МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

МАТЕРІАЛИ
та програма

VIII Всеукраїнської
науково-технічної конференції
(м. Суми, 20–23 квітня 2021 р.)

Суми
Сумський державний університет
2021

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 VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 20–23 квітня 2021 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 291 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, 2021

Шановні пані та панове!

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій Сумського державного університету запрошує Вас взяти участь у роботі VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні технології у промисловому виробництві (СТПВ-2021)».

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. Опір матеріалів і машинознавство.
6. Динаміка і міцність, комп'ютерна механіка.
7. Екологія і охорона навколишнього середовища.
8. Хімічна технологія та інженерія.
9. Хімічні науки.
10. Гідравлічні машини і гідропневмоагрегати.
11. Енергозбереження енергоємних виробництв (прикладна гідроаеромеханіка).
12. Енергетичне машинобудування.
13. 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 – В. О. Іванов, зав. каф. ТМВІ, д-р техн. наук, професор.
Секретар – Д. В. Требухов, аспірант.

21.04.2021 р. Початок о 13:00, ауд. ЛА-213

1. Проект модернізації токарно-карусельного верстата моделі 1512.
   Доповідач: Полулях О. В., студент гр. ВІ.м-01.
   Керівник: Алексєєв О. М., проф. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

2. Руйнування наросту у процесі утворення елементної стружки.
   Доповідач: Медведєв Б. В., студент гр. ВІ-81.
   Керівник: Швець С.В., доцент каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

3. Теоретичне обґрунтування паралельного перенесення вектора сили у компенсаторі системи «прес-штамп».
   Доповідач: Глазко В. В., аспірант кафедри обробки металів тиском.
   Керівник: Кухар В. В., д-р техн. наук професор, завідувач кафедри обробки металів тиском, Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь.

4. Дослідження впливу режимів різання на шорсткість поверхні при свердлінні отворів у пакетах вуглеплстик/ титановий сплав.
   Доповідач: Баскаков Е. В., студент гр. ТМ-71.
   Керівник: Колесник В. О., ст. викл. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

5. Обробка деталей складної геометричної форми на верстаті з паралельною кінематикою.
   Доповідач: Требухов Д. В., аспірант.
   Керівник: Алексєєв О. М., проф. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ МАНИНОБУДУВАННЯ»

Голова – В. О. Іванов, зав. каф. ТМВІ, д-р техн. наук, професор.
Секретар – Д. В. Требухов, аспірант.

22.04.2021 р. Початок о 13:00, ауд. ЛА-213

1. Застосування евристичних прийомів при проектуванні верстатних пристроїв.
Доповідач: Коба Д. Р., студент гр.ТМ.м-01.
Керівник: Кушніров П. В., доцент каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

2. Оптимізація геометричних параметрів конструкції верстатного пристрою.
Доповідачі: Сахно М. С., студент гр. ТМ.м-01;
Дмитренко Н. Р., студент гр. ТМ.м-91;
Маленко Р. Г., студент, гр. ТМ.м-92;
Кудряшов В. С., студент, гр. ТМ.м-92.
Керівник: Євтухов А. В., доцент каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

3. Підвищення якості циліндричних підшипникових поверхонь валів шляхом суперфінішування за способом подвійної осциляції брусків.
Доповідач: Юсупов Д. А., студент гр. ТМ-71.
Керівник: Євтухов А. В., доцент каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

4. Обгрунтування та особливості розроблення контрольно-вимірювального пристрою для пустотілих валів.
Доповідач: Вєщєнікін В. О., студ. гр. ТМ.м-01.
Керівник: Дегтярьов І. М., ст. викл. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

5. Перспективи застосування штифтових конічних з'єднань у конструкціях переналагоджувальних верстатних пристроїв.
Доповідач: Герасько К. Р., студент гр. ТМ.м-01.
Керівник: Дегтярьов І. М., ст. викл. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

6. Дослідження впливу пружніх характеристик армованого композиційного матеріалу на міцність гвинтового з'єднання з круглою різьбою.
Доповідач: Сидоров Ю. Є., студент гр. ВІ.м-01.
Керівник: Довгополов А. Ю., викл. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

7. Системно-структурне моделювання операцій свердлильно-фрезерно-розточувальної групи на прикладі оброблення деталей типу кришки підшипника

Доповідач: Тверезовський І. С., студент гр. ТМ-71.
Керівник: Дегтярьов І. М., ст. викл. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

8. Вібраційно-відцентрове зміцнення циліндрових втулок бурових помп.

Доповідач: Погорілий Ю.О., студент гр. МП-22.
Керівник: Кусий Я. М., доцент кафедри робототехніки та інтегрованих технологій машинобудування, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів.

9. Пристрій для автоматичного затискання деталей складної форми.

Доповідач: Сидоров Ю. Є., студент. гр. ВІ.м-01.
Керівник: Некрасов С. С., доц. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

10. Удосконалення конструкції вала-шестерні шляхом нанесення металевого покриття.

Доповідач: Лазарєв М. С., студент гр.ТМ.м-01.
Керівник: Нешта А. О., ст. викл. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

11. Лазерний верстат.

Доповідач: Амелін М. М., студент гр. ТМ-71-9.
Керівник: Іванов В. О., зав. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

12. Підвищення ефективності оброблення деталей типу кронштейни.

Доповідач: Колос В. О., аспірант.
Керівник: Іванов В. О., зав. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

13. Модульний верстат.

Доповідачі: Шоломицький О. Л.,студент гр. ТМ-71-9;
Беседін М. Є., студент гр. ТМ-81/1.
Керівник: Іванов В. О., зав. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

14. Методика розрахунку жорсткості гнучкого верстатного пристрою для оброблення деталей типу вилки.

Доповідачі: Шоломицький О. Л., студент гр. ТМ-71-9;
Амелін М. М., студент гр. ТМ-71-9;
Андрусишин В. К., аспірант.
Керівники: Іванов В. О., д-р техн. наук, проф., зав. каф. ТМВІ;
Павленко І. В., д-р техн. наук, проф. каф. КМ, СумДУ, м. СумДУ.

СЕКЦІЯ «СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ»

Голова – К. О. Дядюра, проф. каф. ТМВІ, д-р техн. наук, професор.
Секретар – Д. В. Требухов, аспірант.

21.04.2021 р. Початок о 13:00, ауд. ЛА-213

1. Застосування діаграми ісікави для встановлення факторів, що впливають на безпеку матеріалів на основі кальцій гідроксиапатиту.
Доповідачі: Чернобровченко В. С., аспірант;
Мчедлішвілі Н. С., студент гр. МЦ.м-806.
Керівник: Дядюра К. О., проф. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

2. Якість процесу контролю параметрів складнопрофільних виробів.
Доповідачі: Царицин В. О., аспірант;
Корнієнко А.О., студент гр. ТМ-81.
Керівник: Денисенко Ю. О., ст. викл. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

3. Стандарти для прогнозування та дослідження біологічної дії медичних виробів на стадії вибору матеріалів.
Доповідачі: Чернобровченко В. С., аспірант;
Хвостова В. К., студ. гр. СТ.мз-02с.
Керівник: Дядюра К. О., проф. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

4. Інтероперабельність на етапах життєвого циклу складних виробничих систем.
Доповідачі: Залога Р.О., аспірант;
Гриценко О.О. студент, гр. МБ-91/2мб.
Керівники: Дядюра К. О., проф. каф. ТМВІ;
Залога В. О., проф. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

5. Стандарти корпоративного управління.
Доповідач: Сушко В. В., студ. гр. СТ.мз-02с.
Керівник: Дядюра К. О., проф. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми.

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ І МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

Голова – О. П. Гапонова, зав. каф. ПМіТКМ, канд. техн. наук, доцент.
Секретар – Х. В. Берладір, канд. техн. наук, ст. викл.

