання з декількома блоками гідродинамічної коалесценції, та в різних конструкціях сепараційного обладнання.

На третьому етапі до вже розробленої моделі на перших двох етапах буде також моделюватись електричне поле, створене між двома електродами, розміщеними в області потоку штучної емульсії.

Розроблена загальна методика оптимізаційних досліджень дозволить провести багатофакторні експерименти, та визначити вплив окремих факторів на процеси розділення емульсії в багатофазних розділювачах. При цьому дану методику можливо адаптувати до дослідження аналогічних процесів розділення багатофазних сумішей у нафтогазовому та очисному обладнанні.

Робота виконана за підтримки МОН України (ДР №0120U102036 «Створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічному середовищі») під керівництвом д.т.н., проф., гол. наук. співробітника Склабінського В.І.

СУШІННЯ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ ВОЛОГИХ МАТЕРІАЛІВ У СУШАРКАХ ЗВАЖЕНОГО ТА ВІБРОЗРІДЖЕНОГО ШАРУ

*Юхименко М.П., доцент, П'ятигор І.М., студ., гр. ХМ-81,
Гонтар В.В., студ., гр. ХМ-81, Сумський державний університет*

Однією з основних технологічних стадій при виробництві багатьох продуктів у хімічній промисловості є їхнє сушіння. Актуальним завданням є обробка термолабільних матеріалів, які мають підвищену чутливість до нагрівання. Для сушіння термочутливих матеріалів у хімічній промисловості застосовують сушарки псевдозрідженого шару та пневмотранспортні.

До таких продуктів у хімічній технології відносяться деякі сипучі солі (наприклад, дрібнокристалічні гіпо- та піросульфід натрію, гідрокарбонати) і особливо їх гідрати (залізний та мідний купороси, епсоміт). Споживачі даних хімічних продуктів висувають високі вимоги до їх якості, а саме достатньої сипкості та зменшення затвердіння частинок матеріалів при їх зберіганні.

В апаратах киплячого шару матеріал перегріватиметься, а в трубах-сушарках спостерігаються підвищені енерговитрати. Раціональніше застосовувати поличні апарати зваженого шару та сушарки з віброзрідженим шаром.

Полична сушарка дозволяє реалізувати на верхній полиці гідродинамічний режим «гравітаційно падаючого шару», найбільш ефективний для знепилення матеріалу; на нижній – режим «зваженого шару», у якому інтенсивно здійснюються сушилні процеси. У міру накопичення частина гарячого матеріалу, що циркулює, випадає через розвантажувальний простір в бункер, де збирається велика фракція висушеного продукту. Дрібна фракція (пил), вийшовши із сушарки, досушується у циклоні.

У поличковій сушарці вдається при температурі теплоносія 120 – 180 °С досягти кінцевої вологості продукту в провалі не більше 0,5 – 1% мас., а у виносі – 0,1 – 0,2% мас. У поличних сушарках процес протікає при значно менших швидкостях газового потоку у вільному перерізі апарату, що не перевищують 2,5 – 3,5 м/с, а локальні коефіцієнти тепловіддачі в місці контакту твердих частинок з газовим струменем досягають 400 – 500 Вт/(м²К). Це дозволяє подавати сушилний агент з більш високою температурою на вході (в 1,5 – 1,8 рази вище за температуру плавлення), не побоюючись термічного пошкодження частинок.

У сушарці віброзрідженого шару коефіцієнт теплопередачі від пари, що гріє, до вологого матеріалу досягає 300 – 370 Вт/(м²К) при напрузі по волозі 30 – 35 кг/(м²год), частоті вібрації 2 – 30 Гц і температурі ґріючої поверхні 90 – 250 °С.

Таким чином, поличні апарати зваженого шару та сушарки віброзрідженого шару дозволяють досягти більш високого технологічного ефекту та при менших енергетичних витратах та габаритах, ніж апарати псевдозрідженого шару та пневмотрубно-сушарки.

ОПТИМІЗАЦІЯ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ КОНВЕКТИВНОГО ОХОЛОДЖУВАЧА ГРАНУЛЬОВАНОГО СУПЕРФОСФАТУ

*Наталуха А.Р., студ., гр. ХМ-71, Звягін І.О., студ., гр. ХМ-71, СумДУ,
м. Суми*

У технології виробництва гранульованого суперфосфату, після стадій гранулювання та сушіння, гранули підлягають охолодженню задля усунення небажаних побічних хімічних реакцій, які приводять до розтріскування та руйнуванню гранул. У процесі охолодження вологість гранул зменшується за рахунок випаровування залишкової вологи і гранули набувають необхідної міцності, тобто відповідають якісним характеристикам. Окрім цього, охолодження гранул суперфосфату не тільки збільшує якість продукції, але й дозволяє утилізувати теплоту підходящих газів та покращити експлуатацію технологічного обладнання. Це зменшує втрати тепла у навколишнє середовище і, відповідно, знижує температуру повітря у виробничому цеху та підвищує, таким чином, теплову ефективність виробництва.

У наш час на підприємствах охолодження здійснюють за рахунок прямого контакту гарячого матеріалу із охолоджувальним агентом (конвективне охолодження), шляхом передачі тепла от гарячого матеріалу через теплообмінну поверхню охолоджувальній воді чи повітрю (контактне охолодження), а також комбінацією вказаних способів охолодження.

У технології виробництва гранульованого суперфосфату найбільш поширено використовуються конвективні охолоджувачі. В цих апаратах матеріал охолоджується повітряним потоком у активному аеродинамічному режимі, тобто у псевдозрідженому шарі, при пневмотранспорті матеріалу та у завислому шарі. Але надійна експлуатація цих апаратів стримується недостатнім вивченням кінетичних закономірностей процесу охолодження гранул полідисперсного гранулометричного складу, тобто не зрозуміло при яких швидкостях повітряного потоку відбувається ефективне охолодження як крупних так і дрібних гранул суперфосфату. Це призводить до того, що конвективні охолоджувачі часто працюють при завищених швидкостях повітряного потоку. Це незначно інтенсифікує процес конвективного охолодження гранул, але призводить до збільшення енергетичних витрат на здійснення технологічної стадії охолодження.

У роботі, на підставі аналізу відомих типів охолоджувачів, вибрана найбільш раціональна конструкція охолоджувача-пневмокласифікатора, розроблена математична розрахункова модель кінетики охолодження гранул на основі використання рішення диференційного рівняння теплопровідності при граничних умовах 3-го роду, проведені необхідні розрахунки за допомогою комп'ютерної програми «Microsoft Excel» та отримані основні графічні залежності з вибором раціональних параметрів проведення процесу охолодження гранульованого суперфосфату у конвективних охолоджувачів.

Робота виконана під керівництвом доц., к.т.н. Юхименко М.П.

ГАЗОРІДИННИЙ РЕАКТОР З ВІДЦЕНТРОВО-ЕЖЕКЦІЙНИМ ПРИБРОЄМ ДЛЯ ПРОЦЕСІВ СУЛЬФУВАННЯ

*Стороженко В.Я., проф.; Смирнов В.А., зав. навч. лаб. ОЦ ТеСЕТ;
Гребенік А.Є., група ХМ-81/2-хо, Сумський державний університет, м Суми,
Україна*

Мета роботи – дослідження механізму гідродинамічного процесу утворення перепаду тиску на радіусі відцентрово-ежекційних пристроїв та визначення їх характеристик, що необхідні для розрахунків газовмісту в об'ємі робочого середовища, витрати та площі контакту газової та рідинної фаз.

Встановлена графічна залежність відношення потужності, що витрачається на перемішування рідини та газорідинної суміші, від критерію витрати газової фази. Наведена залежність показує, що величина відношення потужності в режимі само усмоктування знижується до певного постійного значення, яке залежить від конструктивних особливостей апарата. Поведінка кривої вказує на початок постійного значення витрати газової фази.

Лабораторні дослідження проводилися на системі дистильована вода – повітря, але отримані закономірності надали можливість екстраполювати висновки на реальні промислові суміші. Розроблена конструкція і отримані в ході експериментальних досліджень результати були запропоновані для випробування на одному з хімічних заводів у напівпромисловій технологічній схемі для виробництва сульфонолу. У якості газової фази використовувався контактний газ сірчанокислотного виробництва (суміш сірчаного ангідрида з повітрям). Рідка фаза – алкілбензол.

Додатково за результатами була спроектована і введена в виробництво промислова установка для відбілювання сульфонолу хлором, що дозволяє отримати більш якісний продукт. Під час роботи контролюється водневий показник (рН) суміші в нейтралізаторі і рН відбіленого сульфонолу в приймачі. Крім того під час аналізу визначаються усі якісні показники продукту відповідно технічним умовам.

У цілому запропонована конструкція апарата та установка показали достатню ефективність і якість кінцевого продукту. Отримані розрахункові рівняння надають можливість виконувати необхідні обчислення з метою вибору конструкції і необхідних розмірів для конкретного технологічного процесу.

Список літератури

1. А. с. 771089 ССРСР. Способ получения алкиларилсульфокислот или кислых алкилсульфатов и устройство для его осуществления / В.Я. Стороженко, В.И. Шабрацкий (СССР). Опубл. 1980, Бюл. № 38.
2. Патент на корисну модель № 76528 Україна, МПК В 01 F 5/16. Пристрій для перемішування рідин / Шабрацький С.В., Стороженко В.Я.; Заявник та патентовласник Шабрацький С.В. - № u201206726; заявл. 01.06.2012; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПАЗУХ ОДНОЛОПАТЕВОГО РОБОЧОГО КОЛЕСА НА ПАРАМЕТРИ НАСОСА

*Шах А.Д., студент, Яхненко С.М., доцент,
Скиданенко М.С., старший викладач СумДУ, Суми*

На підприємствах хімічних виробництв і будівельних матеріалів у технологічних системах з перекачуванням різноманітних гідросумішей (які містять різні тверді, волокнисті вclusions, а також продукти, що легко пошкоджуються), застосовуються відцентрові насоси з великими прохідними перерізами проточних частин та робочими колесами із малою кількістю лопатей ($z = 1 \dots 3$). У вітчизняній літературі питання розрахунку і проектування робочих коліс (РК) для динамічних насосів зі зменшеною кількістю лопатей ($z = 2 \dots 4$) мало досліджене, а питання науково-методичного забезпечення розрахунку однолопатевого робочого колеса для вітчизняного насособудування залишається є майже не вивченим.

Специфічні складові середовищ, що перекачуються насосами, потребує не традиційного для відцентрових насосів конструктивного виконання проточної частини. Мова йде про геометрію передньої і задньої пазух робочого колеса. РК з малою кількістю лопатей, зазвичай, виконується з паралельними дисками (ширина РК на вході та виході однакова), відводи із паралельними стінками. В залежності від характеристик гідросуміші яка перекачується і конструкції опорних кронштейнів, однолопатево РК можуть мати декілька варіантів конструктивного виконання своїх передніх і задніх пазух:

1 – аналогічне традиційному виконанню РК відцентрового типу – гладкий покривний диск з переднім ущільненням у вигляді циліндричної щілини і розташовані (відсутні) імпелери;

2 – РК з переднім і заднім імпелером, у цьому випадку циліндрична ущільнювальна щілина відсутня, а її функції виконує торцева щілина між корпусом і передніми імпелерами;

3 – РК по виконанню 2 отворами, що з'єднують зону усмоктування із порожниною задньої пазухи.

На першому етапі досліджень проводились з РК яке було виготовлене по варіанту 2. Вівся пошук оптимальних співвідношень між шириною відводу b_3 , шириною робочого колеса b_2 та висотою імпелера h на виході. Висота імпелера і зазор S між імпелером і стінкою корпусу для передньої і задньої пазухи були однакові.

На другому етапі проточна частина РК заливалась гіпсом і порівнювались варіанти: залиті обидва імпелери, залитий один із імпелерів, обидва імпелера не залиті. В усіх випадках мали насосний ефект із ККД близьким до ККД дискових насосів.

На третьому етапі досліджень були проведені порівнянні енергетичні випробування початкового варіанта проточної частини у випадках: залиті отвори в основному диску РК, залитий задній імпелер, залиті задній і передній імпелери, злиті обидва імпелери і отвори у диску. Одержані результати представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Експериментальні дані

№ п/п	Варіант виконання	Q_{omm} м ³ /ч	H, м	N, кВт	η_{max} , %	Зона сталого ККД
1	Початковий варіант	100	25,6	15,1	46,5	0,8 Q_{omm}
2	Залиті отвори	100	25,6	14,2	48,8	0,78 Q_{omm}
3	Залитий задній імпелер	100	24,6	13,8	48,4	0,9 Q_{omm}
4	Залиті обидва імпелери	100	22,5	12,1	49,8	0,83 Q_{omm}
5	Залиті отвори і імпелери	100	22,9	12,3	51,0	0,7 Q_{omm}

Зроблений аналіз даних табл. 1 по варіантах виконання показав наступне. Порівняння даних по варіантам 4 і 5 бачимо у повній мірі прогнозований результат. У варіанта 5 було присутнє перетікання в передній пазусі від периферії до центру. Поява отворів (варіант 4) добавила аналогічного виду перетікання в задній пазусі. І те, і друге перетікання є об'ємні втрати в їх класичному трактуванні – зміна дійсного напору, теоретичного (потужності) напору і місце розташування оптимума (останній стовпчик табл. 1) повністю відповідає очікуваному результату. Зовсім інший результат отримали при порівняні першого і другого варіантів (отвори у диску відкриті та залиті). Практично зміни торкнулися лише потужності і цей фак відслідковується на зміні ККД насоса. Така зміна характеристики при складанні балансу енергії трактується як зміна механічних втрат енергії.

Очевидно, задній імпелер запобігає появі перетіканню рідини від периферії до центру і поява отворів не приводить до додаткових об'ємних втрат енергії. При появі отворів картина течії різко змінюється. Можна припустити, що задні імпелери працюють як робоче колесо насоса, але з дуже низьким ККД, тому зростання дійсного напора відсутнє. Порівняння результатів 5 і 3 варіантів показує, що втрати енергії у передній пазусі впливають на напір і їх потрібно відносити до гідравлічних втрат.

Результати проведеного дослідження показали, що перенесення підходів до складання балансу енергії для проточної частини з типовими відцентровими робочими колесами на випадок виконання пазух однолопатевих робочих коліс вказаної вище конструктивної схеми не правомірний.

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ НАУКИ»

КІНЕТИКА ІОНІЗАЦІЇ В КОЛОЇДНИХ СИСТЕМАХ, ЩО МІСТЯТЬ НАНОЧАСТИНКИ СРІБЛА

Радченко О.І., студент; СумДУ, гр. МБ-01/3пх, Ольховик А.В., студент; СумДУ, гр. І-11/2пх, Большаніна С.Б., к.тех.н., завідувач кафедри ТПХ, Яновська Г.О., к.х.н, доц.

Антимікробні властивості наночастинок срібла (AgNP) активно досліджуються. Існують публікації, в яких вказується залежність антимікробної дії наночастинок від різних факторів (розмір, форма, склад середовища) і від здатності утворювати в розчині активні іони Ag^+ . В якості носія таких наночастинок срібла можуть бути різні біополімери природного та синтетичного походження. Створення композиційних біоматеріалів, що містять наночастишки срібла і будуть мати антимікробні властивості дозволить більш активно використовувати такі матеріали в лікувальних цілях.

Мета роботи: дослідити здатність наночастинок срібла до утворення іонів срібла як у власному водному колоїдному розчині так і в присутності біополімеру – гідроксиапатиту (ГА).

Гідроксиапатит – мінерал $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ з групи апатиту, який представляє собою біосумісну неорганічну сполуку, оскільки є основним будівельним матеріалом нашого тіла.

Здатність наночастинок (AgNP) до утворення іонів срібла визначали методом центрифугування. Для цього 10 мл водного колоїдного розчину (AgNP) центрифугували на центрифугі (8000 обертів / сек) протягом 5 хв. У фільтраті визначали вміст іонів срібла. Для порівняння зразки 2, 4, 6 (Рис. 1) перед центрифугуванням витримували протягом 30 хв в ультразвуковій ванні.

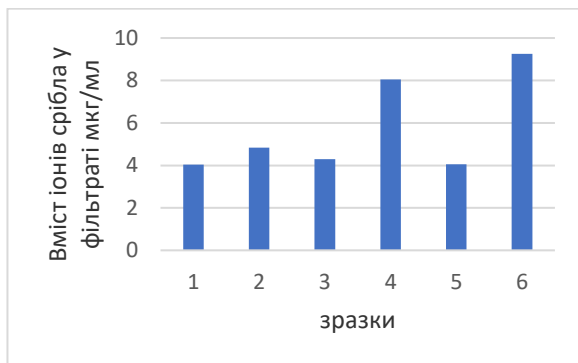


Рисунок 1 – Вміст іонів Ag^+ у фільтраті в власному водному розчині (AgNP) при різному терміні зберігання. Зразки 1,2 - 24 год.; 3,4 - 72 год.; 5,6 - 144 год.
Зразки 2, 4, 6 – після ультразвукової ванни

Здатність гідроксиапатиту (ГА) затримувати процес іонізації наночастинок за рахунок процесу адсорбції, досліджували на різних типах біополімеру (ГА), що відрізнялися стехіометричним співвідношенням компонентів та вихідними реагентами. Аналіз визначення срібла (Ag) в розчинах виконаний атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі С-115 М1. Концентрація наночастинок срібла у вихідному розчині становила 18,625 мкг / мл. Результати досліджень представлені на діаграмах Рис.1, Рис.2.

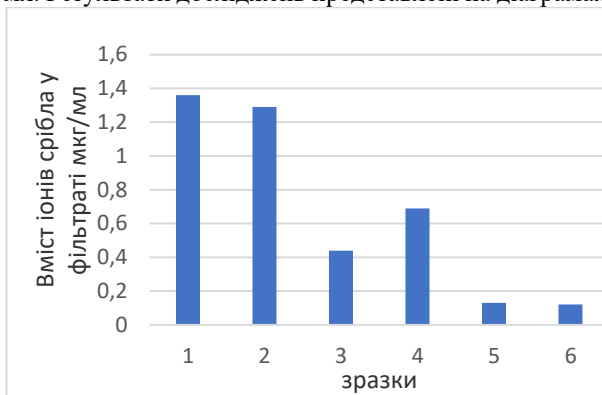


Рисунок 2 – Вміст іонів Ag^+ у фільтраті після контакту з гідроксиапатитом протягом 72 год. Зразки 2, 4, 6 – після ультразвукової ванни. Зразки 1, 2; 3, 4; 5, 6 – різні типи ГА

Висновок. В присутності зразків ГА іонізація наночастинок зменшується і не перевищує 1,2-1,3 мкг / мл іонів срібла. Це майже у 4-8 разів менше іонізації власного колоїдного розчину наночастинок. Це свідчить про здатність біополімеру ГА адсорбувати на своїй поверхні наночастинок срібла, що приводить до зменшення кількості вивільнених іонів в розчин після центрифугування.

Список літератури

1. Радченко О. І., Матвійчук В. О. Синтез та адсорбційні властивості біополімерів // VIII Всеукраїнська науково-технічна конференція, 20-23 квітня 2021: тези доповідей. - Суми, 2021. - С. 220
2. The Kinetic of Silver Ions Release from Nanoparticles and Influence of Ultrasound Treatment / S. Bolshanina et al. Odesa, 5–11 September 2021
3. O. Oleshko, I. Liubchak, Y. Husak, V. Korniienko, A. Yusupova, T. Oleshko, R. Banasiuk, M. Szkodo, I. Matros-Taranets, A. Kazek-Kęsik, W. Simka, M. Pogorielov, "In Vitro Biological Characterization of Silver-Doped Anodic Oxide Coating on Titanium," Materials, vol. 13, no. 19, p. 4359, 2020

ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ У ВИЗНАЧЕННІ ФОСФАТІВ В МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВАХ

Большаніна С.Б., к.т.н., завідувач кафедри ТПХ, Гоменюк В.В студент, ПХ-91/1, СумДУ

Фосфор – один із найцінніших поживних елементів, оскільки бере участь у багатьох життєвих процесах рослин. Він поповнюється в ґрунті внесенням мінеральних фосфорних добрив. Але за останні роки обсяги вживання мінеральних добрив у сільському господарстві України скоротилися у 4 рази, а кількість внесених фосфорних добрив в 11,5 рази стала менше науково обґрунтованих норм[1].

Це сталося через появу не якісного та несертифікованого мінерального добрива, яке перекупляють фірми та пропонують його аграріям. Тому виникає потреба у кваліфікованому визначенні вмісту поживних елементів таких, як фосфор.

Мета дослідження полягає у застосуванні фотометричного методу аналізу для визначенні вмісту фосфору в зразках сучасних мінеральних добрив.

На рис.1 наведені результати дослідження та їх порівняння з орієнтованими. В результаті ми отримали більш точні значення, ніж орієнтовні. Це дозволить аграріям використовувати мінеральні добрива більш ефективно і обґрунтовано.

Таким чином фотометричний метод дозволяє швидко і з достатньо високою точністю визначати вміст фосфату в різноманітних зразках фосфорних добрив.

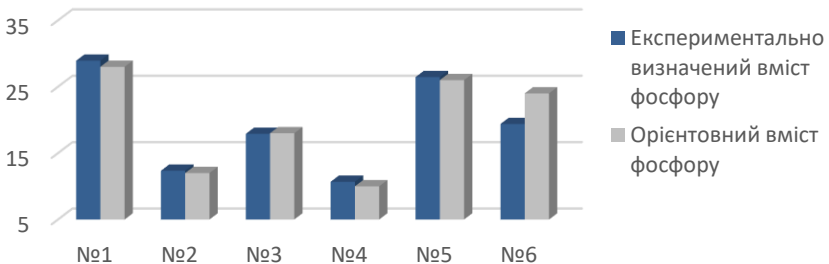


Рисунок 1 – Порівняння одержаних результатів з орієнтованими.

Список літератури

Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року : Закон України від 10.06.2012 р. 3268-VI. [Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17>]

ДОСЛІДЖЕННЯ КАПСУЛЬОВАНИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ НРК-ДОБРИВ ФІЗИКО-ХІМІЧНИМИ МЕТОДАМИ АНАЛІЗУ

Ярова Т.Ю., студентка гр. ПХ-91/1, Коваленко Т.І., лаборант каф. ТПХ, Яновська Г.О., к.х.н., доц. каф. ТПХ

Близько 10 % земної поверхні засіяно зерновими культурами. Надалі збільшувати посівні площі - неможливо. Але населення нашої планети неухильно зростає, що вимагає підвищення продуктивності сільськогосподарських земель. Одним з найдієвіших способів для цього є використання мінеральних добрив [1]. Перевагами мінеральних добрив є швидке засвоєння рослинами, доступна ціна, підвищення врожайності, стійкості до шкідників і хвороб, і зручність у використанні. Однак у них є такі недоліки: при неправильному використанні вони можуть забруднити ґрунт і навколишнє середовище. Зменшити агрогенне навантаження можна створенням добрив з пролонгованою дією.

Для забезпечення пролонгованої дії в роботі розроблено 4 види комплексного добрива з використанням різних пластифікаторів: гумат кальцію (зразок 1), гумат калію (зразок 2), калімаг (зразок 3), гумат кальцію (зразок 4). Оцінка ефективності фосфатовмісної оболонки з пролонгації розчинення азотного ядра гранули потребує вивчення якісних і кількісних характеристик оболонки та інтерфейсу. Нами були виконані дослідження структурних особливостей добрив методом скануючої електронної мікроскопії з елементним мікроаналізом. Дослідження проводили за допомогою скануючого електронного мікроскопа SEO-SEM Inspect S50-B. Елементний мікроаналіз здійснювався за допомогою енергодисперсійного спектрометра EDS, який інтегрований у програму управління мікроскопом. Проведені дослідження показали, що найбільш ефективним пластифікатором є гумат кальцію, модифікований комплексом мікроелементів у хелатній формі.

Для подальшого використання нового виду складних органо-мінеральних НРК-добрив, отриманих шляхом капсулювання гранули карбаміду фосфатно-калійною оболонкою з добавками мікроелементів і гуматів, необхідно було провести дослідження з аналітичного визначення їх кількісного складу. Всі зразки попередньо обробляли, виділяючи компоненти для аналізу. Вміст P_2O_5 визначали методом фотокалориметрії ($\lambda=440$ нм), масову частку загального калію в перерахунку на K_2O (%) - методом гравіметрії, а N (%) - методом титрування.

Із статистичної обробки отриманих результатів дійшли висновку, що у зразках добрив найбільше міститься азоту - приблизно 23 %, фосфору – 7 %, а найменшу масову частку складає калій - 1-2 % (рис.1). Найбільша кількість азоту міститься в зразку № 2, фосфору - в зразку № 3, калію – в зразку № 2.

Таким чином проаналізувавши кількісний склад синтезованих добрив їх можна застосовувати для удобрення різних типів ґрунту відповідно до потреб рослин. Правильно визначаючи кількість і період внесення можна за 1-2 роки відновити хімічний баланс ґрунту і підвищити врожайність. Конкретні рішення щодо внесення добрив приймаються у господарстві з урахуванням результатів агрохімічного обстеження та фітосанітарного стану полів, їх забрудненості, потенціалу гібридної продуктивності та посівної якості насіння.

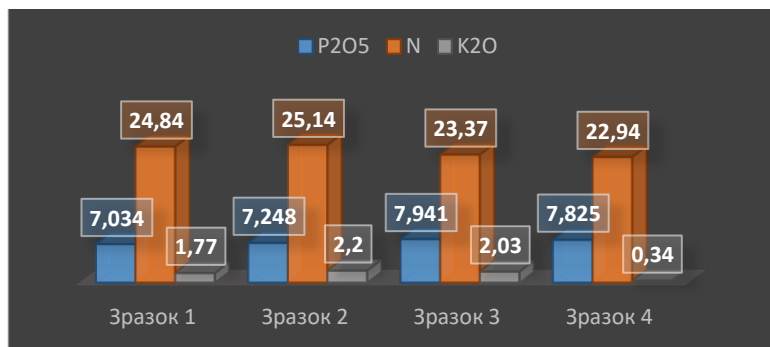


Рисунок 1 – Масові частки P₂O₅, N, K₂O (%) в зразках добрив №1-4.

Серед чотирьох зразків капсульованих добрив найбільш технологічно прийнятним виявився зразок № 4, який модифікований мікроелементним комплексом «Аватар» в хелатній формі. Структура фосфатовмісної оболонки в цьому зразку більш розвинена, з більшою кількістю пор, що призводить до швидшого розчинення ядра гранули. Однак цей зразок містить не найбільший вміст поживних елементів, таких як нітроген, фосфор та калій, але його склад також є прийнятним для підживлення рослин.

Отже, інноваційне технічне рішення дозволяє запропонувати сільськогосподарським споживачам комплексні азотно-фосфорно-калійні добрива пролонгованої дії та зміну товщини покриття, що дає змогу змінити вміст поживних речовин у NPK-добриві.

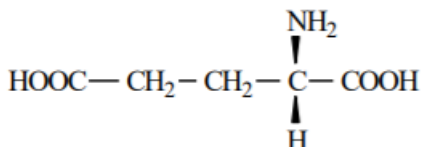
Список літератури

1. Mineral Fertilizers Polvonov Khurshid Madaminovich. The American Journal of Applied sciences: April 30, 2021 – Pag. 214-219.
Doi: <https://doi.org/10.37547/tajas/Volume03Issue04-30>
Ця робота проведена за підтримки гранту МОН України 0120U102003 «Процес формування нових екологічно безпечних добрив пролонгованої дії на основі сировини фосфоритових родовищ».

ІДЕНТИФІКАЦІЯ І КІЛЬКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ГЛУТАМІНОВОЇ КИСЛОТИ У ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПРЕПАРАТАХ

Дерев'яно Т.В. студент групи МЦ.м-103 ; Рибалка В.О., студент групи МЦ.м-103; Воробйова І.Г., к.тех.н.,доц. ТПХ

Глутамінова кислота (2-амінопентандіова кислота) – це аліфатична дикарбонова амінокислота.



Глутамінова кислота є частиною білків і багатьох низькомолекулярних речовин [1]. Глутамінова кислота міститься у вільному вигляді у живих організмах. Має велике значення під час обміну азоту. Глутамінова кислота також є нейромедіаторною амінокислотою, важливим представником класу «збудливих амінокислот». Сполуки глутамату зі спеціальними рецепторами нервових клітин призводить до порушення останніх.

Головне призначення глутамінової кислоти у організмі: інтегрування азотистого обміну; утворення інших амінокислот, у т.ч. і гістидину; знешкодження аміаку; синтез вуглеводів; участь в утворенні нуклеїнових кислот; утворення вітаміну В₉ (ітероїлглутамінова кислота); окиснення у клітинах мозкової тканини з виходом енергії, що запасається у вигляді АТФ; нейромедіаторна функція; перетворення в γ-амінонасяну кислоту (ГАМК); участь у процесі синтезу ферментів, що здійснюють редокс реакції; участь у синтезі серотоніну (опосередковане, через триптофан); підвищення проникності м'язових тканин для іонів калію; утворення n-амінобензойної кислоти.

Для визначення глутамінової кислоти використовують метод ІЧ-спектроскопі якій є фармакопейним методом. Глутамінову кислоту визначають за допомогою ІЧ-спектрів збігу смуг пропускання в області 4000 - 400 см⁻¹. Для ідентифікації глутамінової амінокислоти використовують загальну реакцію на амінокислоти - кольорову реакцію з нінгідрином, що є фармакопейним методом (ДФ XII). В результаті реакції утворюється амонійна сіль єнольної форми фіолетового кольору. Для ідентифікації глутамінової кислоти також використовують кольорову реакцію з резорцином у присутності H₂SO₄конц. При дії концентрованої сульфатної кислоти на глутамінову кислоту відбувається внутрішньомолекулярна дегідратація з

утворенням піролідонкарбоновоїкислоти, що конденсується з резорцином. В результаті виходить сплав червоного кольору, що розкладається в аміачному розчині. Після – набуває фіолетово-червоне забарвлення із зеленою флуоресценцією [2].

Для кількісного визначення вмісту глютамінової кислоти у лікарських препаратах використовують кислотно-основне титрування. Аналізований розчин титрують 0,1 М розчином NaOH з індикатором бромтимоловим синім (рН переходу 6,0 – 6,7). Наважку препарату розміщують у конічну колбу ємністю 50 см³, додають свіжопрокип'яченої води, гріють на водяній бані протягом 25 хв. до повного розчинення наважки препарату, доводять об'єм розчину до мітки колби дистильованою водою. Розчин охолоджують до кімнатної температури. Відбирають аліквоту градуйованою піпеткою, об'ємом 5 см³, додають 15 мл дистильованої води, 5 крапель розчину індикатора бромтимолового синього. Титрують 0,1 н розчином NaOH до переходу жовтого забарвлення в блакитно-зелене [2].

Вміст глютамінової кислоти у препараті (г) обчислюють за формулою:

$$m = \frac{(C_n \cdot V_{т.э.})_{NaOH} \cdot M_{э(г.к.)}}{1000} \cdot \frac{V_k}{V_a}, \text{ г}$$

де C_n - нормальна концентрація, моль-екв / л;

$V_{т.э.}$ - об'єм титранту в точці еквівалентності, мл;

$M_{э(г.к.)}$ - молярна маса еквівалента глютамінової кислоти, г/моль-екв;

V_k – об'єм колби, мл;

V_a – об'єм аліквоти, мл.

В результаті дослідження ідентифікована глютамінова кислота у фармпрепаратах хімічним методом. Кількісно визначено вміст глютамінової кислоти у лікарських препарати методами кислотно-основного титрування.

Список літератури

1. Hyyonen H., Aksela R. // J. Coord. Chem. 2012. V. 65. No 19. P. 3352 – 3362. DOI: 10.1080/00958972.2012.708741.

2. Фармацевтична хімія / П.О. Безуглий, В.А. Георгіянци, І.С. Гриценко та ін.: за ред. П.О. Безуглого. – Вінниця: Нова книга, 2017. – 456 с

РЕФРАКТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ГЛЮКОЗИ В ЛІКАРСЬКИХ ПРЕПАРАТАХ

Кулемза С.О. студент групи ПХ-91

Рефрактометрія є одним із найпопулярніших методів визначення хімічних сполук, кількісного та структурного аналізу, визначення фізико-хімічних параметрів матеріалів.

Основними перевагами методу є простота пробопідготовки, оскільки поділ визначуваних компонентів відбувається у водному середовищі. Метод використовується у медицині для визначення кількості глюкози в біологічних і лікарських розчинах при визначенні білка в сечі та сироватці крові, щільності сечі, мозкової та суглобової рідини; у фармакології для аналізу лікарських засобів. В аптечній практиці рефрактометрію часто використовують для визначення концентратів, заготовок та інгредієнтів лікарських форм.

Перевагами методу є простота пробопідготовки, оскільки поділ визначуваних компонентів відбувається у водному середовищі. Для проведення процесів визначення глюкози метод вимагає попередньої іонізації цукрів в розчині шляхом збільшення рН середовища. Допускається використання методу з рефрактометричним детектором для аналізу сахарози, глюкози, фруктози та сорбіту в соковій продукції, що має межу виявлення та 0,3 г / л в області концентрацій глюкози від 1 до 650 г / л.

Для визначення глюкози рефрактометричним методом наважку глюкози масою 0,01 г розчиняли в 5 мл води і визначали показник заломлення цього розчину. Масову частку глюкози у препарати розраховували за формулою

$$W_{\text{гг}} = \frac{n_{\text{гг}} - n_0}{F}$$

де $n_{\text{гг}}$ – показник заломлення розчину глюкози,
 n_0 – показник заломлення розчину порівняння,
 F – фактор показника заломлення.

Статистична обробка даних експерименту свідчить про його високу точність. Також дану методику можна використовувати в лабораторному практикуми з фармацевтичної хімії.

Список літератури

1. Б.М.Стифатів, Ю.В.Рубленецька, метод. указ. до лаб. роботи. / Упоряд.: Б.М. Стіфатов, Ю.В. Рублінецька. - Самара; Самар. держ. техн. ун-т, 2017. – 16 с.: іл.
2. Є.А. Іларіонова, І.П. Сироватський, Метод рефрактометрії. Застосування у фармацевтичному аналізі: навчальний посібник / А. Іларіонова, І. П. Сироватський; ФДБОУ У ІДМУ МОЗ Росії, Кафедра фармацевтичної та токсикологічної хімії. - Іркутськ: ІДМУ, 2017. - 51с.

ВИЗНАЧЕННЯ КИСЛОТНОСТІ КАВИ МЕТОДОМ ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ

*Звоник К.В., студ. гр. ПХ-91/1, Пшеничний Р.М. к.х.н., доц. кафедри
теоретичної та прикладної хімії*

В сучасному світі, кожен із нас турбується про своє здоров'я, різними методами: контролюючи свій сон, їжу, за допомогою вітамінів та інше. Незаперечним є факт того, що всю енергію ми отримуємо з харчів, напоїв які поступають до нашого організму. Більшість людей світу, з різних куточків, починають свій день з кави. Саме вона першою потрапляє до нашого організму, й таким чином може підвищувати рН шлунку, що надалі при постійному вживанні може призвести до проблем зі здоров'ям.

Кава – це саме той напій, який надає людині ефект бадьорості та смакове задоволення. Кофеїн є основним тонізуючим компонентом: - стимулює розумову, фізичну, психічну діяльність; впливає на серцево-судинну, нервову системи. Надмірне споживання кави погано впливає на організм людини, бо речовини, які входять до складу кави такі як таніни та поліфеноли уповільнюють всмоктування кальцію та заліза. Якщо тримати баланс, кава буде йти на користь, якщо вживати каву безконтрольно – шкода від надмірного вживання кофеїну буде більшою, ніж користь. Також кава має позитивний ефект дії на організм. Завдяки дії кофеїну чашка кави підвищує працездатність, концентрацію та прискорює метаболізм. Кавових дерев в світі налічується 90 видів, але виділяють три основних: арабіка, робуста, ліберіка.

Одним із важливих показників якості кави, що впливає на смакові характеристики та безпечність вживання, є її кислотність. Даний показник можна визначити за допомогою методу потенціометричного титрування.