22.04.2021 р. Початок о 9:50, ауд. Ц-222

1. Вибір зміцнюючої термічної обробки деталі «лонжерон» крила літака з титанового сплаву.
Доповідач: Яненко В. В., студент гр. МТ-71.
Керівник: Гапонова О. П., зав. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

2. Вибір режиму зміцнювальної термічної обробки деталі фреза черв'ячна зі швидкорізальної сталі.
Доповідач: Підопригора В. В., студент гр. МТ-71.
Керівник: Гапонова О. П., зав. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

3. Електроіскрове лекування як метод створення покриттів з високоентопійних сплавів.
Доповідач: Самсонов Д. А. студент гр. МБ-91/1мт.
Керівник: Гапонова О. П., зав. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

4. Математичне моделювання складу наплавленого металу в залежності від механічних характеристик поверхні.
Доповідачі: Бурлака А. Ю., студент гр. МТ-81;
Хвостенко Р. О., студент гр. МТ-81.
Керівники: Білоус О. А., доц. каф. МАіМО;
Говорун Т. П., доц. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

5. Застосування програмного забезпечення у матеріалознавстві.
Доповідач: Негреба Н. Ю., студент гр. МБ – 81/1 МТ.
Керівник: Берладір Х. В., ст. викл. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

6. Карбонітрація деталі «шевер».
Доповідач: Ольховик К. Є., студентка гр. МТ-71.
Керівник: Харченко Н. А., доц. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

7. Підвищення зносостійкості ріжучого інструменту при нанесенні нанокомпозитного Ti-Al-Si-N покриття.
Доповідач: Перерва В. І., аспірант;
Балинський М. В., студент гр. МТ.м-01.
Керівник: Говорун Т. П., доц. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

8. Метод Ішікави: сутність і приклади застосування у матеріалознавстві.
Доповідач: Руденко С. Г., студентка гр. МТ.м-01.
Керівник: Берладір Х. В., ст. викл. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

9. Вибір матеріалу та зміцнюючої термічної обробки валу двоступеневого горизонтального редуктора.
Доповідач: Сергієнко В. М., студент гр. МТ-71.
Керівник: Говорун Т. П., доц. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

10. Термоциклічна обробка як один з методів зміцнення виробів зі сталі 20Х13.
Доповідач: Бурлака А. Ю., студент гр. МТ-81;
Лупирь О.В., аспірант.
Керівник: Говорун Т. П., доц. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

11. Технології виготовлення і методи зміцнення зубчастих коліс.
Доповідач: Кравець В. В., студентка гр. МТ-71.
Керівник: Берладір Х. В., ст. викл. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

12. Застосування методу електроіскрового легування з метою підвищення корозійної стійкості сталі.
Доповідач: Дудченко В. В., аспірант, СумДУ, м. Суми.

13. Роль термічної обробки в технології отримання політетрафторетилену.
Доповідач: Ільїних А. А., зав. навч. лаб. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

14. Зносостійкість та корозійна стійкість комплексних хромосиліцидних дифузійних покриттів на Сталі 45.
Доповідач: Янцевич К. В., м. н. с., Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України.

15. Зміцнююча термічна обробка для сталі мартенситного класу 20Х13.
Доповідач: Хвостенко Р. О., студент гр. МТ-81.
Керівник: Говорун Т. П., доц. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

16. Нанотехнології в медичній інженерії.
Доповідач: Марченко К. С. , студентка гр. МТ.м-01.
Керівник: Марченко С. В., доц. каф. ПМіТКМ, СумДУ, м. Суми.

СЕКЦІЯ «ОПІР МАТЕРІАЛІВ І МАШИНОЗНАВСТВО»

Голова – І. Б. Карінцев, проф. каф. КМ ім. В. Марцинковського,
канд. техн. наук, професор.
Секретар – Д. О. Жигілій, доц. каф. КМ ім. В. Марцинковського,
канд. техн. наук, доцент.

20.04.2021 р. Початок о 13:25, ауд. М-112

1. Міцність напівнескінченної труби при провисанні під дією власної ваги.
Доповідач: Твердохліб А. С., студ. гр. ІМ-91.
Керівник: Жигилій Д. О., доцент каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

2. Раціональне проектування різьбового двоболтового з'єднання з натягом.
Доповідач: Росляков М. Ю., студ. гр. ІМ-91.
Керівник: Жигилій Д. О., доцент каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

3. Раціональне проектування двотавроподібного перерізу
при плоскому згинанні.
Доповідач: Григор'єв В. С., студ. гр. ІМ-91.
Керівник: Жигилій Д. О., доцент каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

4. Раціональне проектування тонкостінного комірчастого перерізу
при плоскому згинанні.
Доповідач: Осипов О. О., студ. гр. ІМ-91.
Керівник: Жигилій Д. О., доцент каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

5. Оптимізація геометрії суцільно композитного водневого балона
високого тиску.
Доповідач: Олійник Є. О., студ. гр. КМ-71.
Керівник: Жигилій Д. О., доцент каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

6. Аналіз внутрішніх зусиль в елементах ферми при зміні розташування опор.
Доповідачі: Янченко Б., учень 10 кл., школа № 2, м. Білопілля;
Жило Н., учень 9 кл., школа № 1, м. Суми.
Керівник: Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ,
м. Суми.

7. Доцільне розташуванння опор у вузлах просторового елемента.
Доповідачі: Рожков М., учень 9 кл., школа № 1,
м. Суми;
Левченко В., учень 9 кл., Центр позашкільної освіти,
школа № 6 , м. Лебедин.
Керівник: Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ,
м. Суми.

8. Побудова календарного графіка обчислень значень внутрішніх силових факторів в статично-визначуваної балки з використанням основних положень, методика навчання.

Доповідач: Момонт С., учениця 11 класу, школа № 2, м. Білопілля.

Керівник: Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. Суми.

9. Методичні особливості знаходження головних векторів і моментів у жорсткому закріпленні просторового ломаного бруса.

Доповідач: Лещенков Р., учень 10 кл., Центр позашкільної освіти, школа № 5, м. Лебедин.

Керівник: Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. Суми.

10. Методика побудови епюр внутрішніх силових факторів в арці з урахуванням вибору раціональної осі.

Доповідачі: Литвиненко О., Калашник С., учні 11 кл., школа № 12, м. Суми.

Керівник: Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. Суми.

11. Знаходження найбільш небезпечного розташування опор статично визначеної рами.

Доповідач: Школа Ю., учениця 10 кл., Центр позашкільної освіти, школа № 5, м. Лебедин.

Керівник: Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. Суми.

12. Визначення положень головних центральних осей складної фігури.

Доповідачі: Тимофеєв А., учень 10 кл., школа № 2, м. Білопілля; Гец Д., учень 11 кл., Центр позашкільної освіти, школа № 7, м. Лебедин.

Керівник: Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. Суми.

13. Проведення експериментів по використовуванні установки для реабілітації пацієнтів із судинними захворюваннями.

Доповідач: Стовбур О. А., зав. хірургічним відділенням № 2; Керей Д. М., хірург, Сумська міська лікарня № 5, м. Суми.

Керівник: Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. 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.

20.04.2021 р. Початок о 13:25, ауд. Н-112

1. Вплив податливості кріплення корпусу насоса до фундаменту на власні частоти елементів насосного агрегату.
Доповідачі: Вербовий А. Є., аспірант;
Сєрик М. Л., студент гр. КМ.м-91;
Яковчук В. В., студент гр. КМ-71;
Ященко А. С., канд. техн. наук, зав. лаб. динаміки та вібродіагностики, АТ «ВНДІАЕН», м. Суми.
Керівники: Павленко І. В., д-р техн. наук, проф. каф. КМ;
Симоновський В. І., д-р техн. наук, проф. каф. КМ, СумДУ, м. Суми;
Нєамцу К., канд. техн. наук, доцент, Технічний університет м. Клуж-Напока, Румунія.

2. Числовий аналіз багатошпаринного ущільнення.
Доповідач: Позовний О. О., аспірант, каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

3. Зміна кількості руху частинки рідини з урахуванням переміщення маси за напрямками.
Доповідачі: Міщенко С. О., завідувач навчальної лабораторії;
Безверхий М. Ю., студ. гр. КМ-71, СумДУ, м. Суми.
Керівник: Калініченко П. М., доцент кафедри КМ ім. В. Марцинковського, СумДУ, м. Суми.

4. Розподіл напружень в рухомій рідині.
Доповідачі: Міщенко С. О., завідувач навчальної лабораторії;
Шерстюк В. І., студ. гр. КМ-71, СумДУ, м. Суми.
Керівники: Калініченко П. М., доцент кафедри КМ ім. В. Марцинковського, СумДУ, м. Суми.

5. Чисельне дослідження вільних коливань перфорованої оболонки віброгранулятора.
Доповідачі: Яковчук В. В., студент гр. КМ-71,
Дем'яненко М. М., аспірант;
Скиданенко М. С., ст. викл., каф. ХІ.
Керівники: Павленко І. В., д-р техн. наук, проф. каф. КМ;
Ляпощенко О. О., д-р техн. наук, проф. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

6. Чисельне моделювання вимушених поперечних коливань колінчастого вала

Доповідачі: Хоменко В. А., студент гр. КМ-71;
Дем'яненко М. М., асп.;
Басова Є. В., НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна.
Керівники: Павленко І. В., д-р техн. наук, проф. каф. КМ;
Іванов В. О., д-р техн. наук, проф., зав. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми, Україна;
Куріц І., Університет м. Жиліна, Словаччина.

7. Експериментальні дослідження торцевих механічних ущільнень виконаних з ПТФЕ-композиту.

Доповідачі: Лобас Д. І., студент гр.КМ-81;
Гудкова О. В., аспірант, каф. КМ.
Керівник: Гудков С. М., доцент каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

8. Вдосконалення методів розрахунку динамічних характеристик роторів відцентрових машин.