Потенціометричне титрування широко використовується в аналітичній хімії. Даний метод ґрунтується на реєстрації зміни величини потенціалу індикаторного електроду в процесі титрування. Кінцеву точку титрування знаходять графічно за графіком залежності потенціалу від об'єму доданого титранту. При визначенні кислотності кави як титрант можна використовувати стандартний розчин NaOH.

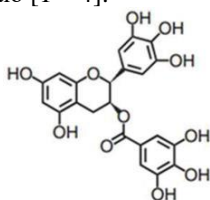
Визначення вмісту кислот в досліджуваному розчині виконують потенціометрично реєструючи зміну концентрації H^+ -іонів у процесі кислотно-основної реакції титрування. Зміну концентрації іонів гідрогену вимірюють за допомогою двохелектродної системи, що складається з індикаторного скляного електроду та хлоридсрібного електроду, що виконує роль електроду порівняння.

Перевагою методу потенціометричного титрування над класичним є можливість дослідження забарвлених розчинів, якими і є розчини кави, та більш висока точність визначення.

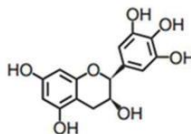
ВМІСТ ФЕНОЛЬНИХ СПОЛУК В ЧАЇ

Підпригора К.О., студентка гр. ПХ-91, СумДУ, Пономарьова Л.М., к.х.н., доцент кафедри ТПХ

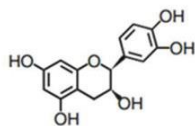
Фенольні сполуки є найважливішою групою речовин, що містяться в чайному листку і в чаї – водному екстракті, і визначає його особливості як напою. Вміст низькомолекулярних вторинних метаболітів рослин з антиоксидантними властивостями у різних сортах чаю буде відмінним і буде залежати від сорту чаю, часу збору чайного листя та способу сушіння. Фенольні сполуки чаю – це понад 30 близьких за природою сполук. Вміст їх досягає 25 – 30 % у перерахунку на суху масу чайного листка. При цьому, лідером за вмістом фенольних сполук є білий чай, менша кількість характерна для зеленого чаю [1 – 4].



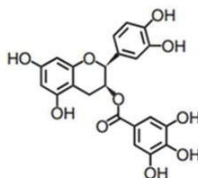
Epigallocatechin-3-gallate (EGCG)



Epigallocatechin (EGC)



Epicatechin (EC)



Epicatechin-3-gallate (ECG)

Рис. 1 – Загальні формули фенольних сполук чаю.

На катехіні припадає 60 – 70 % всіх фенольних сполук чайного листя. Вони беруть участь в окисно-відновних процесах, які відбуваються під час ферментації чайного листя, і тим самим впливають на смак, колір настою і частково – аромат готового чаю. Серед катехінів зелений чай містить епікатехін-3-галлат (EGC) та епігалокатехін-3-галлат (EGCG), який відноситься до поліфенолів і як вважається, здатний продовжувати життя.

Крім катехінів в чайному листі присутні глікозиди, а також прості поліфеноли – фенолкарбонові кислоти. В основному, в чайному листі міститься три групи глікозидів: флавоноли, антоціани, лейкоантоціани. Всі вони можуть брати певну участь у формуванні якісних показників готового

чаю. Більшість з них забарвлені сполуки (крім лейкоантоціанів), крім того, всі вони характеризуються в'яжучим, гіркуватим смаком і в різній мірі володіють Р-вітамінними властивостями.

Флавоноли в чайному листі зумовлюють цілу гамму різного забарвлення. представлені моно-, ди- і триглікозидами трьох агліконів – кемпферол, кверцетину і міріцетина. Антоціани – пігменти, що об'єднують групу фарбувальних речовин рослин. Вони складаються з агліконів – антоціанідів і вуглеводної частини, яка в основному представлена глюкозою, рамнозою і галактозою. Лейкоантоціани – речовини, які накопичуються в органах чайної рослини в порівняно меншій кількості, ніж інші глікозиди. Із фенолкарбонових кислот в чаї містяться хлорогенова, галова, елагова та ін. Також у чаї містяться пігменти рослинного походження – каротиноїди. Їх вміст в чайному листі складає 0,07–0,08 %.

Сучасні методи визначення фенольних сполук:

- гравіметричний метод (фенольні сполуки кількісно осаджують з розчину желатиною, іонами важких металів, найчастіше Pb^{2+} або адсорбують гольовим порошком);

- титриметричні: окисно-відновне титрування (як окисник можуть використовувати калій перманганат) та кислотно-основне титрування (алкаліметрія);

- фотоколориметричні (отримують забарвлені розчини з солями Fe^{3+} , реактивом Фоліна – Деніса);

- метод фракційної екстракції (спочатку сировину екстрагують петролейним ефіром, гексаном, хлороформом або бензолом для видалення хлорофілів, ліпідів та інших ліпофільних сполук);

- комплексометричний метод (фенольні сполуки осаджують сульфатом цинку);

- хроматографічні методи з використанням хромогенних реактивів дозволяють ідентифікувати продукти гідролізу фенольних сполук (галову, елагову кислоти та їх похідні), катехіни, лейкоантоціанідини, антоціанідини;

- тонкошарова хроматографія у поєднанні з денситометрією часто застосовується для визначення кількісного вмісту фенольних сполук в чаї завдяки високій чутливості методик та приладів.

Список літератури

1. Дубильні речовини / Фармацевтична енциклопедія – Інтернет-ресурс <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2595/dubilni-rechovini>
2. N. Eruygun Modeling of Total Phenolic contents in Various Tea samples by Experimental Design Methods // Open Chemistry August – V. 20, 2018.
3. Kopjar, M., Tadić, M. & Piližota, V. Phenol content and antioxidant activity of green, yellow and black tea leaves. // *Chem. Biol. Technol. Agric.* – 2, 1 (2015).
4. Jyoti V. Vastrad Phenolic Compounds in Tea: Phytochemical, Biological, and Therapeutic Applications // *Phenolic Compounds* – 2021.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З НЕОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ В УМОВАХ НАВЧАННЯ ЗА ДИСТАНЦІЙНОЮ ФОРМОЮ

Вініченко А. І. студ.гр.МБ-01/ПХ; Лицман Ю. В., доцент кафедри теоретичної та прикладної хімії

В сучасних умовах постає необхідність в організації навчання за дистанційною формою. Методика проведення таких занять, зокрема лабораторних занять з неорганічної хімії, має свої особливості і потребує підготовки наочності у формі фото та відеоматеріалів щодо виконання хімічних експериментів з коментарями - поясненнями як етапів дій, так і явищ, що спостерігаються.

На етапі підготовки до заняття студенти мають опрацювати теоретичний матеріал та ознайомитися з інструкціями до проведення лабораторних дослідів.

Основна частина онлайн заняття передбачає чергування асинхронного (А) та синхронного (С) режимів роботи студентів. 1. Студенти переглядають відео дослідів з коментарями (А); 2. Студенти з викладачем обговорюють сутність дослідів, детальніше розглядають деякі найскладніші рівняння реакцій, усно формулюють висновки (С); 3. Студенти оформлюють звіт до лабораторної роботи і надсилають їх викладачу у встановлений термін (А). 1 та 2 другий етапи можуть бути об'єднані та проведені у синхронному режимі шляхом поетапного розгляду та обговорення кожного експерименту.

Для організації навчальної діяльності в синхронному режимі використовується додаток Google meet, а в асинхронному – додаток Google classroom.

Аналіз прикладів наочних відеоматеріалів, наявних у вільному доступі, свідчить про необхідність самостійної підготовки більшості з них. Адже у вільному доступі, як правило, відсутні фото та відео специфічних експериментів курсу неорганічної хімії, також зустрічаються помилки у коментарях до хімічних експериментів, що демонструються. Тому постає необхідність у самостійній підготовці фото та відеоматеріалів дослідів. Така робота потребує значних витрат часу викладача на етапі підготовки до заняття. Проте наявність таких відеоматеріалів дозволяє оптимізувати навчальний процес за дистанційною формою навчання. По-перше, студенти мають змогу неодноразово переглядати ці відео на різних етапах навчання (виконання лабораторної роботи, підготовка звіту, повторення. Підготовка до контрольних заходів тощо). По-друге, під час демонстрації дослідів в режимі онлайн неможливо уникнути тривалих пауз між різними експериментами.

Запропонована методика проведення лабораторних робіт в умовах дистанційного навчання показала свою ефективність, проте такий варіант занять розглядаємо як тимчасовий. Також його елементи є доцільними для використання у змішаному навчанні.

**СЕКЦІЇ «ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ І ГІДРОПНЕВМОАГРЕГАТИ.
ПРИКЛАДНА ГІДРОАЕРОМЕХАНІКА»**

РОЗРОБЛЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ВІЛЬНОВИХРОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ЗАБРУДНЕНИХ РІДИН

*Кондусь В. Ю., ст. викл.; Пузік Р.В., асп., Бражнік Б.А., студ.,
Павленко І. В., проф., СумДУ, м. Суми*

Процес передачі енергії у вільновихрових насосах є двоетапним. На першому етапі відбувається передача енергії від лопатей робочого колеса насоса до тороподібного вихора. При цьому частина рідини безпосередньо надходить із міжлопатеких каналів робочого колеса до напірного патрубку насоса. На другому етапі енергія передається від цього вихора, який виступає у ролі «рідкої лопаті», до потоку, що не взаємодіє з лопатями робочого колеса. У результаті, коефіцієнт корисної дії (ККД) насосів такого типу дещо нижче, ніж відцентрових насосів.

Проте, не зважаючи на цей недолік вільновихрових насосів, при транспортуванні рідин із механічними включеннями витрати на обслуговування, ревізію та ремонт насосів суттєво менші, ніж при використанні відцентрових насосів. Унаслідок цього загальна вартість життєвого циклу насосної установки з використанням вільновихрових насосів за таких умов нижча, ніж з використанням відцентрових насосів [1]. Тому, їх використання є пріоритетним.

Удосконалення проточної частини вільновихрових насосів доцільно проводити з досягненням мінімальної вартості життєвого циклу насосної установки. Це означає досягнення максимального значення ефективності робочого процесу насоса при забезпеченні мінімальних витрат на експлуатацію, ремонт і ревізію насосної установки. Слід зазначити, що мінімальні інвестиційні витрати на модернізацію впроваджених насосів також значно скорочують загальну вартість його життєвого циклу. На практиці це означає необхідність внесення мінімальних конструктивних змін елементів проточної частини насоса. Таке конструктивне рішення забезпечить мінімальні інвестиційні витрати на розробку та виготовлення модельної оснастки для лиття удосконалених елементів проточної частини.

З урахуванням цього, у роботі запропоновано виконувати удосконалення проточної частини шляхом збільшення ширини лопаті робочого колеса насоса (рисунок 1). Це дозволяє винести частину лопаті до зони вільної камери. У результаті цього можливе узгодження розташування центра тороподібного вихору безпосередньо на кромці лопаті робочого колеса.

Запропонована конструкція дозволяє мінімізувати додаткові гідравлічні втрати внаслідок усунення невідповідності центру вихору та розташування кромки лопаті робочого колеса. При цьому, на виході із робочого колеса відсутня деформація вихору.

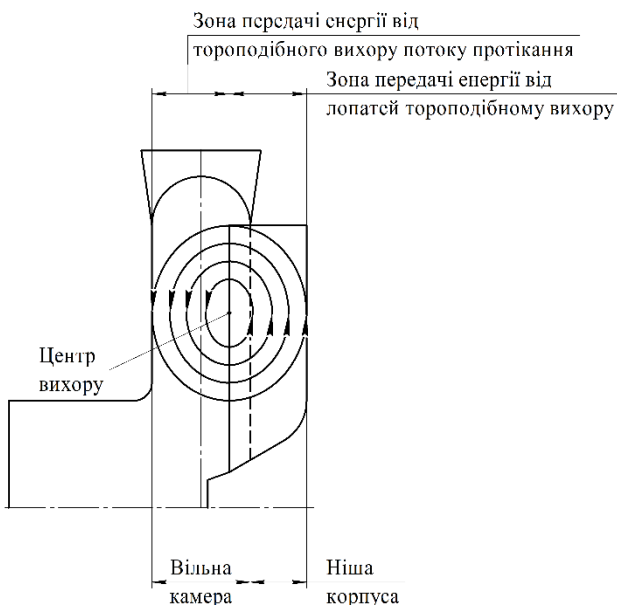


Рисунок 1 – Особливості будови тороподібного вихору вільновихрового насоса з високим коефіцієнтом швидкохідності удосконаленої конструкції проточної частини

Вищезазначені результати пояснюються наступним. По-перше, відповідно до теоретичних даних, що розглянуті в роботі, зменшується деформація тороподібного вихору, що у свою чергу призводить до підвищення ефективності передачі енергії у вихровому робочому процесі. По-друге, незначний вихід кромки лопаті робочого колеса у вільну камеру насоса дещо підвищує частку лопатевого і знижує частку вихрового у загальному робочому процесі вільновихрового насоса, що дозволяє досягнути деякого підвищення напору та ККД насоса.

Дослідження виконувалось у рамках науково-дослідної роботи «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Сумського державного університету» (номер держреєстрації 0121U112684).

Список літератури

1. Kotenko A., Herman V., Kotenko A. (2014). Rationalisation of Ukrainian industrial enterprises in a context of using torque flow pumps on the basis of valuation of the life cycle of pumping equipment. *Nauka i Studia*, Vol. 16(126), pp/ 83–91.

НАСОС МЕМБРАННИЙ

*Панченко В. О., к.т.н., доцент; Хоменко Т. А., студент,
каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми*

На даний час під час перекачування різнного типу рідин у разі необхідності точного дозування кількості (об'єму) поданого середовища досить часто використовують дозувальні мембранні насоси. Ці насоси мають досить просту конструкцію, здатні перекачувати рідини із широким спектром характеристик (густини, в'язкості тощо), мають здатність до регулювання робочого об'єму. Проте їхнім слабким місцем є клапани: вхідний та нагнітальний. У разі перекачування рідин, які містять тверді абразивні домішки ці клапани забиваються ними та швидко зношуються.

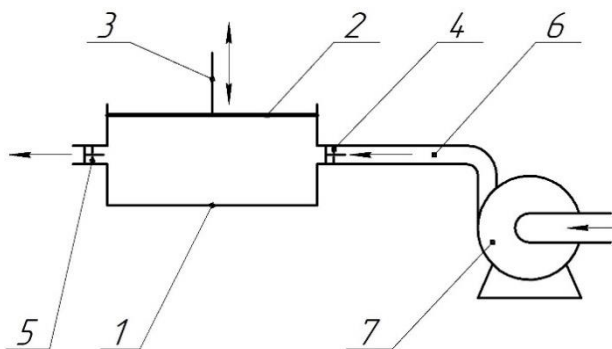


Рисунок 2 – Гідравлічна система

Запропонована гідравлічна система призначена для застосування у тих технологічних процесах, у яких існує необхідність періодичного перекачування забруднених рідин та чистої технічної води. Мембранний насос, який складається із корпусу 1, мембрани 2, штоку 3, вхідного 4 та нагнітного 5 клапанів, виконує точне дозоване подавання забрудненої рідини у систему. У разі необхідності подавання чистої води клапани мембранного насоса одночасно примусово переходять у повністю відкрите положення, вмикають відцентровий насос 7, який виконує подавання у трубопровід 6 гідравлічної системи чистої води.

За рахунок використання такого періодичного подавання рідин різними насосами зменшується навантаження на чутливі вузли мембранного насоса, зменшується їхнє зношування, підвищується міжремонтний період насоса та надійність як його, так і усієї гідравлічної системи у цілому.

ВПЛИВ ФОРМИ ТА ВІДСТАНІ ЛОПАТЕВОГО ДИСКУ НА НАПІРНІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНТРРОТОРНОГО СТУПЕНЯ

Куліков О. А., аспірант, гр. А-05/МБ; Ратушній О. В., к.т.н., доц., каф. ПГМ СумДУ, м. Суми.

На сьогодні в різних галузях промисловості широко розповсюджені відцентрові консольні насоси. Такі насоси повністю досліджені та мають найоптимальніші значення напору та ККД, які тільки можливо досягти. Новою віткою в насособудуванні з'являється консольний контрроторний відцентровий насос. Цей насос має змінену проточну частину та інший принцип дії передачі енергії від робочих органів рідині. Робоче колесо (*I*) обертається за годинниковою стрілкою, а лопатевий диск (*II*) обертається проти годинникової стрілки. За рахунок цього між дисками з'являється контрроторний ефект, який в свою чергу передає рідині значно більше енергії ніж звичайні відцентрові насоси.

У зв'язку із змінами швидкостей насос може створювати значно більший напір. Але течія рідини у такому насосі значно складніша і її потрібно досліджувати. Одним з таких досліджень є вплив форми контрроторного диску, а також відстані між контрроторним диском та робочим колесом на зміну характеристик ступеню.

Дослідження поділялось на два етапи. Перша ступінь (СТ1) виявилася аналогічною для першого та другого етапу дослідження. На першому етапі досліджувався вплив форми контр роторного диску на характеристики ступеню. Для дослідження було обрано такі три форми проточної частини лопатевого диску: СТ1-конфузор (рис.3 а); СТ2-прямий (рис.3 б); СТ3-дифузор (рис.3 в). Отримані результати занесені до таблиці 1. Всі форми були розраховані таким чином, щоб добуток діаметра кола вписаного в проточну частину контр роторного диску на місце знаходження його радіуса було рівним для входу і виходу. Це робилося з ціллю запобігання стисненню потоку.

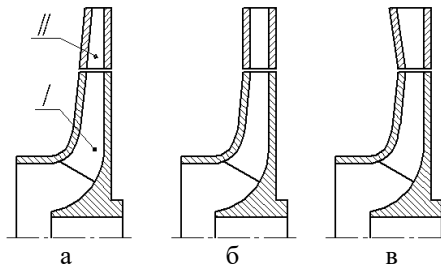


Рисунок 3 – форма проточної частини контрроторного диску :
а) СТ1-конфузор; б) СТ2-прямий; в) СТ3-дифузор.

На другому етапі було досліджено вплив відстані між робочими органами. Для дослідження були взяті такі відстані: СТ1 - 2мм (рис.4а); СТ2 - 5мм (рис.4б); СТ3 - 10мм (рис.4в). Отримані результати занесені до таблиці 1.