Доповідач: Гончарова А. В., асп., каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

9. Отримання діагностичної інформації про технічний стан вузлів машини на основі аналізу сигналів акустичної емісії.

Доповідач: Сенюк О. В., студент гр. КМ-71.
Керівник: Савченко Є. М., доц. каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

10. Дослідження напружено-деформованого стану робочих коліс відцентрового компресора.

Доповідач: Пунько В. В., студент гр. КМ-71.
Керівник: Савченко Є. М., доц. каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

11. Гідродинамічний розрахунок торцевого ущільнення.

Доповідач: Токарєв В. О., студент гр. КМ-71.
Керівник: Совенко Н. В., доц. каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

12. Методи осьового урівноваження роторів відцентрових насосів.

Доповідач: Шовкопляс М. О., студент гр. КМ-71.
Керівник: Совенко Н. В., доц. каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

13. Комп'ютерне розв'язання задачі взаємодії ущільнювальної рідини, сальникової набивки та опорного диску у торцевому сальниковому ущільненні.

Доповідач: Сапожников Я. І., аспірант, гр. А-05/МБ.
Керівник: Загорулько А. В., зав. каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

14. Оптимізація геометрії лабіринтно-лункового ущільнення.

Доповідач: Іземенко В. В., студент гр. КМ-81.
Керівник: Загорулько А. В., зав. каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

15. Кавітаційна ерозія як наслідок кавітації.
Доповідач: Вашист Б. В., аспірант;
Ніколаєнко Д. Р., студент.
Керівник: Павленко І. В., д-р техн. наук, проф. каф. КМ, СумДУ, м. Суми.

СЕКЦІЯ «ЕКОЛОГІЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

Голова – Л. Д. Пляцук, зав. каф. ЕтаПТ, д-р техн. наук, професор.
Секретар – Є. В. Батальцев, зав. лаб. каф. ЕтаПТ.

20.04.2021 р. Початок о 10:00, ауд. Ц-204

1. Очищення попутного нафтового газу від сірководню.
Доповідачі: Аблєєва І. Ю., старший викладач;
Білогур А. О., студент, СумДУ, м. Суми.

2. Технології захисту атмосферного повітря від викидів лакофарбового виробництва.
Доповідачі: Шаповал О. І., студент;
Бурла О. А., асистент, СумДУ, м. Суми.

3. Технологічні засоби захисту довкілля при інтенсифікації аквакультури.
Доповідачі: Трунова І. О., доцент;
Мальцев О. Ф., студент, СумДУ, м. Суми.

4. Характеристика напрямку вітрів у Сумської області.
Доповідачі: Корнус А. О., доц., СумДУ, м. Суми;
Корнус О. Г., доц., СумДПУ ім. А. С. Макаренка, м. Суми.

5. До питання дегуміфікації ґрунтів сумської області.
Доповідачі: Корнус А. О., доцент;
Василенко О. М., студент, СумДУ, м. Суми.

6. Технологія захисту ґрунтів від забруднення нафтопродуктами.
Доповідачі: Бартош Е. Ю., студентка;
Бурла О. А., асистент, СумДУ, м. Суми.

7. Екологічно безпечні напрями поводження з радіоактивними відходами.
Доповідачі: Котова І. І., студентка;
Черниш Є.Ю., доцент, СумДУ, м. Суми.

8. Інтенсифікація та посилення показника ефективності розділення бурових шламів у полі дії відцентрових сил.

Доповідачі: Луценко С. В. Аспірант;
Аблєєва І. Ю., старший викладач;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми.

9. Зменшення техногенного навантаження на довкілля від викидів дрібнодисперсного пилу.

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

10. Технологічні аспекти реалізації процесів темнової та метаногенної ферментації відходів.

Доповідачі: Данилов Д. В., студент;
Черниш Є. Ю., доцент, СумДУ, м. Суми.

11. Переробка золошлакових відходів з метою отримання теплоізоляційних матеріалів.

Доповідач: М'якаєв О. В., здобувач, СумДУ, м. Суми.

12. Математичне моделювання процесів взаємодії людини та навколишнього середовища

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

13. Вплив аерозольних викидів на довкілля.

Доповідачі: Вихрова А. Ю., студентка;
Козій І. С., доцент, СумДУ, м. Суми.

14. Виробництво біодизелю. Перспективи розвиту в Україні.

Доповідачі: Багірова Ю. Р., студентка;
Аблєєва І. Ю., старший викладач, СумДУ, м. Суми.

15. Проблема утилізації відходів рослинництва.

Доповідачі: Гурець Л. Л., доцент;
Фесенко О. А., студентка, СумДУ, м. Суми.

16. Технологічні засоби захисту довкілля при інтенсифікації аквакультури.

Доповідачі: Трунова І. О., доцент;
Мальцев О. Ф., студент, СумДУ, м. Суми.

17. Поводження з відходами буріння при спорудженні пошукових свердловин.

Доповідачі: Зимогляд І. А., студент;
Фалько В. В., старший викладач, СумДУ, м. Суми.

18. Застосування біофільтрів у технологіях очищення стічних вод.

Доповідачі: Беспала Б. В., студент;
Васькін Р. А., доцент, СумДУ, м. Суми.

19. Аналіз змін клімату Сумської області.

Доповідачі: Васькіна І. В., старший викладач, СумДУ, м. Суми;
Мельник О. С., доцент, СНАУ, м. Суми;
Шерстюк М. Ю., старший викладач, СНАУ, м. Суми.

20. Аналіз сучасних методів переробки та утилізації відходів буріння підприємств нафто газовидобування.

Доповідачі: Лисянський В. С., студент;
Фалько В. В., ст. викладач, СумДУ, м. Суми.

21. Агроекологічна оцінка якості дигестату.

Доповідачі: Аблєєва І. Ю., старший викладач;
Бережна І. О., аспірантка;
Бережний Д. М., аспірант, СумДУ, м. Суми.

22. Озеленення як засіб поліпшення природного каркасу урбоекосистем.

Доповідачі: Бойко А. А., студентка;
Пляцук Л. Д., професор;
Батальцев Є. В., асистент, СумДУ, м. Суми.

23. Забезпечення екологічної безпеки АЕС.

Доповідач: Батальцев Є. В., завідувач навчальної лабораторії, СумДУ, м. Суми.

24. Очищення стічних вод методом екстракції.

Доповідачі: Науменко Л. С., студентка;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми.

25. Технології захисту довкілля при роботі мийок самообслуговування.

Доповідачі: Трунова І. О., доцент;
Бондаренко К. М., студент, СумДУ, м. Суми.

26. Малі ГЕС і відновлювана енергетика.
Доповідачі: Кузьміна Т. М., доцент;
Плужник О. М.,студент, СумДУ, м. Суми;
Бабко Р.В., с.н.с., Інститут зоології НАНУ, м. Київ.

27. Адсорбційні методи очищення стічних вод.
Доповідачі: Білоус О. О., Захарова В. А., студенти;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми.

28. Екологічні методи зниження викидів оксиду азоту.
Доповідачі: Безкровна А. В., Майборода В. С., студенти;
Пляцук Л. Д., професор. СумДУ, м. Суми.

29. Традиційні методи очищення стічних вод екстракцією.
Доповідачі: Науменко Л. С., Безкровна А. В., студентки;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми.

30. Капсулювання гранул як спосіб створення добрив з регульованим вивільненням поживних речовин.
Доповідачі: Макаренко Н. О., асистент;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми.

31. Екологічні аспекти поводження з небезпечними відходами у складі побутових.
Доповідачі: Черняк Д. С., студент;
Васькіна І. В., старший викладач, СумДУ, м. Суми.

32. Транскордонна річка Сумщини.
Доповідачі: Шерстюк М. М., аспірант;
Саєнков Д. М., аспірант;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми.

33. Вибір методів та технологій оброблення відходів.
Доповідач: Лазненко Д. О., доцент, СумДУ, м. Суми.

34. Перспективи розвитку безвідходних технологій у текстильний індустрії.
Доповідачі: Бурла О. А., асистент;
Бурла А. О., старший викладач, СумДУ, м. Суми.

35. Аналіз досвіду краї Європейського Союзу в поводженні з відходами.
Доповідачі: Трунова І. О., доцент;
Бова А. О., студентка, СумДУ, м. Суми.

36. Вплив магнітної обробки на процеси анаеробного зброджування органічних відходів.

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

37. Використання біопрепаратів як альтернатива попередження забруднення ґрунтів агрохімікатами.

Доповідачі: Давидова С., студент;
Яхненко О. М., асистент; СумДУ, м. Суми.

38. Технології зменшення забруднення ґрунтів пестицидами.

Доповідачі: Левенець К. Р., студент;
Яхненко О. М., асистент, СумДУ, м. Суми.

39. Екологічні проблеми захоронення сміття.