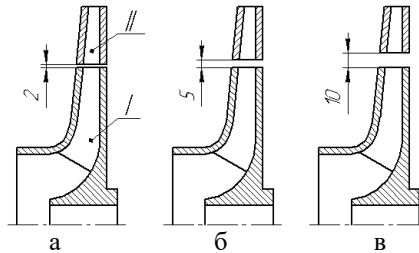


Рисунок 4 – Відстань між робочими органами: а) СТ1 - 2мм; б) СТ2 - 5мм; в) СТ3 - 10мм.

Для розрахунку використовувався програмний продукт ANSYS CFX. В основу даного програмного продукту закладений метод чисельного вирішення фундаментальних законів гідромеханіки: рівнянь руху в'язкої рідини спільно з рівняннями нерозривності. Це є достатньою умовою обґрунтованості застосування результатів чисельного дослідження. Слід зазначити, що ANSYS CFX неодноразово випробувався при вирішенні задач насособудування, розбіжність результатів чисельного і фізичного моделювання не перевищує 5%, тому даний програмний продукт придатний для вирішення поставленого завдання дослідження.

Таблиця 1 – Результати досліджень ступенів на двох етапах.

Етап 1 - Форма		Назва ступеня	Етап 2 - Відстань	
Напір, м	ККД, %		Напір, м	ККД, %
418	0,76	СТ1	418	0,76
419	0,73	СТ2	404	0,78
416	0,67	СТ3	388	0,77

В результаті досліджень виявилось, що при зміні форми проточної частини напір залишається сталим, але ККД значно змінюється, особливо при використанні ступеню з дифузором. Тому для подальших розрахунків була обрана форма конфузора. Щодо відстані між робочими органами, то характеристики трішки змінюються. Найкращим відносно ККД себе показала відстань в 5 мм, але для подальшого проектування будемо обирати відстань у 2 мм. Така відстань обумовлена зменшенням об'ємних втрат під час роботи насоса. Як відомо – чим менша щілина, тим менші об'ємні втрати в ній. А враховуючи те, що ця щілина знаходиться між двома робочими органами, то об'ємні втрати можуть бути дуже великими.

СТАБІЛІЗАЦІЯ ПОТОКУ РІДИНИ

Панченко В. О., старший викладач, каф. ПГМ, СумДУ, Суми
Чайка В. П., студент, гр. ГМ-81, СумДУ, Суми

У гідравлічних системах різного призначення з метою зниження пульсацій параметрів потоку (тиску та витрати) використовують накопичувачі (акумулятори) різної конструкції та принципу дії. Кожен із них має своє переваги та недоліки. До основних недоліків належать великі габарити та відповідно значна маса пристрою. Тому створення пристрою, здатного накопичувати надлишкову енергію потоку та ефективно віддавати її у періоди зниження параметрів (тиску та витрати), є актуальною задачею.

Запропонована конструкція прямооточного гідромеханічного акумулятора у своїй основі містить робоче колесо, що складається із втулки 1, з обтікачами 3 на двох її торцях, лопатей 2 у вигляді прямих пластин, та бандажу. Бандаж складається із корпусу 6, виконаного зі сталі та наповненого матеріалом 7 із високою густиною (наприклад свинцем). Зовнішня циліндрична поверхня бандажу утворює з втулкою 5 циліндричну щілину, а бічні поверхні з кільцями 4 – торцеві щілини. Втулка 5 та кільця 4 розміщені у корпусі 8.

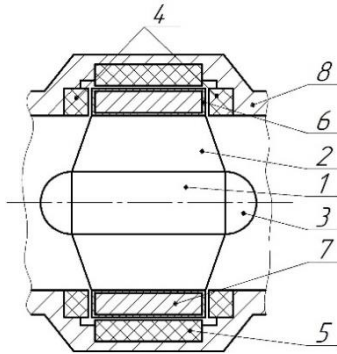


Рисунок 5 – Прямоточний акумулятор

Бандаж на колесі виконує подвійну роль. По-перше, за рахунок циліндричної та торцевих щілин він працює як підшипник (радіальний та упорний). По-друге, за рахунок значної маси він працює як маховик.

Під час руху потоку зі стабільними параметрами колесо обертається з постійною швидкістю. У періоди зростання параметрів потоку кути атаки на вході лопатей зростають і колесо отримує додаткову енергію, яку накопичує у собі маховик. Під час падіння параметрів кути атаки на вході зменшуються і колесо вивільняє накопичену енергію, віддаючи її потоку рідини.

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВИСОКОНАПІРНИХ ЗМІННИХ СТУПЕНІВ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

*Кондусь В. Ю., к.т.н. ст. викладач; Шевченко А.І., студентка
каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми*

Відцентрові насоси (рис. 6) використовуються у більшості галузей господарства. Зокрема їх ефективно застосовують у технологічних процесах нафтовидобутку для створення пластового тиску на нафтових родовищах. У зв'язку з підвищенням попиту на нафтопродукти на сьогоднішній день існує необхідність удосконалення таких насосів з метою збільшення пластового тиску шляхом підвищення їх напору.

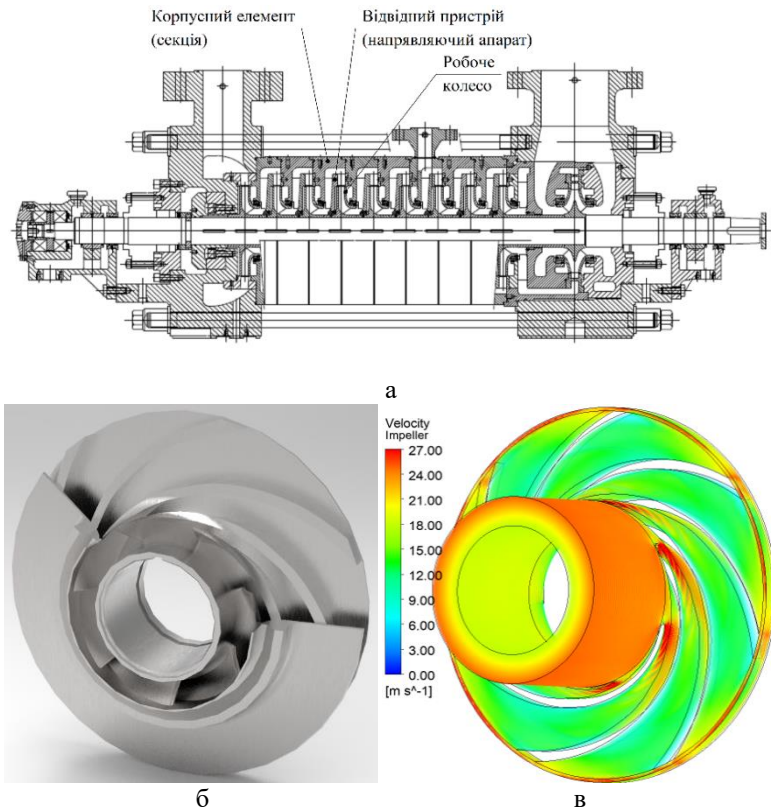


Рисунок 6 – Типова схема відцентрового багатоступінчастого насоса (а), конструкція тихохідного робочого колеса (б) та розподіл відносної швидкості в його міжлопатевих каналах (в)

Існуючі методи підвищення напору відцентрових насосів вимагають збільшення їх габаритних розмірів за рахунок збільшення діаметру робочого колеса, або збільшення частоти обертання валу насоса, що вимагає заміни електродвигуна на аналогічні з більшою частотою обертання. Таким чином, існуючі моделі удосконалення насосного обладнання вимагають значних інвестиційних витрат уже при підвищенні напірності до 10-15%.

Для забезпечення підвищення повного напору відцентрового насоса запропонована схема лопатевої системи робочого колеса, що відрізняється збільшеним кутом установки лопаті на виході з робочого колеса ($\beta_2 = 75^\circ$). Утворені міжлопатеві канали дозволили підвищити повний напір насоса до 13%. Однак, швидка зміна напрямку потоку і висока дифузійність міжлопатевих каналів робочого колеса призвела до виникнення зон додаткових гідравлічних втрат. Це погіршило ефективність (к.к.д.) робочого колеса.

Виконання лопатей другого ярусу робочого колеса дозволило стабілізувати потік у його міжлопатевих каналах, та зменшити додаткові гідравлічні втрати [1]. У результаті проведеного дослідження досягнуто підвищення повного напору вдосконаленого робочого колеса до 26,7% у порівнянні зі стандартним (рис. 7).

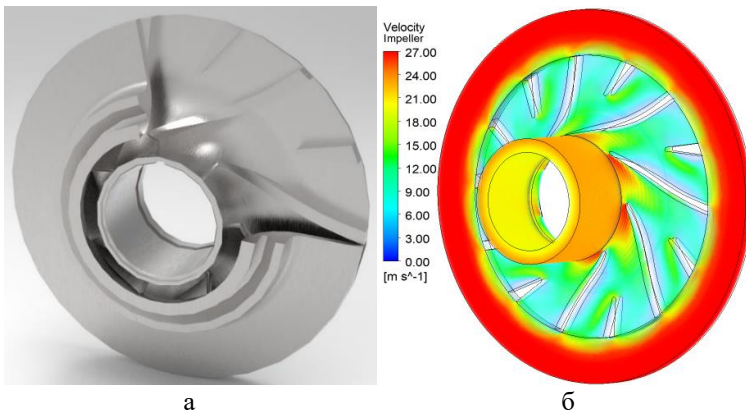


Рисунок 7 – Конструкція удосконаленого робочого колеса (а) та розподіл відносної швидкості в його міжлопатевих каналах (б)

Список літератури

1. Kondus V. Investigation of the operating process of a high-pressure centrifugal pump with taking into account of improvement the process of fluid flowing in its flowing part / V. Kondus, O. Gusak, J. Yevtushenko. // J. Phys.: Conf. Ser. – 2021. – №1741. – С. 012012. Режим доступу: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1741/1/012012> [Доступно 2021].

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ПОТОКУ В ПІДВІДНОМУ ПРИСТРОЮ КОНСОЛЬНОГО ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ

Ворожка А. С., аспірант; Тягно О. В., аспірант; Папченко А. А. – к.т.н, доцент каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми

В сучасному промисловому світі активно реалізується тенденція підвищення технічного рівня робочих машин та механізмів з метою зниження споживання електричної енергії. Зокрема, в цукровому виробництві насосне обладнання споживає близько 40% електричної енергії, яка виробляється паровою турбіною. Очевидно, що модернізуючи насосне обладнання можливо значно зменшити споживання електричної енергії. Покращення енергетичних характеристик насосу шляхом його модернізації є однією з актуальних на даний час задач.

Одним із найменш досліджених питань робочого процесу відцентрового консольного насосу є вплив моменту швидкості потоку на вході до робочого колеса на напірну та енергетичну характеристики [1]. Більшість методик розрахунку відцентрових консольних насосів базуються на припущенні відсутності закрутки потоку на вході до робочого колеса.

Для дослідження зазначеного питання запропонована конструкція підвідного пристрою (рис.8), яка складається з ділянки труби діаметром 150 мм та довжиною 300 мм. Змінні спіралі виготовлено з різним кроком спіральної лопатки, що дозволяє отримувати різні значення моменту швидкості потоку.

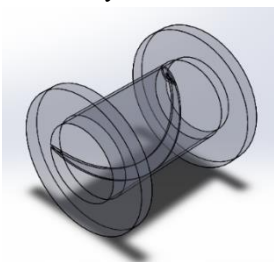


Рисунок 8 - Конструкція підвідного пристрою

Для проведення дослідження структури потоку в підвідному пристрою консольного відцентрового насоса використовувався програмний комплекс ANSYS CFX, обробка результатів проходила в постпроцесорі CFX-Post.

Таким чином, представлена конструкція підвідного пристрою змінює структуру потоку. Зміна моменту швидкості потоку на вході до робочого колеса впливає на значення напору насоса, його енергоефективності та призводить до зміни форми напірної та енергетичної характеристик.

Список літератури

Прищенко В. А. "Движение закрученного потока воды на входе в первое рабочее колесо центробежного насоса." Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Гірничо-електромеханічна.— 2009.—Вип 17.157 (2009): 228-234.

INFLUENCE OF RIBS ON VOLUTE-CASING WALLS ON CENTRIFUGAL PUMP EFFICIENCY

*A. Chernobrova, Ph.D. student, Faculty of Mechanical and Power Engineering,
Wroclaw University of Science and Technology, Wroclaw, Poland*

*Prz. Szulc, Ph.D., Faculty of Mechanical and Power Engineering, Wroclaw
University of Science and Technology, Wroclaw, Poland*

*M. Sotnyk, D. Sc, Faculty of Technical System and Energy Efficiency Technology,
Sumy State University, Ukraine*

O. Moloshnyi, Ph.D.

One of the important elements of the centrifugal pump, which directs flow from the impeller to the pressure pipeline is a volute casing. It is important to carry out its research and modernization. The conducted research focuses on the influence of ribs on a volute-casing wall on centrifugal pump efficiency.

The research was conducted on two centrifugal pumps. First was a double-entry pump with value of specific speed (n_q) 16, design head 26 m, nominal flow rate (Q_{nom}) 105 m³/h, rotational speed 1460 rpm. The area of the spiral calculation cross-section is 14.7 cm². Seven ribs were located along the spiral part of the volute. They started from a cross-section located at 25° from a spiral calculation cross-section and stretch out to the exit of the volute diffuser. Ribs parameters were height 3 mm, width 3 mm, and the distance between ribs 3 mm. The area of the ribs is 1,5% of the area of the spiral calculation cross-section.

The second object of research was a single-stage radial pump with the area of the spiral calculation cross-section smaller than 4,5 times. The value of specific speed (n_q) of this pump was 11, design head 24 m, nominal flow rate 24 m³/h, rotational speed 1450 rpm. There were three ribs with the same parameters and locations as in the first pump. The area of the ribs is 3% of the area of the spiral calculation cross-section.

The numerical simulations of the working process of both pumps were performed in ANSYS CFX. The numerical model of both pumps consisted of an inlet pipeline, an impeller, a volute-casing, and an outlet pipeline. The total number of elements was 10 million and 7 million respectively.

The analysis of pumps' working parameters was carried out for cases with different flow rates. Total pressure and velocity distribution were similar for both cases with and without ribs. The flow had a whirlwind structure except for the zone between ribs. It was observed that the efficiency of the first pump increased by about 1,5%. Such a small increase in efficiency can be explained by the ribs effect on the near-wall fluid layer which is not so significant in a volute-casing with a wide inlet in volute-casing. For the second pump, it was observed decies of the pump efficiency was 3%. This can be explained by a decrease of the cross-section area of the volute-casing, especially in the first half of the spiral.

The conducted research has shown that small and large ribs in volute-casing did not enough increase the pump efficiency.

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДНЗ №15 ШЛЯХОМ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

Чередник М. В., студент; Хованський С.О., доцент СумДУ, м. Суми

На розвиток господарюючих суб'єктів в нашій країні істотний негативний вплив робить висока частка енергетичних втрат, яка складає в середньому 8-12% і має стійку тенденцію до зростання у зв'язку з великим моральним і фізичним зносом. Саме значний вік будівель є причиною високого рівню фізичного зносу конструкцій та інженерних систем будівлі і відповідно низький рівень їх енергоефективності.

Об'єктом енергетичного обстеження є дитячий дошкільний заклад № 15 «Перлінка». Обстежувана будівля дитячого навчального закладу має централізовану систему тепlopостачання. Теплоносієм являється – вода. Система тепло розподілу однотрубна з нижньою розводкою. Будинок підключено до місцевої системи централізованого холодного та гарячого водopостачання.

Під час проведення інструментального обстеження з використанням тепловізора Fluke Ti 25 було виявлено проблемні місця, через які можливі тепловтрати з приміщень, а саме через:

- підвищена температура зовнішньої поверхні стіни свідчить про часткову втрату стінами теплoзахисних властивостей;
- через відкриття вікон;
- через вентиляційні отвори;
- крізь місця стіни де розташовані прилади опалення.

Проведені розрахунки річної енергопотреби будівлі на опалення, яке дорівнює 569782,26 кВт·год, а також на охолодження 89150,27 кВт·год. З розрахунків було визначено значення загального показника питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, що склав $EP = 196,51$ кВт·год/м³, отже відповідно до норм, отримане значення відповідає класу «G» енергоефективності будівлі.

Відповідно до норм, для підвищення енергоефективності будівлі до рівня C, потрібно провести ряд енергозберігаючих заходів. Для варіативності, пропонується два пакети заходів (А та Б). Одними с таких заходів є утеплення стін та плоского даху. Для утеплення рекомендується використовувати мінеральну вату. Невід'ємною частиною підвищення енергоефективності є встановлення нового індивідуального теплового пункту та здійснення модернізації системи опалення.

Для кожного з запропонованих пакетів було проведено оцінку аналізу інвестицій. Розраховані чистий дискontований дохід NPV, індекс прибутковості PI, внутрішня норма рентабельності IRR та дискontований термін окупності DPP.

Результат запровадження даних заходів дозволяють зменшити викиди парникових газів майже на 65% від базового значення в обох пакетах.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ РОБОЧИХ КОЛІС НАСОСУ УН SYNERFLOW

*Тягно О.В., аспірант; Овчаренко М.С., к.т.н.
каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми*

Конкуренентоздатність на світовому ринку це один з основних напрямків сучасних підприємств. Через постійні вимоги про підвищення продуктивності без зниження якості продукції підприємства потребують постійної модернізації технологічного обладнання. Впровадження в технологічну лінію виготовлення цукру, новітньої високопродуктивної випарної установки плівкового типу, призвела до виникнення проблеми в роботі насосів циркуляції сиропу, а саме виникненню кавітації.

Один з умов технологічного процесу виготовлення цукру є перекачування густого сиропу з високою температурою та з вмістом сухих домішок приблизно 50%. Головна умова, яка забезпечить стабільність роботи на цьому етапі, це безперервна подача сиропу з випарного баку до наступних стадій виробництва. Ці умови забезпечують насоси випарних установок, однак якщо почне утворюватися кавітація на робочих поверхнях насосу, це може викликати зрив (розрив) подачі сировини, що в свою чергу може викликати її кристалізацію, зупинку технологічної лінії виробництва. Через що підприємство зазнає значних фінансових втрат в наслідок простою.

Тому постає потреба у розробці нового насоса, з використанням якого буде знижено витрати на обслуговування та виробництво. Насос повинен відповідати вимогам ефективності, матиме уніфіковану конструкцію, низьку собівартість та зможе забезпечити кавітаційний запас на рівні 1,4 - 1,5 метрів.

Проведено випробування трьох варіантів проточної частини насосу: варіант 1 напіввідкрите робоче колесо з дворівневою системою лопатей та трилопатеvim передвключеним; варіант 2 напіввідкрите робоче колесо з дволопатеvim шнекомпередвключеним шнеком; варіант 3 закрите робоче колесо з дволопатеvim передвключеним шнеком. Варіант №1 показав, що на подачах 0,8-1,2 $Q_{отп}$ робота насоса була тихою та без значних вібрацій. подача була на рівні $Q=400-600 \text{ м}^3/\text{год}$. ККД насосу $\eta=0,69$. Випробування зразка №2 супроводжувалися меншими вібраціями у порівнянні з варіантом 1, однак у зразку №2 подача була близько $Q=300-400 \text{ м}^3/\text{год}$. ККД насосу $\eta=0,68$. Випробування зразка №3 показали найкращі результати, з точки зору шуму та вібрації – вони взагалі були відсутні на всьому діапазоні подач. ККД насосу становив 78%. Проте на практиці використання закритих робочих коліс при перекачуванні густих та гарячих рідин, через закупорювання каналів усередині закритого робочого колеса, може призвести до тривалих ремонтних робіт.

Тому найкращій варіант це використання напіввідкритого робочого колеса з дворівневою системою лопатей та передвключеним дволопатеvim шнеком.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

*Сохань А. О., аспірант; Сотник М. І., д.т.н., доцент,
каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми*

Наданий час перед світом постав мабуть найбільший виклик це зменшення використання вичерпних енергоресурсів. Різні галузі економіки потребують великої кількості енергії, а найбільшим споживачем є промисловість. Найбажанішим заміною вичерпним джерелам провідні лідери світу вважають альтернативну енергію, але науковці і експерти говорять, що наразі вони не можуть забезпечити весь об'єм промислової необхідності. Тому вони почали шукати інший вихід. І цим виходом став шлях на підвищення енергоефективності обладнання щоб зменшити кількість використання енергії, що в подальшій перспективі дасть змогу задовольнити потреби промисловості альтернативними джерелами енергії

Насосні агрегати є головними найпотужнішими споживачами електричної енергії. Дані прилади набули масове застосування у всіх галузях промисловості. Тому постає задача у збільшенні енергоефективності насосів. Є такі шляхи вирішення даної проблеми на етапі проектування:

Збільшення енергоефективності в насособудуванні можна досягнути за допомогою:

- зміщення оптимальної точки Q_{opt} щодо номінальної Q_{nom} при проектуванні (особливо актуально для насосів з низьким коефіцієнтом швидкохідності n_s) [1];

- узгодження роботи відведення і колеса з метою мінімізації сукупних втрат в насосі [1];

- вдосконалення методів профілювання проточних частин насосів:

- використання гетерогенної лопатевої системи [1];

- зміна дифузійного міжлопатевого каналів [1];

- використання підходів теорії оптимального управління (ТОУ) [1].

- підвищення об'ємного ККД: зниження перетоків в дискових паузах за рахунок модифікації щілинних ущільнень [1].

Ще одним етапом на якому можна зробити будь який насосний агрегат енергоефективними - це етап експлуатації. На відміну від багатьох інших видів промислового чи комерційного обладнання, ефективність більшості насосів знижуватиметься навіть за нормальної експлуатації. Без технічного обслуговування відцентровий насос з часом може втратити близько 10-15% від своєї початкової ефективності.[2]

Коли технічного обслуговування проводиться за технічними умовами проєктанта знижує можливість падіння енергетичної ефективності та

підвищує надійність насосів. Підхід до проектування та обслуговування систем, що базується на розрахунку вартості життєвого циклу, ясно показує переваги належної уваги до технічного обслуговування.

Хоча в багатьох системах витрати на енергію протягом усього терміну служби перевищують витрати на технічне обслуговування, оскільки надійна робота насосної системи часто має вирішальне значення для місця її використання, ефективне технічне обслуговування має більший пріоритет, ніж економія енергії. Розмова з компаніями про технічне обслуговування зазвичай отримує набагато кращий відгук, ніж розмова про енергозбереження, тому тісний зв'язок між технічним обслуговуванням та енергозбереженням є дуже важливим.[2]

Висновок

Є чимало методів збільшення енергоефективності наносних агрегатів. Краще за все вони працюють у індивідуальному порядку на завдання окремих підприємств і галузей промисловості.

Список літератури

1. А.В. Волков, А.Г. Парыгин, А.А. Вихлянцеv. Анализ перспективных направлений совершенствования насосных агрегатов нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств [Электронный ресурс] // Химическая техника №10 / 2018. Режим доступа: <https://chemtech.ru/analiz-perspektivnyh-napravlenij-sovershenstvovanija-nasosnyh-agregatov-neftehimicheskikh-i-neftepererabatyvajushhih-proizvodstv1/>

2. Анализ перспективных направлений совершенствования насосных агрегатов нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств [Электронный ресурс] // Химическая техника. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://chemtech.ru/analiz-perspektivnyh-napravlenij-sovershenstvovanija-nasosnyh-agregatov-neftehimicheskikh-i-neftepererabatyvajushhih-proizvodstv1/>.

ПОКРАЩЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОАКУМУЛЯТОРУ

*Сисенко В.В., аспірант; Ігнат'єв О.С., к.т.н., доцент,
каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми*

Одним із шляхів зменшення пульсацій та підвищення енергоефективності об'ємного гідроприводу є використання гідравлічних акумуляторів. Існує велика кількість конструктивних схем гідроакумуляторів. В результаті аналізу зазначених пристроїв та гідроприводів виявлено наступний недолік: зарядка акумулятора починає відбуватися тільки після досягнення певного рівня тиску. Відповідно ефективна робота відбувається лише для певного діапазону робочого тиску.

Авторами поставлена задача вдосконалення конструкції гідропневмомеханічного акумулятора, яка б забезпечувала повільне зростання швидкості руху виконавчого механізму за рахунок відповідного повільного зростання витрати робочої рідини через акумулятор,

Поставлена задача досягається тим, що в гідропневмомеханічному акумуляторі, який складається з корпусу, розділеного еластичною гумовою діафрагмою на рідинну та газову камери, з вхідним і вихідним патрубками, корпус компонується з циліндричної та конічної частин, при цьому в циліндричній частині тангенціально розміщено вхідний патрубок і співвісно з нею на опорній хрестовині встановлено обертове колесо, яке складається з втулки, диску та лопатей, а внизу конічної частини співвісно встановлений вихідний патрубок.

Використання запропонованої конструкції гідропневмомеханічного акумулятора з усіма суттєвими ознаками, включаючи відмінні, дозволяє завдяки поступовому зростанню витрат робочої рідини під час процесу початку роботи виконавчого механізму уникнути його швидкого руйнування.

Гідропневмомеханічний акумулятор (див. рис. 1) містить циліндричну 1 та конічну 2 частини. У циліндричній частині 1 встановлено еластичну гумову діафрагму 3, яка розділяє робочий об'єм на рідинну 4 і газову 5 частини. До циліндричної частини 1 приєднаний тангенціально вхідний патрубок 6. У нижній частині конічної камери 2 встановлено співвісно з нею вихідний патрубок 7. У циліндричній частині 1 на осі 8, закріпленій на хрестовині 13, встановлено обертове колесо 9, яке складається з втулки 10, диску 11 і радіальних лопатей 12.

Гідропневмомеханічний акумулятор працює наступним чином.

Робоча рідина через вхідний патрубок 6 надходить до циліндричної частини 1 акумулятора та набуває руху по колу. За рахунок силової взаємодії рідини з лопатями 12 робочого колеса 9 відбувається передача частини кінетичної енергії від потоку рідини до колеса 9, яке поступово збільшує свою

колову швидкість. У процесі зростання швидкості обертання колеса 9 кількість кінетичної енергії, яку втрачає рідина, зменшується, поступово зростає її витрата та відповідно швидкість руху виконавчого механізму. Вийшовши з обертового колеса 9, рідина через зазор між колесом 9, циліндричною частиною 1 акумулятора і хрестовиною 13 надходить до конічної частини 2 акумулятора і через вихідний патрубок 7 до виконавчого механізму.

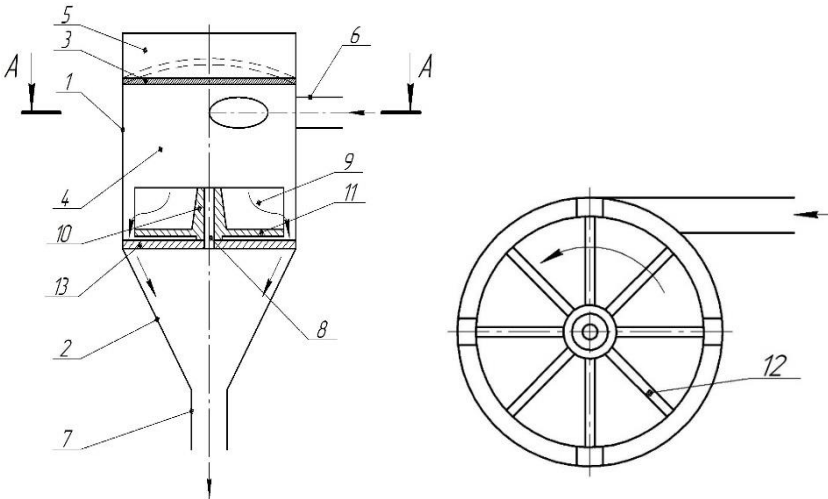


Рисунок 9 – Принципова схема гідропневмомеханічного акумулятору

За рахунок використання вказаної конструкції гідропневмомеханічного акумулятора досягається поступове зростання витрати робочої рідини під час процесу початку роботи виконавчого механізму, що призводить до відповідного поступового зростання швидкості руху виконавчого механізму та, як наслідок, зменшення ударних навантажень, які можуть призвести до його швидкого руйнування.

Список літератури

1. Башта Т. М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроительных вузов / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. - 4-е изд., стереотипное, перепечатка со второго издания 1982 г. - М: «Издательский дом Альянс», 2010. - 423 с.
2. Богданович Л.Б. Гидравлические приводы: Учеб. пособие для вузов. - Киев : Вища школа. Головное изд-во, 1980. - 232 с. - 30314. 2702000000

ВПЛИВ ПОЛОЖЕННЯ РОТОРА НАСОСА НА ВЕЛИЧИНУ ОСЬОВОГО ЗУСИЛЛЯ

*Лугова С. О., к.т.н., асистент; Маківський О. С., аспірант,
каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми*

При експлуатації відцентрового насоса з розташуванням робочих коліс типу «back to back» було виявлено, що під час пуску насоса на закриту засувку різко збільшується осьова сила, дія якої може призвести до виведення з ладу упорного підшипника.

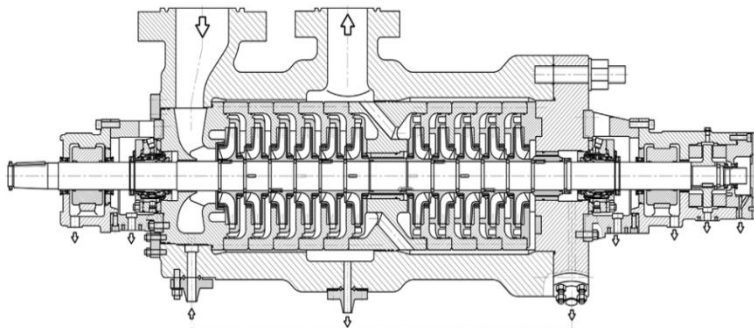


Рисунок 10 – Багатоступеневий насос з опозитним розташуванням робочих коліс

Був проведений пошук подібних проблем у літературі. Схожа проблема описана в книзі «Відцентрові насоси» Гюйліха. В результаті експериментів він визначив, що при роботі насоса на режимах подач, на яких виникає явище рециркуляції, значно збільшується вплив течії в бокових пазухах робочих коліс на величину та напрям осьового зусилля. Напрямок осьового зусилля залежить від зсуву ротора відносно статора. Якщо ротор зміщений в сторону покривного диска, зменшується перекриття пазухи основного диска і величина осьового зусилля на режимах рециркуляції суттєво збільшується в сторону всмоктування. Якщо ротор зміщений в сторону основного диска, зменшується перекриття пазухи покривного диска, тоді величина осьового зусилля на режимах рециркуляції змінює напрям, і збільшується в сторону нагнітання.

Аналіз даних, отриманих Гюйліхом, та накладення їх на існуючу модель показує, що для насосів з опозитним розташуванням робочих коліс осьова сила збільшується в два рази. На Сумському насосному заводі були проведені випробування такого насоса з визначенням величини осьового зусилля. Результати експерименту підтвердили припущення про значний вплив зсуву

ротора щодо статора на величину і напрямок осьового зусилля на режимах подач, менших 0,5-0,7 від Q_{opt} .

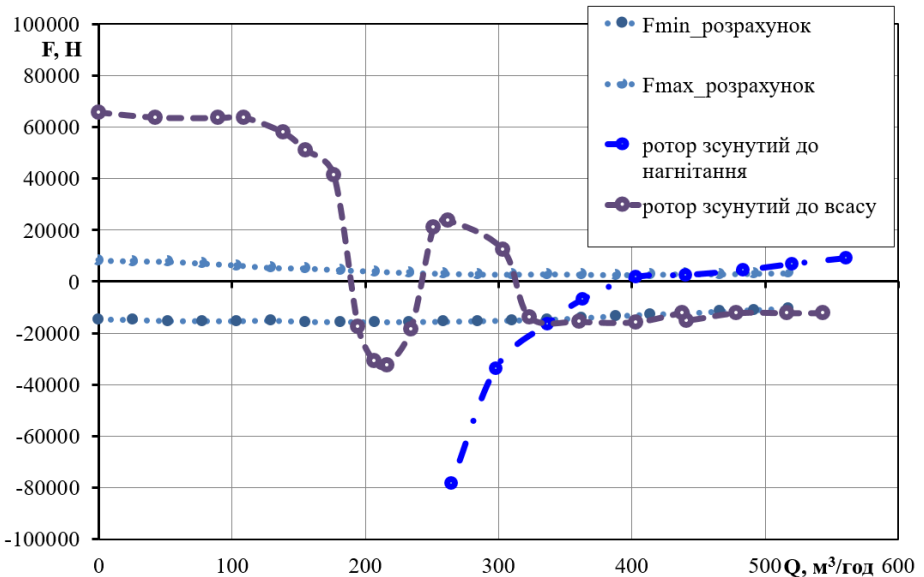


Рисунок 11 – Результати досліджень на випробувальному стенді

На рисунку 11 наведена діаграма, яка відображає залежність напрямку осьової сили від напрямку зсуву ротора. Ми можемо побачити, що при зсуві ротора в сторону нагнітання осьова сила значно збільшується і направлена в сторону нагнітання. При зсуві ротора в сторону всмоктування осьова сила направлена також в сторону всмоктування і значно збільшується. Також на діаграмі видно, що суттєве збільшення осьової сили виникає саме на режимах малих подач.

Підводячи підсумки був зроблений висновок, що для отримання розуміння що до робочого процесу, який має місце в пазухах відцентрового колеса і впливає на величину осьового зусилля, необхідно продовжити дослідження цього процесу чисельним методом.

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ПРИ ЇХ РОЗТАШУВАННІ У МІСЦЕВОСТЯХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД СУМСЬКОГО РЕГІОНУ

*Кулак Дар'я, студентка; Сотник М.І., д.т.н., доцент
каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми*

Активне впровадження вітрових електростанцій у місцевостях територіальних громад Сумського регіону наразі стримується декількома факторами: організаційно-фінансові проблеми при залученні необхідних інвестицій, не визначеність та, інколи, хибність результатів досліджень вітрового енергетичного потенціалу територій. За відкритими літературними джерелами відомо, що енергетичний потенціал вітру в межах Сумського регіону є доволі скромний і не дає особливих надій щодо впровадження вітрових електрогенеруючих установок великої потужності. Середня швидкість вітру вказується як 4...6 м/с, що не достатньо для ефективного функціонування вітрових електростанцій. Однак, проведені дослідження вітрової активності в межах територій територіальних громад цього регіону дають обнадійливий результат. Аналіз показує, що при визначенні середньої швидкості вітру дослідниками використовувались статистичні інформаційні масиви існуючих метеостанцій. Згідно їх методики швидкість вітру визначається на висоті 10 м над поверхнею землі. Відомо, що швидкість вітру зростає у залежності від висоти над поверхнею землі і при використанні загальноприйнятих методик, наприклад, при розрахунку швидкості вітру на висоті 60 м необхідно застосовувати підвищуючий розрахунковий коефіцієнт 1,43. Результати виконаного розрахунку енергетичного потенціалу вітру з використанням стандартних вихідних даних зведено у таблицю 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунку

Станд. дані, м/с	2	3	5	6	7	8	9
Розрах. дані, м/с	2,86	4,29	7,15	8,58	10,01	11,44	12,87

Виробники вітрових електрогенераторів вказують на початкову швидкість вітру для їх функціонування 3 м/с. При цьому номінальна потужність вказується близько 1 МВт при швидкості вітру 11 м/с. Висота розташування гондолої електрогенератора близько 60 м. Використовуючи розрахункові та статистичні дані щодо швидкості вітру, можна стверджувати, що до розрахунку доцільно прийняти діапазон швидкості вітру на територіях визначених громад від 2,86 м/с. Це значення відповідає статистичним даним метеорологічних досліджень 2 м/с. Тобто, виходячи з конструкційних особливостей вітрових електрогенераторів, які пропонуються на ринку (у тому числі і на вторинному) при оцінюванні вітрового енергетичного потенціалу та можливостей розміщення вітрових електростанцій, доцільно звертати увагу на території, які характеризуються вітровим енергетичним потенціалом, починаючи зі швидкості вітру 2 м/с, яку вказано на представлених схемах і картах раніше виданих наукових статей та довідників. Єдиною, у цьому сенсі, залишається проблема визначення «спектру» розподілу швидкості вітру, за яким можливо розрахувати коефіцієнти завантаження вітрогенераторів відповідної конструкції та потужності.