Доповідачі: Ізмалкова М. А., студент;
Яхненко О. М., асистент, СумДУ, м. Суми.

40. Органічне сільське господарство як спосіб зменшення техногенного навантаження на довкілля.

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

41. Управління водним ресурсами.

Доповідачі: Шерстюк М. М., Саєнков Д. М., Бєлов А. В., аспіранти;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми.

42. Сорбційне очищення стічних вод від йонів важких металів.

Доповідач: Циганчук А. Б., аспірантка, СумДУ, м. Суми.

43. Шум як чинник забруднення довкілля та заходи щодо його зменшення.

Доповідач: Денисенко М. Д., зав. навч. лаб., СумДУ, м. Суми.

44. Напрямки та перспективи розвитку безвідходних технологій у сільському господарстві.

Доповідач: Шалда О. С., студент.
Керівник: Бурла О. А., асистент, СумДУ, м. Суми.

45. Екологічні дослідження мінеральних добрив.

Доповідач: Колонтаєв М. С., студент.
Керівник: Бурла О. А., асистент, СумДУ, м. Суми.

46. Формування екологічної свідомості студентів під час навчально-виховного процесу з фізичного виховання.
Доповідачі: Бурла А. О., ст. викл.;
Прийменко С. А., асист.;
Бурла О. А., асист., СумДУ, м. Суми.

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ТА ІНЖЕНЕРІЯ»

Голова – В. Я. Стороженко, проф. каф. ХІ, канд. техн. наук, професор.
Секретар – О. Є. Старинський, викладач-стажист каф. ХІ.

23.04.2021 р. Початок о 9:00, ауд. ЛА-205

1. Аналіз стадій гранулоутворення у виробництві пористої аміачної селітри.
Доповідач: Потапов Д. Р., студент гр. ХМ.м-91/1.
Керівник: Склабінський В. І., зав. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

2. Промислові методи очищення виробничих газів від сірководню.
Доповідач: Гавриченко В. О., студент гр. ХМ.м-01/1.
Керівник: Склабінський В. І., зав. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

3. Процес ректифікації у промисловому виробництві толуолу.
Доповідач: Лебедь К. В., студент гр. ХМ.м-01/1.
Керівник: Склабінський В. І., зав. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

4. Експериментальне дослідження зміни ширини стікаючої плівки рідини.
Доповідачі: Костюченко Є. В., аспірант.
Керівник: Лукашов В. К., проф. кафедри ХТВМС,
Шосткинський інститут СумДУ, м. Шостка.

5. Оптимізація процесу ректифікації ковпачкової колони.
Доповідач: Лаврик В. С., студент гр. ХМ.м-01/1.
Керівник: Яхненко С. М., доц. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

6. Оптимізація процесу конденсації парів етанолу в складі брагоректифікаційної установки.
Доповідач: Крощенко А. С., студент гр. ХМ.м-01/1.
Керівник: Яхненко С. М., доц. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

7. Кожухотрубчастий теплообмінник із паровим простором для випаровування етилового спирту у складі ректифікаційної установки
Доповідач: Міхеєв Ю. Ю., студент гр. ХМ.м-01/1.
Керівник: Яхненко С. М., доц. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

8. Кінетичні закономірності охолодження гранул суперфосфату.
Доповідач: Наталуха А. Р., студент гр. ХМ-71/1кі.
Керівник: Юхименко М. П., доц. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

9. Вибір раціональної конструкції охолоджувача гранульованого суперфосфату.
Доповідач: Звягін І. О., студент гр. ХМ-71/1кі.
Керівник: Юхименко М. П., доц. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

10. Побудова регресійних математичних моделей оптимального катодного електромембранного осадження металів.
Доповідач: Сердюк В. О. аспірант, каф. ХІ.
Керівники: Склабінський В. І., зав. каф. ХІ;
Большаніна С. Б., зав. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми.

11. Лінійна інтерполяція рівноважних ліній бінарних пароріднних сумішей під час розрахунку масообмінних процесів.
Доповідач: Кисляк В. В., Коротун В. В., студенти гр. ХМ-81.
Керівник: Михайловський Я. Е., доц. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

12. Математичний опис неізотермічної абсорбції.
Доповідач: Гребенік А. Є., студент гр. ХМ-81.
Керівник: Михайловський Я. Е., доц. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

13. Розрахунок граничних пересичень у процесах кристалізації солей із розчинів.
Доповідач: Гринько Д. К., студент гр. ХМ-81.
Керівник: Михайловський Я. Е., доц. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

14. Моделювання процесів при гранулоутворенні за золь-гельною технологією.
Доповідачі: Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ;
Павленко І. В., проф. каф. КМ;
Скиданенко М. С., докторант каф. ХІ;
Дем'яненко М. М., аспірантка, каф. КМ;
Юхименко М. П., доц. каф. ХІ;
Острога Р. О., ст. викл. каф. ХІ;
Кононенко М. П., ст. наук. співр. лабораторії ЛГМО;
Покотило В.М., мол. наук. співр. лабораторії ЛГМО
Керівник: Склабінський В. І., зав. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

15. Моделювання процесів сепарації та тепломасообміну у дво- та трифазних багатокомпонентних системах.

Доповідачі: Хухрянський О. М., Сейф Хуссейн, аспіранти кафедри хімічної інженерії.

Керівники: Моісеєв В. Ф., професор кафедри хімічної техніки та промислової екології, НТУ «ХПІ», м. Харків; Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

16. Удосконалення технології виробництва слабкої азотної кислоти.

Доповідач: Сербіновська Л. В., студентка гр. ХМ.мз-01с.

Керівники: Яхненко С. М., доц. каф. ХІ, Острога Р. О., ст. викл. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

17. Переваги та недоліки використання гною як органічного добрива.

Доповідач: Галета Д. В., студент гр. ХМ.м-01.

Керівники: Острога Р. О., ст. викл. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

18. Моделювання гідродинаміки відцентрово-вихрових пристроїв для масообмінного та сепараційного обладнання.

Доповідачі: Єсипчук С. С., Наталуха А. Р., студ. гр. ХМ-71/1кі; Старинський О. Є., аспірант каф. ХІ.

Керівники: Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ; Склабінський В. І., зав. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

19. Режимно-технологічна й апаратурно-конструктивна оптимізація сепараторів установки підготовки газу.

Доповідачі: Голохвост О. О., Самойленко В. О., студенти гр. ХМ.м-01; Старинський О. Є., аспірант каф. ХІ.

Керівники: Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ; Склабінський В. І., зав. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

20. Продуктивність самоусмоктувальних перемішуючих пристроїв.

Доповідачі: Стороженко В. Я., проф. каф. ХІ; Смирнов В. А., асистент каф. ХІ; Єсипчук С. С., студент гр. ХМ-71/1кі; Шабрацький С. В., старший викладач, СНУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк.

21. Розробка дослідного експериментального стенду для моделювання гідродинаміки водонафтових емульсій.

Доповідач: Старинський О. Є., аспірант каф. ХІ.

Керівник: Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ.

22. Моделювання технологічних процесів у виробництві біоетанолу II покоління.

Доповідачі: Скотар А. П., Шматенко В. А., студ. гр. ХМ.м-01/1;
Скиданенко М. С., докторант каф. ХІ.
Керівник: Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ.

23. Вплив технологічних параметрів процесу на характеристики продукту, отриманого за золь-гельною технологією.

Доповідачі: Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ;
Павленко І. В., проф. каф. КМ;
Скиданенко М. С., докторант каф. ХІ;
Дем'яненко М. М., аспірантка, каф. КМ;
Юхименко М. П., доц. каф. ХІ;
Острога Р. О., ст. викл. каф. ХІ;
Яхненко С. М., доц. каф. ХІ;
Кононенко М. П., ст. наук. співр. лабораторії ЛГМО.
Керівник: Склабінський В. І., зав. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми.

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ НАУКИ»

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

21.04.2021 р. Початок о 15:00, ауд. Ц-226

1. Якісне визначення амігдаліну в кісточках плодів розових культур.

Доповідач: Радченко А., студент гр. МБ-01/3ПХ.
Керівник: Воробйова І. Г., доцент каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми.

2. Кількісне визначення фурациліну методом йодометричного титрування.

Доповідач: Кравченко А., Савойська С.-М., студенти групи МЦм-003.
Керівник: Воробйова І. Г., доцент каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми.

3. Визначення впливу періоду збору сировини на повноту екстракції фенольних сполук з листя Ginkgo Biloba L.

Доповідач: Вахнюк М. С., студентка гр. МЦ м.-803.
Керівник: Пономарьова Л. М., доц. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми.

4. Синтез та адсорбційні властивості біополімерів.

Доповідач: Радченко О. І., Матвійчук В. О., студенти гр. ПХ-01.
Керівник: Большаніна С. Б., зав. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми.