«СПЕКТР» РОЗПОДІЛУ ШВИДКОСТІ ВІТРУ ТА РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ЗАВАНТАЖЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ВІТРОГЕНЕРАТОРІВ І ПРОГНОЗНИХ ОБСЯГІВ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Онiщенко А., студент; Єгоров Є., учень 11 ФМ класу КУ ССШ № 10 м. Суми; Сотник М.І., д.т.н., доцент каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми

При формуванні техніко-економічних обґрунтувань доцільності впровадження та розташування на тих чи інших територіях вітрових електростанцій завжди постає питання ефективності використання (завантаження) їх номінальної електричної потужності.

Цей показник пропонується визначати через розрахунок коефіцієнта завантаженості номінальної потужності, виходячи зі «спектру» швидкостей вітру, які панують у даній місцевості протягом року. Важливим показником при цьому є швидкість вітру та період часу функціонування станції за діапазонами його показників.

Тобто розрахунок пропонується проводити за формулою $K_{zi} = \Phi_{ci} / \Phi_k$, де K_{zi} – коефіцієнт завантаженості електричної потужності станції при i -му значенні діапазону швидкості вітру; Φ_{ci} – період часу протягом року у якому спостерігається i -та швидкість вітру у визначеній точці місцевості (год / рік); Φ_k – календарний фонд часу протягом року (год / рік).

Ще одним показником, який є визначальним у даних розрахунках є паспортні дані вітрогенератора щодо потужності генерації електроенергії P_i за i -х значень швидкості вітру V_i , тобто залежність $P = f(V)$.

Визначивши «спектр» діапазонів швидкості вітру, знаючи період часу, протягом якого спостерігається i -та швидкість протягом року, визначивши коефіцієнти завантаженості вітрової станції у i -х діапазонах швидкості вітру та маючи паспортні дані щодо номінальної електричної потужності вітрогенератора не складно розрахувати електричну потужність та кількість виробленої електроенергії за рік i у кожному i -му діапазоні швидкості вітру.

Обсяг розрахункової прогнозованої кількості згенерованої електроенергії у період спостереження i -ї швидкості вітру A_i (кВт*год) пропонується визначати за формулою: $A_i = \Phi_k K_{zi} P_i$.

При цьому P_i має визначатися за виразом: $P_i = P_{ном} \beta_i$, де $P_{ном}$ – номінальна електрична потужність вітрової електростанції при розрахунковому значенні робочої швидкості вітру V_p , яка визначається конструктивними особливостями вітрогенератора та вказується у його паспорті, β_i – коефіцієнт, що характеризує зниження фактичної потужності генератора за i -х значень швидкості вітру V_i .

Загальний річний прогнозований обсяг генерації електроенергії $A_{річний}$ має визначатися як сума обсягів генерації у i -х періодах:

$$A_{річний} = \sum_{i=1}^n A_i = \sum_{i=1}^n \Phi_k K_{zi} P_i = \sum_{i=1}^n \Phi_k K_{zi} P_{ном} \beta_i ,$$

Основною інформаційною базою, за якою мають визначатися діапазони V_i та протяжність у часі періодів їх спостереження можуть слугувати архівні дані метеорологічних спостережень у визначеній для розташування вітрової електростанції місцевості.

ФОРМУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ЩОДО РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПРИ РОЗМІЩЕННІ ЇЇ НА ВИЗНАЧЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ

*Піддубний Богдан, студент; Сотник М.І.,
каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми*

Основним питанням, що постає при розгляді проекту розміщення вітрової електростанції на будь-якій території є визначення енергетичного потенціалу вітру, який панує у визначеній місцевості. Наразі він оцінюється швидкістю переміщення повітряних мас, тобто, швидкістю вітру V_v .

Швидкість вітру не є постійною за своїм модулем та напрямком вектору. Крім того, вона є змінною у залежності від висоти розташування приладів вимірювання над поверхнею землі. За стандартною метеорологічною методикою вимірювання швидкості вітру прийнято проводити на висоті 10 м, тому всі стандартні метеорологічні дані щодо вітрових показників, які надаються станціями стеження, наводяться для цієї висоти.

Відомо, що швидкість вітру зростає з висотою і може бути визначена за математичним виразом, який враховує початкову (базисну швидкість) вітру $V_{v \text{ баз}}$ за певної висоти (стандартна висота 10 м) та різницею висоти між базисною та досліджуваною $V_{v \text{ дос}}$.

Зважаючи на практику конструювання та експлуатації вітрогенераторів великої потужності, висоту розташування вісі обертання ротора генератора (з урахуванням довжини лопатей) частіше за все приймають близько 40...60 м.

Для визначення вітрового енергетичного потенціалу використовують статистичні дані багаторічних спостережень, якими можна скористатись для майже будь-якої точки земної поверхні, якщо відомо її географічні координати.

У цьому випадку розрахунки доцільно проводити за алгоритмом:

- 1) за наявним масивом статистичних даних визначити діапазон швидкості вітру з градацією його через кожний м/с;
- 2) визначити періоди часу у годинах (за місяцями, за рік) протягом яких спостерігався вітер визначеної швидкості;
- 3) на основі отриманих даних побудувати «спектр» розподілення швидкості вітру за місяцями, за рік, що вказує на частку часу від місячного чи річного фонду, протягом якого спостерігалась та чи інша швидкість вітру;
- 4) привести вказані базові величини швидкості до проектної висоти розташування вісі обертання вітрогенератора. Користуючись, паспортними даними вітрогенератора та розрахунковими даними, отриманими з використанням зазначеного алгоритму не складно розрахувати показники завантаженості проектної електричної потужності електрогенератора у залежності від швидкості вітру у даній місцевості. А, знаючи протяжність у

часі кожного періоду «спектру» швидкості вітру, достатньо просто розрахується загальний обсяг генерації електроенергії протягом року. Результати розрахунку за вищевказаними даними наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати розрахунку

$V_{в\ баз}$	4	5	6	7	8	9	10	11
$V_{в\ дос}$	5,72	7,15	8,58	10,01	11,44	12,87	14,3	15,73
завант. $P_{ном}$	0,26	0,42	0,66	0,71	0,86	1,0	1,0	1,0
% часу	21,0	18,0	12,0	7,0	4,0	2,0	1,0	0,5

ОГЛЯД МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗМАЩУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ПІДШИПНИКІВ

*Сухоставець Д.І., аспірантка; Сотник М.І. д.т.н., доцент
каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми*

Підшипники – найбільш вразлива деталь насосного агрегату. А термін служби підшипників напряму залежить від режиму тертя їх поверхонь.

Змащення створює тонку плівку між контактними ділянками в підшипнику, таким чином зменшує тертя, нагрівання та перешкоджає корозії кульок і доріжок кочення. Мастило впливає на максимальну швидкість і температуру, рівень шуму і, зрештою, термін служби підшипників [1].

Найчастіше використовуються мастильні матеріали на мінеральній або синтетичній основі. Існує багато різних типів, призначених для загального або високошвидкісного використання, низький рівень шуму, водонепроникність або екстремальні температури.

Силіконові мастильні матеріали мають широкий діапазон температур для застосування, хорошу водонепроникність і є безпечними для використання з більшістю пластмас. Вони не підходять для великих навантажень і швидкостей.

Перфторовані мастила або мастила PFPE негорючі, сумісні з киснем і дуже стійкі до багатьох хімічних речовин. Вони не вступають в реакцію з пластмасами або еластомерами. Багато з них мають підходять для застосування в вакуумі, а деякі витримують температуру понад 300°C.

Сухі мастильні матеріали використовуються там, де стандартні мастильні матеріали можуть спричинити забруднення, наприклад, у вакуумі. Популярні матеріали, такі як дисульфід молібдену або дисульфід вольфраму, можна полірувати або напилувати на кульки та доріжки кочення, щоб забезпечити плавну роботу та вищі швидкості, ніж підшипники без мастила.

Тверді полімерні мастильні матеріали складаються з синтетичного полімеру, просоченого мастилом, яке заповнює більшу частину внутрішнього простору підшипника. Цей тип мастила часто використовується в герметичних підшипниках у запилених середовищах або там, де витік мастила не допускається, наприклад, чисте середовище та застосування на вертикальному валу. Тверді мастильні матеріали мають відмінну водостійкість і витримують регулярне змивання. Вони також витримують високу вібрацію та високу відцентрову силу.

Амортизуючі мастила широко використовуються в автомобільних деталях для запобігання скрипу. Вони також використовуються для надання відчуття «якості» перемикачам, ковзанням, різьбленням і шестерень. З тієї ж причини їх можна використовувати в підшипниках, що повільно обертаються.

Харчові мастильні матеріали необхідні для харчової промисловості та виробництва напоїв, щоб відповідати суворим нормам гігієни. [2]

Висновок

Є чимало мастильних матеріалів і обраний вид повністю залежить від області їх майбутнього застосування.

Список літератури

1. Режими тертя. Змащувальні речовини і їх фізикохімічні властивості. Режим доступу:

https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:5d29afbbb0ab148c43a3679735f62e29bdc74f0d/20171002110040/485735/ilovepdf_com-8-18.pdf

2. Technical Data. Lubrication of Bearings. Mode of access: <https://www.ntn.co.jp/jimtof2004/eng/pdf/PrecisionBrgs-e/PrecisionBrgs-e-039.pdf>

АНАЛІЗ ПОТОКУ В ЗВОРТНОМУ НАПРЯМНОМУ АПАРАТІ НАПІВЛОПАТЕВОГО ВІДВІДНОГО ПРИСТРОЮ

Петренко С. С., аспірант; Панченко В. О., к.т.н., доцент
каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми

Економічність роботи і вартість виготовлення відцентрового компресора (насоса) завжди залежить від конструкції напрямних апаратів (НА), які забезпечують перетворення кінетичної енергії рідини або газу в потенційну енергію тиску [1]. Найбільшу простоту конструкції проточної частини компресора забезпечує напівлопатевий НА. Ступені високовитратних відцентрових компресорів з напівлопатевим апаратом мають зону безперебійної роботи та пологою характеристику коефіцієнта корисної дії (ККД). Економічність роботи цього відвідного пристрою, при малих витратах компресора, нижча за лопатевий відвідний пристрій. Цей недолік виникає в наслідок відриву потоку від бокових стінок.

В насосі найбільш економічним, з точки зору балансу енергій та ККД, залишається лопатевий НА [1]. Головним недоліком цього НА є складність виготовлення і проектування, що значно впливає на вартість насоса в цілому. В свою чергу, напівлопатевий НА в насособудуванні до цього часу практично не використовувався, лише для модернізації окремих частин лопатевих апаратів [2].

В роботі пропонується модернізувати конструкцію напівлопатевого апарата компресорного типу та використати його у відцентровому секційному насосі (ВНС), на заміну лопатевого, щоб спростити конструкцію проточної частини насоса.

Чисельні дослідження виконувалися за допомогою програмного продукту Ansys CFX учбова версія. В ході дослідження була спроектована лопатева решітка для зворотного каналу напівлопатевого напрямного апарату, яка забезпечує найменші втрати і створює на виході від'ємну циркуляцію. Також були побудовані графіки дифузорності для кожного варіанту. Циркуляція на виході із напрямного апарату залежить від кута установки лопатей. Тому для забезпечення найменших втрат при зміні геометрії лопатей потрібно, щоб крива на графіку дифузорності проходила максимально близько до кривої оптимального варіанту дослідження.

Зворотний НА є останнім елементом проточної частини проміжного ступеня. Метою зворотного апарату (рис. 13) є підведення рідини, що виходить з дифузора (переріз на радіусі R_5), до входу в робоче колесо (радіус R_6) наступного ступеня – переріз « R_0 », який співпадає з перерізом « R_0 » – вихід з зворотного НА [3].

На основі лопатевого НА [2] були спроектовані лопатки зворотного каналу (циліндричні, профільовані різної конфігурації) таким чином, щоб

отримати найменші втрати напору. Течія в зворотних каналах має велику нерівномірність в напрямку від робочої до тильної сторони лопаті. Це явище і призводить до таких втрат. Значні втрати енергії в напівлопатовому НА виникають внаслідок того, що витратна швидкість набагато менша за колову

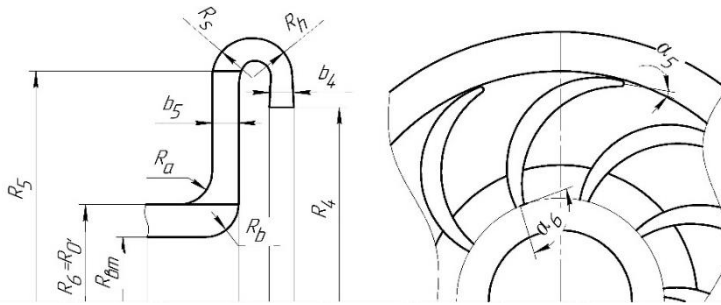


Рисунок 13 – Схема зворотного НА

Після проведення чисельного аналізу потоку в зворотному напрямному апараті отримано оптимальний варіант з профільованими лопатями, в яких товщина лопаті зменшується від периферії до центру. При таких значеннях отримано зменшення втрат напору і незначне підвищення ККД проміжного ступеня насоса. Оскільки дослідження проводилося на робочому колесі проміжного ступеня насоса ВНС, то таке підвищення напору може призвести до збільшення ККД насоса в цілому та дасть можливість зменшити кількість ступенів. Також слід зазначити, що дослідження проводилися при незмінній геометрії робочого колеса. Змінивши геометрію лопатей робочого колеса під від’ємну циркуляцію можна отримати зовсім інші результати.

Під час проектування решітки зворотного каналу апарату потрібно досить уважно слідкувати за зміною площі міжлопатового каналу. Для зменшення втрат слід профілювати лопатки таким чином щоб вони зменшували траєкторію руху рідини. Лопатки робочого колеса слід профілювати під від’ємну вхідну циркуляцію. Це повинно привести до збільшення ККД.

Список літератури

1. Кондусь В. Ю. Лопатеві насоси: навчальний посібник / В. Ю. Кондусь, О. І. Котенко. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 293 с.
2. Lugovaya, S., Olshtynsky, P., Rudenko, A. Revisited Designing of Intermediate Stage Guide Vane of Centrifugal Pump. *Procedia Engineering*, 2012. 223–230 pp.
3. Калінкевич М. В. Зворотні напрямні апарати відцентрових компресорів: навчальний посібник / М. В. Калінкевич, А. М. Калашніков. – Суми : Сумський державний університет, 2010. – 128 с.

ОБ'ЄДНАННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВ СФЕРИ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ МІСТА СУМИ І СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

*Кондусь В. Ю., к.т.н. ст. викладач
каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми*

Традиційно Сумська область є потужним центром енергетичного машинобудування, що визначає в якості пріоритетного напрямку розвитку господарської діяльності саме розвиток машинобудівного сектору [1].

Реалізація програми імпортозаміщення передбачає збільшення частки компресорного та насосного обладнання вітчизняних підприємств з високим ступенем вітчизняної локалізації в загальному обсязі реалізованого обладнання на території України [2].

Разом з тим нові виклики спричинені військовими та економічними чинниками диктують потребу в нових рішеннях для розвитку промислового потенціалу міста Суми, Сумської області та України в цілому.

Як результат, наразі існує нагальна потреба для пошуку нових ринків збуту енергетичного обладнання, зокрема насосів і компресорів, традиційним центром виробництва яких в Україні є місто Суми та Сумська область.

Об'єднання промислового потенціалу підприємств сфери насосо- та компресоробудування в єдиній організації, кластері, дозволяє підвищити ступінь їх інтеграції й посилити ділові зв'язки.

На сьогодні в м. Суми та Сумській області функціонують як великі підприємства, що виготовляють готову продукцію (компресори, насоси, станції), так і менші підприємства-постачальники комплектуючих запчастин для них (ущільнення, муфти тощо). Спільна робота на виставках, форумах, науково-технічних конференціях значно скорочує потреби в ресурсному забезпеченні маркетингової компанії підприємств на нових ринках.

Вбудовування вітчизняних поставників комплектуючих до ланцюгів доданої вартості європейських підприємств потенційно виглядає найперспективнішим в короткотерміновій перспективі способом виходу на ринки європейських країн, зокрема країн Європейського союзу.

Наразі в Україні широко представлені представництва іноземних виробників енергетичного обладнання, які займаються реалізацією готової продукції в багатьох галузях промисловості в межах всієї країни. В деяких випадках робота таких представництв забезпечується мінімальною кількістю персоналу (до 20 чол.), що втім не заважає контракувати поставки обладнання для більшості промислових підприємств України.

Такі представництва не створюють ланцюгів доданої вартості, не забезпечують створення додаткових робочих місць і часто навіть не мають

сервісних центрів для сервісу та ремонту власного промислового обладнання в межах України.

З цієї точки зору цікавим способом розвитку промислового потенціалу великих виробників енергетичного обладнання є залучення іноземних партнерів до спільного виробництва обладнання на потужностях вітчизняних підприємств, наприклад у вигляді крупноузлового збирання продукції підприємств-партнерів. Водночас такі підприємства можуть в подальшому виступати в якості надавача послуг з сервісу та ремонту енергетичного обладнання.

На сьогодні в м. Суми створено Сумський машинобудівний кластер енергетичного обладнання, який об'єднує в своєму складі підприємства сфери гідроаеромеханіки.

Підприємства-учасники кластера покривають потреби в обладнанні для сектору нафто- і газовидобутку, металургії, тепло- та водопостачання, водовідведення, хімічної промисловості, будівельних і дорожніх робіт, залізничного транспорту, тощо. Підприємства кластера постачають енергетичне обладнання для теплових і атомних електростанцій, підприємств сфери нафтопереробки, та ін.

Інтеграція Сумського машинобудівного кластера енергетичного обладнання в кластерну спільноту України та світу дозволить посилити зв'язки з профільними технічними організаціями й підприємствами сфери машинобудування щодо реалізації власного обладнання, розробки нової енергоефективної продукції, та забезпечення.

Залучення до кластеру Сумського державного університету потенційно дозволяє узгодити потреби промисловості в розробці новітньої продукції з можливостями університету як потужної наукової установи з центром науково-технічних досліджень у вигляді його науково-дослідної частини (НДЧ) та факультету Технічних систем і енергоефективних технологій (ТеСЕТ)

Саме розробка нових технічних рішень здатна забезпечити високий рівень конкуренції продукції на ринку, а отже і розвиток підприємств.