5. Екологічні проблеми під час видобутку та переобки нафти у Лівії.
Доповідач: Амтір Амамір Алі Амтір, студ. гр. ХМ-82.
Керівник: Диченко Т. В., ст. викл. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми.

6. Аналітичне визначення вмісту компонентів в гранульованих NPK добривах.
Доповідачі: Ярова Т. Ю., студентка гр. МБ-91/4-пх;
Коваленко Т. І., лаборант кафедри ТПХ;
Яновська Г. О., ст. викл. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми.

7. Синтез наночастинок $Cu_2ZnSnSe_4$.
Доповідач: Ворожцов Д. О., студент гр. МБ-91/4ПХ, СумДУ, м. Суми.

8. Хімічне нікелювання діелектричних матеріалів.
Доповідач: Муквич В. Ю, студ. гр. МБ-01.
Керівник: Пшеничний Р. М., доц. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми.

9. Кінетика електромембранного відновлення кадмію та цинку.
Доповідач: Сердюк В. О. аспірант, каф. ХІ.
Керівники: Склабінський В. І., зав. каф. ХІ;
Большаніна С. Б., зав. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми.

10. Застосування фото та відеоматеріалів у лабораторному практикумі з неорганічної хімії.
Доповідач: Звоник К. В., студ. гр. МБ-91/ПХ;
Вініченко А. І., студ. гр.МБ-01/ПХ.
Керівник: Ліцман Ю. В., доц. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми.

СЕКЦІЯ «ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ І ГІДРОПНЕВМОАГРЕГАТИ»

Голова – І. О. Ковальов, зав. каф. ПГМ, канд. техн. наук, професор.
Секретар – Д. В. Забіцький, аспірант.

23.04.2021 р. Початок о 9:50, ауд. ЛБ-110

1. Можливості застосування контрроторного ефекту в насосному обладнанні для підвищення напірності.
Доповідач: Куліков О. А., аспірант гр. А-05/МБ.
Керівник Ратушний О. В., асист. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

2. Можливість використання безлопатевого напрямного апарату в насособудівній промисловості.
Доповідач: Петренко С. С., аспірант гр. А-05/МБ.
Керівник Ратушний О. В., асист. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

3. Саморегулюючий пристрій розвантаження осьового зусилля на роторі багатоступеневого насоса.

Доповідачі: Момот О. В., Рудецький В. С., студенти гр. ГМ-71-9.
Керівник Колісніченко Е. В., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

4. Дослідження економічності використання вільновихрових насосів (типу СВН) при транспортуванні рідин з включеннями.

Доповідачі: Коломієць В. А.., студентка;
Пузік Р. В., аспірант.
Керівник Кондусь В. Ю., асист. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

5. Проектування змінних проточних частин насоса типу ЦНС 300-180 з метою розширення їх діапазону використання.

Доповідач: Шевченко А. І., студентка.
Керівник Кондусь В. Ю., асист. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

6. Відображення ударної хвилі в замкнутій схемі гідроприводу.

Доповідач: Сисенко В. В., аспірант гр. А-05/МБ.
Керівник Ігнатьєв О. С., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

7. Методи виявлення зносу підшипників у насосному агрегаті без ущільнень.

Доповідач: Строкін О. О., аспірант, СумДУ, м. Суми.

8. Досвід створення насосів з високими антикавітаційними характеристиками.

Доповідачі: Тягно О. В., аспірант гр. АСПтех-9.1;
Овчаренко М. С., канд. техн. наук;
Ворожка А. С., аспірант гр.А-05/МБ;
Лобуренко М.В., мол. наук. співр. каф. ПГМ;
Папченко А. А., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

9. Вплив закрутки потоку на вході в робоче колесо насосу на його енергетичні характеристики.

Доповідачі: Ворожка А. С., аспірант гр.А-05/МБ;
Лобуренко М.В., мол. наук. співр. каф. ПГМ;
Папченко А. А., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

10. Вплив бічних пазух насоса на результати числового моделювання.
Доповідачі: Черноброва А. К., аспірантка гр. АСП-7.133.1;
Сотник М. І., д-р техн. наук, доцент, СумДУ,
м. Суми, Україна;
Молошний О. М., канд. техн. наук,
ТОВ «РОМРАХ», м. Вроцлав, Польща.

11. Огляд шляхів підвищення енергоефективності насосних агрегатів.
Доповідачі: Сохань А. О., Сухоставець Д. І., асп. гр. АСПтех-9.1.
Керівник Сотник М. І., д-р техн. наук, доц., СумДУ, м. Суми.

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ (ПРИКЛАДНА ГІДРОАЕРОМЕХАНІКА)»

Голова – І. О. Ковальов, зав. каф. ПГМ, канд. техн. наук, професор.
Секретар – Д. В. Забіцький, аспірант.

22.04.2021 р. Початок о 10:00, ауд. ЛБ-205

1. Організаційно-технічні та кліматичні аспекти застосування установок сонячної генерації електричної енергії у навчальних закладах.
Доповідач: Піддубна К. О., студентка гр. ЕМм-01.
Керівник Сотник М. І., д-р техн. наук, доц., СумДУ, м. Суми.

2. Особливості побудови системи моніторингу обсягів електроспоживання у навчальних та лабораторних корпусах ЗВО.
Доповідач: Новак О. Ю., студент гр. ЕМм-01.
Керівник Сотник М. І., д-р техн. наук, доц., СумДУ, м. Суми.

3. Техніко-економічні аспекти організації у навчальних закладах систем опалення будівель з використанням електроенергії шляхом впровадження теплових насосів.
Доповідач: Корж В .П., студентка гр. ЕМм-01.
Керівник Сотник М. І., д-р техн. наук, доц., СумДУ, м. Суми.

4. Енергетичне обстеження Андріївського ліцею.
Доповідач: Волобуєв О. М., студент гр. ЕМ-71.
Керівник Хованський С. О., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

5. Розробка енергетичного сертифікат будівлі корпусу «Т»
Сумського державного університету.

Доповідач: Гасай А. М., студент гр. ЕМ.м-01.
Керівник Хованський С. О., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

6. Енергетичне обстеження АТ «Сумський завод «Насосенергомаш».

Доповідач: Гонтар В. О., студент гр. ЕМ-71.
Керівник Хованський С. О., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

7. Розробка енергетичного сертифікат будівлі корпусу «М»
Сумського державного університету.

Доповідач: Данильченко О. В., студент гр. ЕМ.м-01.
Керівник Хованський С. О., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

8. Використання програмного забезпечення CFD для моделювання теплового стану приватного будинку.

Доповідач: Ляховка А. В., студент гр. ЕМ.м.-01.
Керівник Хованський С. О., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

9. Енергетичне обстеження головного корпусу АТ «Науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут атомного та енергетичного насособудування».

Доповідач: Чередник М. В., студент гр. ЕМ-71.
Керівник Хованський С. О., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

10. Автоматизоване короткотермінове прогнозування та моніторинг теплоспоживання будівлями.

Доповідач: Строкін О. О., аспірант, каф. ПГМ.
Керівник Сотник М. І., д-р техн. наук, доц., СумДУ, м. Суми.

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГЕТИЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»

Голова – С. М. Ванєєв, зав. каф. ТТФ, канд. техн. наук, доцент.
Секретар – А. С. Манжаров, аспірант.

22.04.2021 р. Початок о 10:00, ауд. ЛБ-205

1. Mathematical model for calculating the nozzles of two-phase jet devices with a profiled diffuser part.

Speaker: Husiev D., M.Sc., Postgraduate student.
Supervisors: Sharapov S., Ph.D., Senior Lecturer;
Prokopov M., Senior Lecturer, Department of Technical and Thermal Physics, Sumy State University, Sumy, Ukraine.

2. Дослідження малозатратних методів змінення характеристик відцентрових нагнітачів.

Доповідачі: Біліченко Б. О., Редька І. В. студенти гр. ХК-71-9.
Керівник: Бондаренко Г. А., проф. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми.

3. Вибір і розрахунок схеми азотної мембранної станції з високою чистотою очистки.

Доповідач: Олійник Я. О., студент гр. КМ-01.
Керівник: Бондаренко Г. А., проф. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми.

4. Вихровий компресор для наддуву повітря в топки згорання на ТЕС.

Доповідач: Сорін В. Д., студ. гр. К.м.-01;
Ніколаєнко Д. Р., студ. гр. ХК-81, СумДУ, м. Суми.
Керівники: Ванєєв С. М., зав. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми;
Ксенженко П. О., викладач вищої категорії,
Полтавський коледж НУХТ, м. Полтава.

5. Залежність колового ККД струминно-реактивної турбіни від наведеної колової швидкості робочого колеса.

Доповідач: Родимченко Т. С., асп. гр. АСПтех-8.1, СумДУ.
Керівники: Ванєєв С. М., зав. каф. ТТФ, СумДУ;
Мірошниченко О. І. провідний інженер-конструктор,
АТ «СМНВО – ІНЖИНІРИНГ», м. Суми.

6. Результати дослідження турбогенератора з периферійно-бічним каналом у безрозмірних комплексах.

Доповідач: Смоленко Д. В., асп., СумДУ, м. Суми.
Керівники: Ванєєв С. М., зав. каф. ТТФ.;
Баран В. В., викладач, Дрогобицький коледж нафти і газу, м. Дрогобич.

7. Визначення режимних параметрів процесу льодоутворення для штучного льодяного катку.

Доповідачі: Колесник Н. С., студ. гр. Х.м-01;
Лєоньков Г. А., студ. гр. ХК-71/2Х.
Керівник: Арсеньєв В. М., проф. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми.

8. Підвищення ефективності теплонасосних установок шляхом застосування двофазних струминних апаратів.

Доповідач: Снісаренко Д. О., студент гр. Х.м-01.
Керівник: Шарапов С. О., ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми.

9. Порівняльний аналіз схем підведення газу до ротора струменево-реактивної турбіни.

Доповідач: Родимченко Т. С., аспірантка, СумДУ.
Керівники: Ванєєв С. М., зав. каф. ТТФ;
Мірошниченко О. І. провідний інженер-конструктор, АТ «СМНВО – ІНЖИНІРИНГ»;
Мірошниченко Д. В. науковий співробітник, ТОВ «НВП «АРМА-Т», м. Суми.

10. Експериментальний повітряний сонячний колектор.

Доповідачі: Громов Р. Ю., студ. гр. ХКз-91м.;
Шеліхова А. І., студ. гр. ХК-71.
Керівники: Прокопов М. Г., ст. викл. каф. ТТФ;
Шарапов С. О. ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми.

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ (ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА)»

Голова – С. М. Ванєєв, зав. каф. ТТФ, канд. техн. наук, доцент.
Секретар – А. С. Манжаров, аспірант.

22.04.2021 р. Початок о 10:00, ауд. ЛБ-205

1. Енергетичний потенціал промислової вентиляції.

Доповідач: Новіцький Д. В., студ. гр. Х.м-01Х.
Керівник: Мерзляков Ю. С., ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми.

2. Порівняльний ексергетичний аналіз установок з виробництва пористої аміачної селітри.

Доповідачі: Левченко Д. О., канд. техн. наук, доцент;
Манжаров А. С., асп. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми.

3. Застосування апаратів повітряного охолодження в системі компримування природного газу.

Доповідач: Кіт Б. Т., студент гр. ХКдн-74др, СумДУ, м. Суми.
Керівники: Мелейчук С.С, доцент каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми;
Галелюк А. З., викладач, Дрогобицький коледж нафти і газу, м. Дрогобич.

4. Підвищення ефективності робочого сопла ежекторно-очисної установки.

Доповідач: Литовченко В. М., студент гр. Км-01.
Керівник: Бага В. М., ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми.

5. Підвищення ефективності лабіринтних ущільнень за рахунок впливу на їх геометричні параметри.

Доповідач: Нестеренко В. А., студент гр. ХКдн-74др.
Керівник: Бага В. М., ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми.

6. Підвищення ефективності азотного контуру циклу виробництва скрапленого природного газу.

Доповідачі: Шарапов С. О., ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ;
Лісовенко Д. О., інженер-конструктор,
АТ «СМНВО – ІНЖИНІРИНГ», м. Суми.

7. Підвищення ефективності теплонасосних установок шляхом застосування двофазних струминних апаратів.

Доповідач: Снісаренко Д. О., студент гр. Х.м-01.
Керівник: Шарапов С. О., ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми.

8. Характеристика конденсатора як елемента моделювання роботи холодильної машини.

Доповідач: Дубів О. З., студ. гр. ХКдн-74др, СумДУ, м. Суми.
Керівник: Козін В. М., ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми;
Баран В. В., викладач, Дрогобицький коледж нафти і газу, м. Дрогобич.

9. Характеристика випарника як елемента моделювання роботи холодильної машини.

Доповідач: Сорочак О. С., студ. гр. ХКдн-74др, СумДУ, м. Суми.
Керівник: Козін В. М., ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми;
Баран В. В., викладач, Дрогобицький коледж нафти і газу, м. Дрогобич.

10. Характеристика компресора як елемента моделювання роботи холодильної машини.

Доповідач: Бадецький Н. В., студ. гр. ХКдн-74др.
Керівники: Козін В. М., ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми.

11. Чисельне та експериментальне дослідження сопла абразивоструменевої установки.

Доповідачі: Сіренко Б. І., асп. гр. А-05/МБ;
Резнік І. В., асп. гр. А-05/МТ.
Керівник: Бага В. М., ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми.

СЕКЦІЯ «ОБРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ»

ПРОЕКТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 1512

Алексєєв О. М,. проф. каф. ТМВІ; Полулях О. В., студ. гр. ВІ.м-01, СумДУ, м. Суми

Сучасні машинобудівні підприємства України не зможуть вижити в міжнародній конкуренції, якщо не будуть випускати нові продукти кращої якості, більш низької вартості і за менший час. Забезпечити високий рівень продукції, що випускається можливо тільки при наявності парку металообробних верстатів, які дозволяють забезпечити динамічний розвиток машинобудівного комплексу. У зв'язку з цим досягнення і збереження протягом тривалого часу високої продуктивності і точності токарних верстатів є важливою економічним завданням, яке в умовах обмеженого фінансування можна вирішити за рахунок модернізації окремих вузлів верстатів і вдосконаленням конструкції в цілому.

Досягнення в області застосування нових технологій дозволяють на базі токарно-карусельних верстатів застарілих конструкцій швидко і з найбільшою ефективністю створювати прогресивні верстатні комплекси з розширеними функціональними можливостями. При цьому крім простого відновлення верстата до робочого стану потрібне вдосконалення і впровадження власних оригінальних технічних рішень і напрацювань.

При виконанні дипломного проектування на кафедрі ТМВІ СумДУ для виконання навчальних завдань, пов'язаних з розширенням технологічних можливостей і підвищенням продуктивності устаткування, розроблений проект модернізації токарно-карусельного верстата мод. 1512.

Об'єкт дослідження – процес проектування металорізальних верстатів.

Предмет дослідження – автоматизація прийнятті проектних рішень під час модернізації металообробного обладнання машинобудівних виробництв.

Мета дослідження – розширення можливості застосування комп'ютерних та інтернет-технологій під час прийнятті проектних рішень при модернізації металорізальних верстатів.

В процесі виконання роботи широко використовувалися комп'ютерні технології проектування, що прискорюють і полегшують створення, аналіз і оптимізацію проектів. Геометричне моделювання виконано в середовищі CAD систем КОМПАС-3D і Fusion 360. З їх допомогою була вирішена одна з основних задач проектування - достовірно описана геометрія конструкції, яка в значній мірі визначає всі наступні етапи життєвого циклу верстата. Для автоматизації інженерних розрахунків з використанням інтернет-технологій використовувалася програма Microsoft Office SharePoint Designer. Для обґрунтування вибору електродвигуна приводу головного руху верстату використовувалася нечітка логіка

Застосування викладеного підходу дозволило істотно знизити витрати часу на прийняття проектних рішень і скоротити кількість помилок при виконанні розрахунків.

РУЙНУВАННЯ НАРОСТУ У ПРОЦЕСІ УТВОРЕННЯ ЕЛЕМЕНТНОЇ СТРУЖКИ

Медведєв Б. В., студ. гр. ВІ-81; Швець С. В. доц. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

Сказане більше 150 років тому І. Г. Тіме, що «сопротивленіе ръзанью есть одно изъ самыхъ сложныхъ физическихъ явленій и не говоря уже о практическомъ разръшеніи подобнаго вопроса…» [1] залишається актуальним до цього часу. Під час входження леза в метал пластична область біля вершини леза збільшується. Цей процес сприяє збільшенню довжини стружки-консолі і зростання доданих до неї навантажень, що в підсумку руйнує її в місці «защемлення» [2].

При розвитку в небезпечній зоні консолі граничних для даного оброблюваного матеріалу напружень весь об'єм металу починає ковзати по площині, де була досягнута ця гранична величина дотичних напружень. Від іншої маси металу цей об'єм все ж не відділяється у зв'язку з «заліковуванням» мікро тріщини і "схоплюванням" новоутворених поверхонь, що характерно для металів з пластичними властивостями.

Під час руху стружки по умовній площині сколювання знижується тиск металу на передню поверхню леза, і тому падають напруження в пластичної області біля вершини і зменшуються її розміри. Частина пластичної зони захоплюється елементом і згладжує нерівності на прирізцевому боці стружки. Деяка частка об'єму пластичної зони при цьому витискається на оброблену поверхню деталі.