З іншого боку це дозволить посилити співпрацю промислових підприємств та університету в аспекті удосконалення навчальних програм підготовки кваліфікованих спеціалістів з урахуванням вимог роботодавців.

Список літератури

1. Кизим М. О. Український досвід формування кластерних структур / М. О. Кизим, В. Є. Хаустова. // Проблеми економіки. – 2012. – №1. – С. 3–11.
2. Галинська Ю. В. Кластеризація машинобудівних підприємств Сумської області як конвергенція бізнесу та науки / Ю. В. Галинська, Д. О. Живицький, Д. М. Галинський. // Вісник СумДУ. Серія "Економіка". – 2019. – №4. – С. 73–80.

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІВНЯ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ РОБОЧИХ КОЛІС, ВИКОНАНИХ МЕТОДОМ 3D ПРОТОТИПУВАННЯ

Ратушний О. В., к.т.н., доцент; Безсмертний О. С., аспірант, каф. Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ, Суми

Під час проектування насосного агрегату під замовника на параметри які необхідні, виникає питання вибору бази насоса. Яка в свою чергу визначає ціну насоса. Для розширення параметричного ряду насосів під індивідуальні параметри замовників, пропонується використовувати робочі колеса виготовленні за допомогою технології 3D друку.

В результаті виготовлення робочих коліс за допомогою пластику, можливо буде зменшити витрати на виготовлення насосного обладнання, а також збільшення діапазону регулювання насоса за рахунок зменшення моменту ротора інерції, що в свою чергу розширить робоче поле насосного агрегату.

Дана модифікація дозволить використовувати один насос під різні параметри, що в свою чергу дозволить зменшити ціну насоса, а також зменшити термін їх виготовлення за рахунок, виготовлення уніфікованих заготовок.

За результатами даного дослідження буде розроблена 3D модель робочого колеса, яка буде відтворена на 3D принтері та експериментально дослідження на практиці.

Розробка методики виготовлення робочих коліс та елементів проточної частини відцентрового насосу шляхом 3D друку. Збільшення напірної характеристики за рахунок зміни проточної частини насоса. Підвищення технологічного рівня виготовлення робочих коліс для спеціальних малосерійних насосів.

У якості базової моделі прийнято проміжну серійну ступінь відцентрового багатоступеневого насосу НМ-180/500. Насоси типу НМ - призначені для транспортування нафти та нафтопродуктів магістральними трубопроводами, відцентрові, горизонтальні, секційні, багатоступінчасті, однокорпусні або двокорпусні (НМ500-800 та НМ1250-400), з робочими колесами одностороннього входу, з підшипниками ковзання (з примусовим змащенням), з кінцевими ущільненнями. Призначені як для послідовної, так і паралельної роботи.

Напрямний апарат призначений для зменшення швидкості рідини, що виходить із робочого колеса. При цьому, кінетична енергія потоку частково перетворюється на енергію тиску: тиск на виході з направляючого апарату завжди більше, ніж при вході в нього.

Ступінь насоса включає в себе робоче колесо з просторовими лопатями. За допомогою SolidWorks були створені 3D моделі робочого колеса та напрямного апарату.

SolidWorks – програмний комплекс САПР (Система автоматизованого проектування) для автоматизації робіт промислового підприємства на етапах конструкторської та технологічної підготовки виробництва. Забезпечує розробку виробів будь-якого ступеня складності та призначення.

Для розрахунку використовувався програмний продукт ANSYS CFX.

Ansys CFX широко застосовується в турбомашинобудуванні для моделювання процесів, що відбуваються в насосах, вентиляторах, компресорах, газових і гідротурбінах, у тому числі при взаємодії обертових та нерухомих лопаток. Надійність і точність розрахунків забезпечують розпаралельований вирішувач і великий вибір фізичних моделей. Гнучкий графічний інтерфейс передбачає можливість налаштування та автоматизації процесу моделювання. В основу даного програмного продукту закладений метод чисельного вирішення фундаментальних законів гідромеханіки: рівнянь руху в'язкої рідини спільно з рівнянням нерозривності. Це є достатньою умовою обґрунтованості застосування результатів чисельного дослідження. Слід зазначити, що ANSYS CFX неодноразово випробувався при вирішенні задач насособудування, розбіжність результатів чисельного і фізичного моделювання не перевищує 5%, тому даний програмний продукт придатний для вирішення поставленого завдання дослідження.

Крім чисельного дослідження для використання безлопатевого напрямного апарату в масовому виробництві, потрібно провести натурне експериментальне дослідження. Воно покаже реальну картину дослідження та дасть змогу усунути недоліки. Для цього будуть використані технології 3D друку, за допомогою яких можна створити прототипи напрямних апаратів які будуть використовуватися в експериментальних дослідженнях для зменшення затрат на виготовлення прототипів (рис. 14).

3D друк - одна з форм технологій адитивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу (друку, вирощування) за даними цифрової моделі. 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 і фізичними властивостями за один процес складання.

На основі створених раніше 3D моделей деталей проточної частини, були виготовленні експериментальні зразки для дослідження



Рисунок 14 – Ступінь насоса створена методом 3D друку

Дана робота є початковим етапом дослідження доцільності застосування 3D друку в прототипуванні та виготовленні деталей насосного обладнання. Подальшим етапом буде виконання експериментального дослідження за наступними пунктами:

- порівняння металевого колеса з пластиковим (з тією самою проточною частиною);
- дослідження прототипів зі зміненою проточною частиною насоса;
- дослідження зі зміною частоти обертання та аналізом вібрацій;
- експеримент по потраплянню абразиву в насос;
- експеримент на зносостійкість то повне руйнування пластикових деталей.

РОЗРОБКА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО АГРЕГАТУ ГОМОГЕНІЗАТОРА ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КАРБАМІДО-АМІАЧНИХ СУМІШЕЙ

*Полковинченко В.В. - студент гр. ГМ-81/1, каф. ПГМ, СумДУ, Суми;
Лобуренко М.В. - м.н.с каф. ПГМ СумДУ, Суми
Овчаренко М.С. - к.т.н. каф. ПГМ СумДУ, Суми
Папченко А.А. - к.т.н, доц. каф. ПГМ СумДУ, Суми
Ковалев С.Ф. - к.т.н каф. ПГМ СумДУ, Суми*

Більшість сільськогосподарських підприємств України доволі активно використовують сучасні ідеї агровиробництва, які полягають у визначенні необхідних складових добрив, гербіцидів безпосередньо для ділянки землі, де вносяться засоби захисту рослин. За таких умов доволі часто виникає необхідність приготування добрив з певними характеристиками відмінними від стандартних. Зазначені обставини вимагають аграріїв відмовлятися від централізованого виробництва рідких комплексних добрив та ЗЗС та виготовляти їх в умовах власних аграрних підприємств.

Колективом наукових співробітників кафедри прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету виконано розробку автономної установки для виробництва рідких комплексних добрив, зокрема карбамід-аміачної суміші КАС-32.

КАС є рідким азотним добривом і широко використовується для прикореневого або позакореневого підживлення рослин.

Приготування КАС складається з декількох процесів: механічні, гідромеханічні, теплові, масообмінні та хімічні. Ці процеси прийнято вважати типовими процесами хімічної технології [2].

Для забезпечення необхідної концентрації продукту та безперервної надійної роботи пропонується розробка автоматизованої лінії приготування КАС.

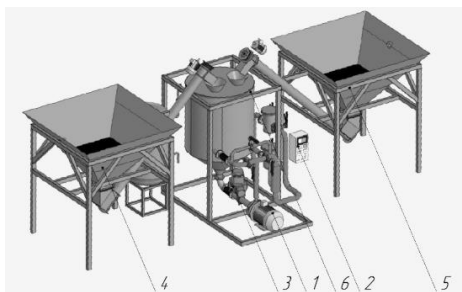


Рисунок 1. – автоматизована лінія приготування КАС

Принцип дії автоматизованої лінії приготування КАС: в ємність з водою 6, подаються карбамід з ємності 4 та аміачна селітра з ємності 5, отриманий розчин потрапляє до гомогенізатора 1, де відбуваються процеси нагріву, перемішування та перекачування. За допомогою блоку управління 2, відбуваються процеси регулювання вхідного клапану 3, температури, та подачі компонентів.

Основні процеси виробництва реалізуються за допомогою багатофункціонального агрегату гомогенізатора, який є машиною гідродинамічного принципу дії, що одночасно реалізує кілька процесів [3]:

а) підігрів робочого середовища в проточній частині гомогенізатора за рахунок інтенсивного перемішування;

б) процес подрібнення та гомогенізації продукту, який перекачується за рахунок високого градієнта швидкостей у порівняно невеликих зазорах проточної частини;

в) перекачування робочого середовища через проточну частину агрегату;

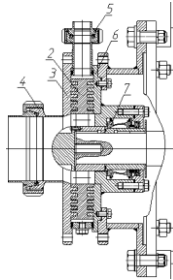


Рисунок 2. – Проточна частина гомогенізатора

Робочий процес відбувається наступним чином: до всмоктуючого патрубку 4 подаються компоненти, які надходять в проточну частину. Проточна частина складається із ротора 2 і статорних апаратів 3 та 6. За рахунок відцентрових сил та лопатевої системи суміш перекачується у напірний патрубок 5 [1].

Розроблена установка дозволить виконувати автоматизоване виробництво рідких комплексних добрив з якісним контролем всіх необхідних параметрів та забезпечувати індивідуальну потребу.

Список літератури

1. Овчаренко М.С. Стан дослідження та реалізації теплогенеруючих агрегатів. / А.А. Євтушенко, С.Ф. Ковальов, М.С. Овчаренко, О.О. Папченко // Вісник Сумського державного університету. Серія "Технічні науки". - 2008. - №4. - С. 86-92.

2. Кардашев Г.А. Фізичні методи інтенсифікації процесів хімічної технології/Г.А. Кардашев – М.: Хімія, 1990. 208с.

3. Овчаренко М. С. Дисertaційна робота на тему “Вплив конструктивних та режимних параметрів на енергетичні характеристики багатофункціонального гідродинамічного агрегату-гомогенізатора”.

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГЕТИЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ВИХРОВОГО КОМПРЕСОРА ДЛЯ БЛОКУ ВИРОБНИЦТВА СІРКИ

*Ванєєв С. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри технічної теплофізики;
Ніколаєнко Д. Р., студент групи ХК-81, СумДУ, м. Суми*

Вихровий компресор, що розроблюється, призначений для роботи у блоці виробництва сірки. Штатна відцентрова установка за останні 5 років роботи завантажена на 10-15% від проектної потужності, тобто у діапазоні параметрів, для яких рекомендовано використовувати вихрові машини.

Вихрові компресори ефективно використовуються в області малих витрат та високих напорів. За однакових умов для отримання таких самих відношень тисків робоче колесо вихрового компресора повинне мати окружну швидкість у декілька разів меншу, ніж робоче колесо відцентрового компресора, що обумовлює його високий коефіцієнта адіабатного і політропного напору (на номінальному режимі 2-5 і більше, у той час як для відцентрової ступені він менший 1).

Найбільш ефективним при використанні вихрових компресорів прийнято вважати для одного ступеня діапазон продуктивностей від 30 до 450 м³/год при підвищенні тиску (різниці тиску на вході і виході компресора) від 1,4 до 6,5 кПа. Щоб розширити цей діапазон вихрові компресори виконують багатоступеневими і багатопотоковими.

Максимум ефективності вихрових компресорів досягається при відносно малих окружних швидкостях, що часто дозволяє виконувати їх без мультиплікаторів.

Також важливими перевагами вихрових компресорів є «суха» проточна частина, надійність, безпека, порівняно невеликі маса і габарити, мінімальні витрати.

У роботі виконувалося дослідження впливу зовнішнього діаметра робочого колеса на параметри вихрового компресора.

У процесі роботи було проведено термогазодинамічний розрахунок одноступеневого вихрового компресора для оптимального режиму роботи, а також для режимів, відмінних від оптимального, з меншими масогабаритними показниками; було проаналізовано вплив зовнішнього діаметра робочого колеса на параметри компресора.

З метою підвищення ККД і зменшення зовнішнього діаметру робочого колеса були проведені розрахунки двохступеневого компресора за однакового ступеня підвищення тиску в ступенях компресора і виконано аналіз результатів розрахунку.

В результаті роботи до проектування рекомендовано двоступеневу схему компресора, що має діаметри робочих коліс 650/680 мм, ККД 46,5 % та споживану потужність 47 кВт.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ СТРУЙНО-РЕКТИВНИХ ТУРБІН

*Ванєєв С. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри технічної теплофізики;
Мірошниченко О. І., аспірантка., Родимченко Т. С., аспірантка., СумДУ;
Мірошниченко Д. В. науковий співробітник, ТОВ «НВП «АРМА-Т», м. Суми*

Куля Еола, колесо Сегнера та турбіна Лаваля є прообразом сучасних конструкцій струменево-реактивної турбін та конструктивно схожі на них. Класичні «сегнерові колеса» не набули широкого поширення як ефективні розширювальні турбомашини з низки причин, основними з яких є:

- складності у досягненні високих окружних швидкостей (частот обертання ротора), необхідних для ефективної роботи машини (отримання досить високого ККД);

- конструктивна проблема підведення газу в тракт ротора, що швидко обертається (звичайні контактні або лабіринтні ущільнення схильні до швидкого зносу та забруднення та/або допускають великий витік газу, значно знижуючи ККД турбіни);

- різке збільшення втрат на зовнішній аеродинамічний опір обертового ротора (в основному соплових трубок (плеч-консоль ротора)) при високих окружних швидкостях, що виключає досягнення прийнятних величин ККД.

Для усунення зазначених вище недоліків ведуться роботи з удосконалення конструкцій СРТ у реверсивному (застосовуваних у конструкції приводів кульових кранів) та нереверсивному виконанні (застосовуваних у турбодетандерних агрегатах).

Проблема підведення газу вирішується газодинамічним надзвуковим замиканням осьового зазору між статорною і роторною частинами та забезпеченням режиму течії по всьому тракту з малими втратами енергії за рахунок правильного вибору геометричних параметрів газового тракту. СРТ в даному виконанні, на відміну від лопаткових турбін, взагалі не має швидкозношувані або малозазорних лабіринтних ущільнень.

Ведуться роботи на зниження зовнішнього аеродинамічного опору робочих коліс різних конструкцій СРТ. Досягти цього можливо застосуванням в конструкції робочих коліс соплових трубок зручнообтічного поперечного перерізу. Робоче колесо може бути виконане у вигляді диска з внутрішніми радіальними каналами з соплами на периферії.

В результаті роботи були проаналізовані конструкції існуючих СРТ, схеми підведення газу до їх роторів та форма робочих коліс, визначені основні переваги та недоліки розглянутих конструкцій.

СТЕПІНЬ НЕРОЗРАХУНКОВОСТІ ТЯГОВОГО СОПЛА СТРУМИННО-РЕАКТИВНОЇ ТУРБІНИ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА КОЛОВИЙ ККД

Родимченко Т. С., аспірантка; Ванєєв С. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри технічної теплофізики; Мірошніченко О. І. аспірантка, СумДУ, м. Суми

Електроенергетична галузь для України є базовою галуззю для розвитку економіки та гарантією державного суверенітету. Нині у всьому світі гостро стоїть питання раціонального використання енергетичних ресурсів всієї планети. Доцільним шляхом вирішення такої задачі є утилізація вторинних енергоресурсів. Використовуючи турбогенераторні установки можна здійснити зменшення тиску та утилізувати потенціальну енергію надлишкового тиску газу або пари для виробництва електричної енергії. Такі установки можуть створюватися на базі струминно-реактивної турбіни (СРТ).

Робота була присвячена дослідженню газодинамічних процесів в проточному тракту струминно-реактивної турбіни. Задачею дослідження є оцінка впливу степені нерозрахунковості тягового сопла на коловий ККД струминно-реактивної турбіни.

Об'єкт дослідження. Робочі процеси, що протікають в струминно-реактивній машині.

Предмет дослідження. Параметри і характеристики струминно-реактивної машини.

Отримані формули колового ККД струминно-реактивної турбіни для: нерозрахункового режиму (ступінь нерозрахунковості $S > 1$) та з урахуванням різниці між швидкостями $W_{out,t} > C_{d,t,s=0}$; розрахункового режиму роботи ($S=1$) та при $W_{out,t} = C_{d,t,s=0}$; розрахункового режиму роботи і з урахуванням різниці між швидкостями $W_{out,t}$ та $C_{d,t,s=0}$; нерозрахункового режиму та без урахуванням різниці між швидкостями $W_{out,t} = C_{d,t,s=0}$. За наведеними вище залежностями зроблений аналіз та побудовані відповідно графіки.

Оцінений вплив степені нерозрахунковості тяги тягового сопла, та виявлено, що при збільшенні тиску на вході в підвідне сопло ККД турбіни зменшується та оптимум по ККД зміщується в сторону збільшення наведеної колової швидкості робочого колеса, як на розрахунковому так і на нерозрахунковому режимі роботи. Виявлено, що найбільшого значення ККД набуває при розрахунковому режимі роботи тягового сопла, тобто при $S = 1$.

Дана робота є проміжним етапом по дослідженню газодинамічних процесів в проточному тракту струминно-реактивної турбіни. Подальшим етапом роботи буде проведення експериментального дослідження СРТ на дослідному стенді та визначення впливу режимів роботи на ефективність струминно-реактивної машини.

РОЗРАХУНКИ ДВОСТУПЕНЕВОГО ВИХРОВОГО КОМПРЕСОРА

Ванєєв С. М., к.т.н., доцент; Стеценко С. С., магістр гр. К.М-11, м. Суми

Вихрові компресори за принципом перетворення енергії відносяться до машин динамічного принципу дії. Володіючи усіма перевагами цих машин вихрові компресори відрізняються простотою конструкції; безмасляною («сухою») проточною частиною; технологічністю і дешевизною виготовлення; стійкістю роботи у всьому діапазоні зміни режимних параметрів, тобто у них відсутнє явище помпажу, властиве відцентровим компресорним машинам. Максимум ефективності вихрових турбомашин досягається при відносно малих частотах обертання і колових швидкостях

Початковими даними для розрахунку є: властивості середовища - аміак; об'ємна продуктивність $V_e = 0,006 \text{ м}^3/\text{с}$; тиску всмоктування $p_0 = 400 \text{ кПа}$; нагнітання $p_k = 450 \text{ кПа}$; температура початкова $T_0 = 288 \text{ К}$; частота обертання валу електродвигуна є змінною: $n = 3000, 3500, 4000, 4500, 5000 \text{ об/хв}$. Особливістю завдання є вимога, що зовнішній діаметр робочого колеса може бути більше 250 мм.