Потім починається новий цикл утворення стружки. Зростає зусилля опору руху леза з боку металу, розташованого нижче площини сколювання. Збільшується пластична область біля вершини леза, що призводить до утворення нового пластичного шарніра, тобто утворення наступної площини сколювання і так далі.

Для експериментальної перевірки сказаного виконано точіння сталі 45 з подачею S = 0,1 мм/об, глибиною різання t = 0,25 мм і швидкістю різання V = 0,33 - 3,34 м/с лезом з переднім кутом γ = 0 °.

Рисунок 1 – Елементна стружка

Частки, які під час утворення елемента і руху його по поверхні сколювання відриваються від пластичної зони на вершині леза спостерігаються на обробленої поверхні.

Частота руйнування наросту визначається як відношення швидкості різання V до відстані між залишками пластичної зони на обробленій поверхні деталі l_1:

$$f_1 = V/l_1.$$

Форми залишків наросту на обробленій поверхні не мають чітких меж, тому

значення l_1 визначалися як середні із двадцяти вимірювань (табл.1).

Частота утворення елементів визначається як відношення швидкості руху стружки по передній поверхні (V/K_L) до довжини елемента l_2 (рис. 1):

$$f_2 = (V/K_L)/l_2,$$

де K_L – коефіцієнт усадки стружки.

Таблиця 1. Експериментальні результати для визначення частот руйнування пластичної зони f_1 і утворення елементів стружки f_2

V, м/с	$l_1 \cdot 10^{-3}$, м	f_1, Гц	K_L	$l_2 \cdot 10^{-3}$, м	F_2, Гц
0,33	0,29	1130	–	–	–
0,53	0,37	1430	–	–	–
0,67	0,41	1620	2,7	0,16	1550
1,67	0,48	3500	2,0	0,22	3800
2,67	0,41	6500	1,5	0,28	6350
3,34	0,36	9300	1,7	0,21	9350
5,33	–	–	–	0,15	16900

Порівнюючи частоти утворення елементів стружки і руйнування наросту (рис. 2) стає очевидним, що вони повністю співпадають і це свідчить про те, що ці процеси ілюструють динамічну модель утворення елементної стружки.

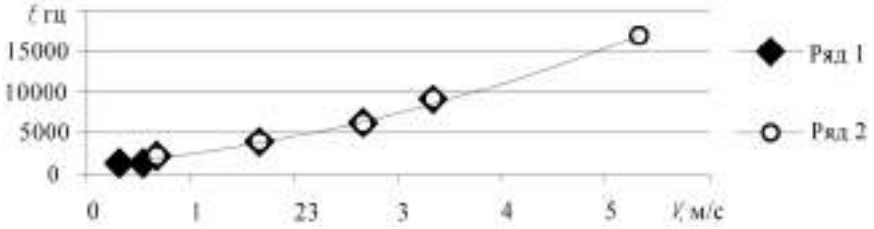


Рисунок 2 – Залежність частоти руйнування наросту (ряд 1) і утворення елементів стружки (ряд 2) від швидкості різання

Отже, за частотою руйнування наросту є можливість визначати частоту утворення елементів і, навпаки, частота утворення елементів дозволяє прогнозувати частоту руйнування наросту. І такий збіг є підтвердженням описаного механізму утворення елементної стружи.

Список літератури

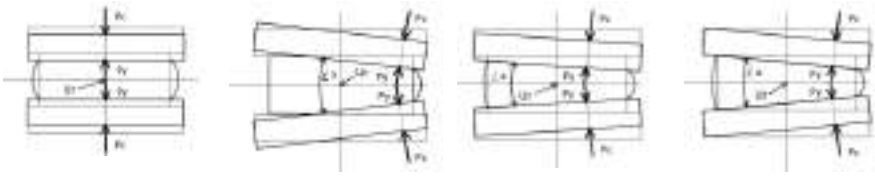
1. Тиме Иванъ. Сопротивление металловъ и дерева ръзанью. Теорія резанья и приложеніе ея къ машинамъ орудіямъ/ Иванъ Тиме. – С-Петербугъ: типографія В.Демакова, 1870. – 142 с.

2. Швец С. В. Системный анализ теории резания / С. В. Швец. – Сумы: Изд-во СумГУ, 2009. – 212 с.

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНОГО ПЕРЕНЕСЕННЯ ВЕКТОРА СИЛИ У КОМПЕНСАТОРІ СИСТЕМИ «ПРЕС-ШТАМП»

Глазко В. В., аспірант кафедри обробки металів тиском;
Кухар В. В., д-р техн. наук проф., завідувач кафедри обробки металів тиском, Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь

В процесі розробки принципу дії компенсатора, що забезпечує паралельне перенесення сили реакції центру тиску штампу, був проаналізований характер напружено-деформованого стану одинарного еластомірного пружного елементу довільного перетину. Додавання стискаючої сили викличе деформацію еластомеру, що призведе до появи рівних, співвісних стискаючим, сил пружності, що прагнуть повернути його в початковий стан. Для коректного аналізу були зроблені наступні припущення: еластомірний елемент є плоским і обмеженим в горизонтальній площині двома абсолютно жорсткими паралельними плитами, його матеріал ізотропний, сили, що його стискають, прикладені перпендикулярно поверхні обмежуючих плит. Виходячи з прийнятих припущень, можна вважати, що дана конструкція знаходиться в стані стійкої рівноваги незалежно від величини і ексцентриситету позацентрового навантаження до досягнення максимальних напружень в перерізі еластомеру, що припустимі для обраного матеріалу. Далі розглянемо типові деформації і епюри напружень, що з'являються в результаті застосування стискаючих сил в різних характерних точках горизонтального перетину еластоміру (рис. 1).



а б в г

Рисунок 1 – Характер стиснення еластомірного елементу при прикладанні сили: а) в центрі ваги перетину; б) в точці поза ядра перетину; в) в точці всередині ядра перетину; г) в точці контуру ядра перетину

Аналіз характеру НДС одинарного еластомірного пружного елементу, замкнутого між двома абсолютно жорсткими паралельними плитами, при прикладанні стискаючих сил в характерних точках його горизонтального перетину, дозволяє зробити наступні висновки:

1. При прикладанні стискаючих сил в межах ядра перетину, площа кожного еластомірного елемента, що сприймає розподілене навантаження, не змінюється і відповідає його загальній площі.

2. Зміна напрямку вектора стискаючої сили залежить від її величини.

3. Позацентрово стиснений еластомірний елемент, в даній конструкції, має властивість заломлювати вектор прикладеної стискаючої сили на кут, рівний куту між двома абсолютно жорсткими плитами.

4. Площиною заломлення вектора позацентрового навантаження в даній конструкції є площина, на якій лежить бісектриса кута між двома абсолютно жорсткими плитами, що обмежують еластомірний елемент.

На підставі аналізу НДС позацентрово навантаженого одинарного еластомірного елементу, обмеженого двома абсолютно жорсткими плитами, можна припустити, що паралельний перенос вектору технологічної сили в точку центру тиску штампа може бути реалізований при виконанні певних умов. Схему конструкції, що відповідає цим умовам, показано на рис. 2, де цифрами позначені: 1, 5 – зовнішні абсолютно жорсткі плити; 2, 4 – дзеркально розгорнуті еластомірні пружні елементи; 3 – конектор, буквами позначені: α – кут повороту між обмежуючими плитами та конектором, $P_т$ – технологічна сила; $P_{упр}$ – сила пружності; $R_{цдш}$ – реакція центру тиску штампу; e_1, e_3 – ексцентриситет, що компенсується еластомірними елементами; e_2 – ексцентриситет, що компенсується коннектором. Конектор – проміжна плита дворівневого еластомірного компенсатору, що підсилює ефект компенсації позацентрового навантаження і забезпечує повноту передачі розподілених навантажень між суміжними несучими площинами еластомірних елементів.

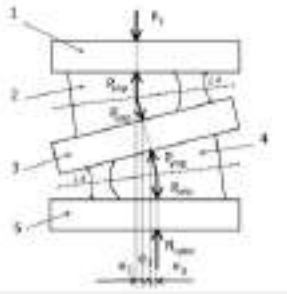


Рисунок 2 – Схема паралельного перенесення вектору сили у конструкції дворівневого компенсатору позацентрового навантаження

Слід зазначити, що при збігу напрямків векторів сили пружності верхнього і нижнього еластомірних елементів в точці, що лежить в середньому перетині проміжної плити, компенсація позацентрового навантаження, прикладеного до однієї з зовнішніх плит, відбувається без появи паразитних обертаючих моментів на зовнішніх плитах. Результати даного теоретичного дослідження повністю підтверджуються методами натурного і математичного моделювання. На підставі літературного огляду та патентного пошуку можна зробити висновок, що теоретичне обґрунтування можливості паралельного перенесення вектору сили зроблено вперше.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХНІ ПРИ СВЕРДЛІННІ ОТВОРІВ У ПАКЕТАХ ВУГЛЕПЛСТИК/ ТИТАНОВИЙ СПЛАВ

Баскаков Е. В., студент гр. ТМ-71, СумДУ, м. Суми

У останні два десятиріччя у світі спостерігається стійка тенденція до збільшення долі композиційних матеріалів у таких галузях промисловості як літакобудування, автомобільний транспорт, важкі пристрої та механізми. Залишається актуальною задача забезпечення якості обробленої поверхні у пакетах вуглепластик/титановий сплав.