Були виконані наступні розрахунки та проведено аналіз результатів цих розрахунків:

- термогазодинамічний розрахунок для оптимальних режимів роботи двоступеневого вихрового компресора при різних значеннях частоти обертання ротора; досліджували вплив частоти обертання ротора на параметри вихрового компресора;

- термогазодинамічний розрахунок для робочих режимів роботи двоступеневого вихрового компресора з заданими діаметрами робочих коліс при різних значеннях частоти обертання ротора; досліджували вплив частоти обертання ротора на параметри вихрового компресора.

Побудовані залежності геометричного комплексу, адіабатного ККД, споживаної компресором потужності та кінцевої температури від частоти обертання ротору для оптимального режиму роботи і при заданих зовнішніх діаметрах робочого колеса першого та другого ступеня.

Геометричний комплекс K_g для вихрових компресорів змінюється в діапазоні від 0,02 до 0,06. До 0,035...0,04 - виконання проточної частини рекомендується одноканальним, від 0,035...0,04 - двоканальним.

В результаті розрахунків встановлено, що:

1) для двоступеневої проточної частини на оптимального режиму роботи значення геометричного комплексу K_g значно нижче рекомендованих 0,02;

2) зі зменшенням зовнішнього діаметру робочого колеса геометричний комплекс K_g збільшується; для подальшого проектування прийнято проточну частину з зовнішніми діаметрами робочого колеса $D_2 = 0,250 \text{ м}$ та частотою обертання 4000 об/хв, оскільки на цьому режимі маємо досить велике значення ККД і допустиму частоту обертання ротора для наявного електродвигуна.

**СЕКЦІЯ «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНИХ
ВИРОБНИЦТВ. ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА»**

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ТИПУ «ПОВІТРЯ-ВОДА» ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

*Барна С. М., студент група ХКдн-84др, Баран В. В., викладач
Дрогобицький коледж нафти і газу; Мелейчук С. С., доцент, СумДУ, м. Суми*

Теплові насоси, здійснюючи зворотний термодинамічний цикл на низькокип'ячій робочій речовині, утилізують низькопотенційну теплоту природних, технологічних і побутових джерел і трансформують її на більш високий температурний рівень. При цьому первинної енергії витрачається в 1,2...2,3 рази менше, чим при прямому спалюванні палива. Енергетична ефективність теплових насосів залежить від характеристик теплових джерел, що беруть участь в термотрансформації. Найбільш доступним джерелом низькопотенційної енергії є навколишнє повітря. Тому, в останні роки теплові насоси типу «повітря-вода» отримали широке розповсюдження.

Теплові насоси даного типу доцільно використовувати у якості: систем автономного опалення для побутових та виробничих приміщень, систем гарячого водопостачання, вентиляції та кондиціонування приміщень, технологічного обладнання, зменшення відносної вологості побутових, складських приміщень, басейнів тощо. До беззаперечних переваг теплових насосів типу «повітря-вода» відносять можливість практично миттєвого запуску системи, без необхідності підтримання її постійної роботи, відносно низькі затрати на встановлення та експлуатацію системи. Але головним недоліком теплового насосу даного типу є використання низькопотенційного робочого середовища – повітря. Повітря має низьку теплоємність і в холодну пору року різко зменшує COP (коефіцієнт перетворення), що характеризує ефективність роботи установки в цілому. Таким чином, у моновалентному режимі установка може працювати за температури довкілля $+5..10$ °C. При зменшенні температури необхідно передбачити термічну підготовку повітря, що прокачується через зовнішній блок теплового насосу. Також висувуються вимоги до достатнього притоку повітря до випарника насосу, що складає не менше 2500 м³/год. Як правило роль випарника покладається на теплообмінні апарати пластинчастого типу, які характеризуються високою компактністю та ефективністю теплопередачі.

Система опалення на базі теплового насосу типу «повітря-вода» може функціонувати переважно у бівалентному режимі: початковим підігрівом у теплового насосі до рівня температур теплоносія в межах $45..55$ °C з послідовним догрівом у водонагрівачі. Для системи гарячого водопостачання цей рівень температур в переважній більшості випадків є достатнім. Дана робота присвячена визначенню енергоефективності з точки зору робочого діапазону використання теплового насосу за рівнями температур як по низькопотенційному середовищу, так і по середовищу теплоносія.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СХЕМНОГО РІШЕННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ПКХМ СЕРЕДНЬОЇ ХОЛОДОПРОДУКТИВНОСТІ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЦИКЛУ

*Козін В. М., к.т.н, доцент, старший викладач кафедри технічної
теплофізики; Пилипенко Д. А. студент гр. ХК-81, СумДУ, м. Суми*

Багато технологічних процесів вимагають використання наднизької температури (не вище $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$), що може бути створена та підтримуватися за рахунок роботи низькотемпературних холодильних машин. Наприклад, при охолодженні сталевих деталей до температур $-40 - (-50)\text{ }^{\circ}\text{C}$ триває процес перетворення аустеніту у мартенсит, що супроводжується збільшенням їх об'єму. Таке перетворення використовують для відновлення розмірів зношених деталей, стабілізації їх механічних властивостей після процесу загартування. Низькотемпературне охолодження деталей сприяє зменшенню їх розмірів, що застосовується для створення нерухомих посадок високої якості. Низькі температури широко використовуються у хімічній промисловості, наприклад, при виготовленні холороформу способом фотохімічного хлорування метиленхлориду, виробництві хлорметилу з метанолу, виробництві трихлоретилену тощо, а також для видалення твердих вуглеводнів при виготовленні високоякісних мастил, підготовці до транспортування природного газу та у багатьох інших технологічних процесах. [1] При цьому застосовувані холодильні машини повинні мати високу енергетичну ефективність, що не досягається використанням звичайних одноступеневих парокompресійних холодильних машин. Отже, необхідно застосовувати інші схемні рішення серед яких виділяють багатоступеневі та каскадні холодильні машини. При цьому необхідно вирішувати питання вибору як самої схеми, так і холодильного агенту або їх комбінування, а також надавати рекомендації стосовно вибору перехідних параметрів, наприклад, температур фазового переходу у конденсаторі-випарнику каскадної холодильної машини.

Разом з тим, починаючи з Віденської конвенції про збереження озонного шару 1985 р., Монреальського Протоколу про речовини, що руйнують озонний шар Землі (1987 р.), і включаючи наступні угоди, прийняті в Лондоні, Копенгагені, Відні та Монреалі, була створена велика програма збереження озону стратосфери Землі, спрямована, в першу чергу, на створення холодоагентів, альтернативних озоннебезпечним, нових видів холодильної техніки, полімерів, аерозолів, засобів пожежогасіння тощо.

Отже, разом з енергоефективністю до сучасних холодильних машин також застосовують суворі вимоги екологічної безпеки, які оцінюються такими показниками як, наприклад, ODP і GWP. У даний час перспективним є застосування натуральних холодильних агентів (аміак, діоксид вуглецю) та холодильних агентів, що не містять у своїй молекулі атомів хлору. Особливу популярність у наш час отримали вуглеводні – складові природного газу. [2]

З позицій досягнення максимальної енергетичної ефективності було проаналізовано різні схемні рішення: двоступенева ПКХМ зі змійовиковою проміжною посудиною, каскадна ХМ з верхній контур ПКХМ з субкулером, нижній – ПКХМ з регенеративним теплообмінником, а також модифікована каскадна холодильна машина на основі двоступенева ПКХМ зі змійовиковою проміжною посудиною у верхньому каскаді та одноступеневої ПКХМ з регенеративним теплообмінником у нижньому каскаді. Як холодильні агенти використовувалися екологічно безпечні аміак (R717) для верхнього каскаду та у двоступеневій ПКХМ, а для нижнього каскаду – діоксид вуглецю (R744), пропан (R290), а також фреони, що можуть застосовуватися у низькотемпературних циклах R13, R23 і R32.

Як показали результати варіативного розрахунку різних схемних рішень холодильних машин, найбільше значення коефіцієнта термотрансформації циклу ($COP = 2,07$) було отримано у двох випадках: за умови використання двоступеневої ПКХМ зі змійовиковою проміжною посудиною та модифікованої каскадної холодильної машини – це нове схемне рішення, не описане у профільній літературі. Додатково порівнюючи проміжні робочі параметри вказаних схемних рішень рекомендовано віддати перевагу модифікованій каскадній холодильній машини через забезпечення кращих умов експлуатації її компресорів, а саме, підтримання менших ступенів підвищення тиску та кінцевих температур холодильного агенту після стиснення. Ці показники позитивно впливають на безпеку роботи холодильної машини (включаючи термічне саморозкладання мастила та його обуглення на поверхні циліндру компресора), що підвищує надійність його роботи, а сам компресор матиме підвищений коефіцієнт подачі.

Дослідження вибору холодильного агенту нижнього каскаду з позицій енергозбереження показали, що найбільший COP матиме місце для такої комбінації холодильних агентів: холодильний агент верхнього каскаду R717, холодильний агент нижнього каскаду R290. Вказані холодильні агенти є екологічно безпечними, що відповідає умові завдання. Гіршу ефективність виявили такі холодильні агенти, що раніше традиційно використовувалися у нижньому каскаді, як R13 і R23. Недостатню ефективність показав R744, який у даний час часто рекомендується до застосування у каскадних циклах.

За результатами числових досліджень виявлено, що при виборі проміжної температури фазового переходу каскадного циклу можна задаватися температурою конденсації нижнього каскаду як середнє арифметичне $t_{KH} = 0,5(t_0 + t_k)$. При цьому буде збережена найбільша енергетична ефективність циклу з позицій величини COP .

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Козін В. М. Холодильні технології : навч. посіб. / В. М. Козін, Ю. М. Вертепов. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 189 с.
2. Морозюк Т. В. Теория холодильных машин и тепловых насосов. – Одесса: Студия «Негоциант», 2006. – 712 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ШЛЯХОМ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО ТИПУ КОМПРЕСОРА

Шарапов С. О., к.т.н, доцент, старший викладач кафедри технічної теплофізики, Чертков Р. С., магістрант, гр. К.м-11, СумДУ, м. Суми

Ефективність холодильних машин залежить, в першу чергу, від правильного вибору всіх апаратів, які входять до її складу. Основним елементом холодильної машини є компресор. Існує багато робочих параметрів, які потрібно враховувати при виборі типу компресора, включаючи діючі норми і стандарти. Таким чином, підбір типу компресора – це важлива процедура, що вимагає обліку багатьох чинників.

Для правильного вибору типу компресора, необхідно розуміти, для яких потреб він буде застосовуватися, а також необхідно зважати на його розрахункові параметри, такі як тиск, температура, продуктивність та ін., визначити тип компресора. Дані про газ, необхідну продуктивність, тиск і температуру на всмоктуванні, а також тиск на нагнітанні є одними з основних параметрів для вибору типу компресора. Вибір типу компресора спирається на термодинаміку як базову теорію стиснення газу, порівняння декількох типів компресорів, теорію розрахунку та підбору, а також формули для розрахунку компресора.

Було виконано розрахунок трьох типів холодильних компресорів об'ємної дії – поршневого, гвинтового та спірального. Розрахунок виконано у програмному забезпеченні компанії Bitzer, яке є безкоштовним та доступним в мережі інтернет.

Проаналізувавши результати розрахунків, можна зробити висновок, що найбільше задовольняє вимогам спіральний компресор. У ньому найменша споживана потужність на одиницю холодопродуктивності. Також визначальним фактором у виборі спірального компресора став коефіцієнт перетворення циклу (COP), який складає 5,3. Лише поршневий компресор 4NES-12Y-40P може конкурувати з ним, тому що має COP = 5,32, але за всіма іншими показниками він гірший, ніж спіральний.

Другим за важливістю фактором є масова витрата холодильного агента у співвідношенні з об'ємною продуктивністю компресора, яка у спірального також є найменшою.

Не можна залишити без уваги й масогабаритні показники порівнюваних компресорів. Тут, знову ж таки, лідерство за спіральним компресором. У нього найбільше співвідношення потужності на одиницю маси і, відповідно, найменше споживання від електромережі.

Порівнюючи межі застосування кожного з видів компресорів і враховуючи положення робочої точки, можна зробити висновок, що всі вони працюють у допустимих межах та мають значний запас за температурою всмоктування. Найбільший цей запас у поршневих компресорів, який складає 50 град., на другому місці гвинтові та спіральні компресори, у яких він знаходиться на рівні 40 град.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯК МЕТОД ЯКІСНОГО НАВЧАННЯ СУЧАСНОГО ІНЖЕНЕРА

Козін В. М., ст. викладач; Червяченко М. К. студентка гр. ХК-81, СумДУ

Експеримент – це апробація знання досліджуваних явищ в контрольованих або штучно створених умовах. Це важливий елемент наукової практики та вважається основою теоретичного знання, критерієм його дійсності. Його проводять на заключному етапі дослідження і він є критерієм істини теорії і гіпотез. Експеримент також у багатьох випадках є джерелом нових теоретичних даних, які розвиваються на базі результатів проведеного досліді або законів, що виходять з нього. Основною метою експерименту є перевірка теоретичних положень (підтвердження робочої гіпотези), а також більш широкого і глибокого вивчення теми наукового дослідження. Експериментальне дослідження не можливе без створення експериментального стенду, який поєднує у собі основні та допоміжні фізичні компоненти, що утворюють фізичний контур у якому здійснюється досліджуваний цикл. Також до експериментального стенду належать системи автоматизації і вимірювальні засоби.

Розроблення та фізичне створення експериментального стенду і виконання здобувачем на ньому досліджень дозволяє суттєво підвищити якість сучасного інженера, його конкурентоспроможність на сучасному жорсткому ринку праці. Саме тому це повинно стати сучасним трендом підготовки здобувача вищої освіти у нашій країні.

Автором роботи у межах практичної підготовки було створено експериментальний стенд на основі побутового кондиціонера Samsung AQ09 як зразок холодильної машини (теплового насоса) парокомпресійного типу з наступним дослідженням впливу режимних параметрів на експлуатаційні характеристики. Як відомо, вказаний тип кондиціонера належить до пристроїв типу «повітря – повітря», який є найбільш поширеним через простоту монтажу, експлуатації, ремонту, а також завдяки порівняно низькій вартості.

Створений стенд дозволяє імітувати розрахункові та спеціальні нерозрахункові режими роботи, а також можливі несправності у обладнанні. Автором було зімітовано декілька режимів роботи кондиціонера: на різних витратах охолоджуваного повітря у внутрішньому блоці, наявність забруднення блоків, а також залом фреонової магістралі.

Результати експериментальних досліджень були підтверджені числовим моделюванням з побудовою характеристики випарника для двох режимів: номінальної та зниженої витрати охолоджуваного повітря внутрішнього блоку. Так було поєднано теоретичну і практичну частини комплексної підготовки здобувача, що є важливим підсумковим етапом та дозволяє якісно зафіксувати вміння, закладені програмними результатами навчання за освітньою програмою.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ НА ОСНОВІ ВИХРОВИХ РОЗШИРЮВАЛЬНИХ МАШИН ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

*Ванєєв С. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри технічної
теплофізики; Смоленко Д. В., аспірант, СумДУ, м. Суми*

Внаслідок російської військової агресії в Україні зруйновано та пошкоджено багато суспільно важливих об'єктів, серед яких теплові електростанції (ТЕС), теплоелектроцентралі (ТЕЦ), газорозподільні станції (ГРС). Також постраждали сховища енергоресурсів та газопроводи, що викликає переривання звичних ланцюгів забезпечення потреб критичної інфраструктури та може викликати дефіцит енергоресурсів. Заподіяна шкода також і промисловим підприємствам, що може згубно вплинути на обсягах виробленої ними продукції.

Відновлення таких об'єктів доцільно проводити з впровадженням нових технологій. Такий підхід дозволить не лише отримати більшу ефективність, а й бажану екологічність, поступово зменшуючи вуглецевий слід та залежність від викопного палива. Зважаючи на великий масштаб руйнувань, можливо досягти значного прогресу.

Добре відомо, що газотранспортна мережа України і до цього потребувала модернізації, але тепер її часткова реконструкція через пошкодження елементів невідворотна. Одним з важливих кроків є заміна вузлів дроселювання газу на турбодетандерні агрегати для отримання корисної потужності замість марної втрати перепаду тиску на регуляторах. Такі енергозберігаючі турбогенератори можуть бути використані там, де наявний надлишковий тиск газу, отже, вони підходять для інтеграції у системи теплопостачання та впровадження на різних промислових підприємствах для отримання додаткової теплової та електричної енергії.

Встановлення турбогенераторів допоможе відновленню роботи машинобудівних підприємств, які будуть їх виготовляти, а, значить, і підтриманню економіки. Доцільним є використання саме вихрових розширювальних машин для основи вищевказаних агрегатів, адже важливою їх перевагою над конкурентами у даний час є відносна простота виготовлення та низька собівартість, а надійність роботи, невимогливість обслуговування, низькооборотність, стабільні вихідні характеристики і малі габарити тощо – завжди.

Використання вихрових машин для турбогенераторів має особливу перевагу і на газорозподільних станціях, де для боротьби з утворенням відкладень гідратів при охолодженні газу, як правило, використовують його підігрів. У такому випадку можливе визначення робочих областей агрегатів, де норми температури при газопостачанні будуть забезпечуватися без додаткової витрати газу. Такий підхід веде до подальшого спрощення та здешевлення установки, більшої екологічності та економії енергоресурсів, що тепер особливо важливо.

Наукове видання

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

МАТЕРІАЛИ
та програма

ІХ Всеукраїнської
науково-технічної конференції
(м. Суми, 19–22 квітня 2022 р.)

Відповідальний за випуск О. Г. Гусак
Комп'ютерне верстання: Х. В. Берладір, І. В. Павленко
Обкладинка: Х. В. Берладір

Стиль та орфографія авторів збережені.

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 14,03. Обл. вид. арк. 17,23. Тираж 100 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.