Одним з параметрів якості поверхні отвору у пакетах вуглепластик/ титановий сплав є шорсткість, яка може залежати від комбінації геометрії свердла, зокрема головного кута в плані, режимів різання та технологічних особливостей виготовлення вуглепластику.

На основі аналізу наукових публікацій було визначено, що режими різання та пов'язані з ними температура свердління, та зношення свердла можуть бути суттєвими чинниками погіршення мікрорельєфу поверхні отвору після механічної обробки.

Було запропоновано виконати варіювання двох технологічних факторів на трьох рівнях, зокрема швидкості різання (від 15 до 65 м/хв), подачі (від 0,02 до 0,08 мм/об). Планування експерименту було виконано за методикою Тагуті, що дозволило отримати план з дев'яти дослідів. Експериментальний стенд було створено на базі фрезерного оброблювального центру DMU-85V. У ході експерименту контролювалась температура свердління, що здійснювалося засобами бездротового пристрою для вимірювання температури свердла методом штучної термопари К – типу, розміщеної під задньою поверхнею свердла. Передавання результатів вимірювання здійснювалося у режимі реального часу на ПК через Bluetooth інтерфейс, з частотою 200 Гц, та точністю до 0,5 °С. Вимірювання шорсткості обробленої поверхні проводилось на профілометрі Surfcom 5000 на базовій довжині 4 мм, по чотирьом критеріям, зокрема Ra, Rq, Rp, R3z, для шарів вуглепластику та титанового сплаву.

Аналіз результатів вимірювання засвідчив, що мінімальні або близькі до мінімальних значення середньоквадратичного відхилення профілю мікронерівностей, повної висоти профілю, максимальної глибини западин профілю на базовій довжині та середньої ширини елементів профілю були отримані при v = 40 м/хв та f = 0,05 мм/об. Було визначено, що при обробці шару вуглепластику значення параметрів шорсткості підпорядковується тренду до збільшення параметрів при збільшенні подачі, в той час як при свердлінні шару титанового сплаву навпаки до зниження, за винятком тих що стали локальними мінімумами.

Робота виконана під керівництвом: к.т.н., ст. викладач Колесника В.О.

ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ НА ВЕРСТАТІ З ПАРАЛЕЛЬНОЮ КІНЕМАТИКОЮ

Требухов Д.В., аспірант; Алєксєєв О.М., професор каф. ТМВІ

Необхідність у обробці складних просторових поверхонь із застосуванням високошвидкісного кінцевого фрезерування вимагає створення нового технологічного обладнання, що дозволяє досягти високих показників продуктивності та точності обробки. Для вирішення цієї задачі в останні роки почали широко застосовувати верстати, засновані на механізмах з паралельною кінематикою, які не тільки забезпечують вищезазначені вимоги до процесу обробки, але і підвищують якість оброблюваних виробів.

У проведеному дослідженні розглянуто механізм паралельної кінематичної структури на основі “Платформи Стюарта” (гексапод), що містить шість лінійних приводів в виді гвинтових передач, реалізуючих керування шістьома узагальненими координатами платформи.

Під час дослідження проблеми, було визначено що на даний час в умовах економічної нестабільності закупівля та використання верстата такої конфігурації достатньо затратна. Тому було поставлене первинне завдання знайти менш матеріально затратний спосіб обробки деталей який дозволить досягнути такої самої точності обробки але з меншими затратами.. Рішення знайшли в «Дельта» принтері, який після модернізації заводськими деталями дозволить реалізувати обробку деталі складної форми типу «крильчатка відцентрового насосу».

Для розробки розрахункової моделі було прийнято рішення про використання програмного забезпечення SolidWorks з активним пакетом додаткових можливостей Simulation який в подальшому дозволив модернізувати побудовану модель під обробку. Під час моделювання було прибрано всі деталі які використовувалися під час 3Д-друку, та встановлено шпиндель з патроном, поворотний стіл та збільшена товщина тяг із Ø6 мм до Ø8 мм. Для процесу фрезерування був вибраний інструмент та початкові дані для розрахунку режимів різання із каталогу Seco що дозволило скоротити час розрахунків. Після розрахунку частотного аналізу було встановлено небезпечні моди у трьох напрямках: X при частоті 23.491 Герц масова участь становила 57.7 %,Y при частоті 23.483 Герц масова участь становила 57.7 %, Z при частоті 692.18 Герц масова участь становила 45.1 %. Розрахунок режимів різання виконувався у Walter.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень дозволять модернізувати конструкцію Дельта принтера які в свою чергу дадуть можливість виготовляти деталі складної форми. Модернізована за результатами досліджень експериментальна установка в перспективі буде рекомендована до використання невеликими компаніями по виготовленню, продажі та гарантійному і після гарантійному обслуговуванні відцентрових насосів в ремонтному цеху компанії.

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ»

ЗАСТОСУВАННЯ ЕВРИСТИЧНИХ ПРИЙОМІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

Коба Д. Р., студ. гр. ТМ.м-01; Кушніров П. В., доц. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

Методика пошукового конструювання верстатних пристроїв на базі системно-функціонального та структурного підходів була запропонована з метою інтенсифікації процесу створення технологічної оснастки. При цьому дана методика може бути теоретичною основою для розробки систем автоматизованого проектування верстатних пристроїв [1].

Евристичні (від слова «евристика» - «знаходжу», «відкриваю») логічні прийоми і методичні правила знайшли широке застосування в технічній творчості. Їх основне призначення полягає в активізації творчої діяльності для вирішення поставленого перед інженерним працівником завдання в умовах неповноти вихідної інформації та відсутності чіткої програми управління процесом вирішення завдання. Найбільш поширеними евристичними прийомами є мозковий штурм, метод евристичних прийомів, морфологічний аналіз і синтез, функціонально-вартісний аналіз. Зокрема, для створення високоефективної нової техніки потрібно подолання психологічної інерції та психологічних бар'єрів, обумовлених звичним способом мислення і типовими методами вирішення завдань певного класу.

Конструювання верстатних пристроїв із застосуванням евристичних методів, прийомів, тактик і стратегій передбачає використання і нових понятійних підходів. Наприклад, введено поняття силових полів (збурюючих, зрівноважувальних), що виникають при обробці заготовок, розглянуто функції (основні та допоміжні) елементів пристроїв та технічні носії, що їх реалізують. Також розглядаються основні аспекти індивідуальної та колективної технічної творчості, її методичне, інформаційне забезпечення та комп'ютерна підтримка. Важливими є відомості про закони та закономірності розвитку технічних систем, способи оцінювання та вибору проектних рішень, основи винахідництва і патентознавства, методи та засоби розвитку творчих здібностей людини, шляхи мобілізації підсвідомості, моральні аспекти технічної творчості.

Таким чином, розглянуті евристичні методи проектування дозволяють створювати оригінальні та більш досконалі конструкції верстатних пристроїв з поліпшеними параметрами, що в свою чергу сприяє підвищенню продуктивності та якості праці.

Список літератури

1 Половинкин, А.И. Поисковое проектирование и конструирование станочных приспособлений [Текст]: Учебное пособие / А.И.Половинкин, Г.С.Чумаков. – Волгоград: Изд-во Волгоградского политехнического института, 1987. – 133 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Сахно М. С., студент гр. ТМ.м-01; Дмитренко Н. Р., студент гр. ТМ.м-91; Маленко Р. Г., студент, гр. ТМ.м-92; Кудряшов В. С.; студент, гр. ТМ.м-92

Основне питання оптимального проектування конструкцій збігається з центральним питанням проектної справи – як призначити параметри проектованого об'єкта, щоб здійснити його максимальну техніко-економічну ефективність за умови забезпечення надійності, довговічності, технологічності, естетичних вимог та інших обмежень [1]. Під час проектування верстатних пристроїв (ВП), як елементів замкнутої ТОС це питання вирішується багато в чому традиційно або інтуїтивно. Тому структурно-параметрична оптимізація конструкції ВП, зокрема, оптимізація геометричних параметрів його елементів, сьогодні є актуальним завданням.

В результаті досліджень, спрямованих на удосконалення ТП виготовлення деталі «Диск 177.5610.000СК» спроектовано спеціальну конструкцію ВП для базування та закріплення заготовки на операції комплексній з ЧПК. Серед завдань оптимального проектування конструкцій найбільший розвиток отримало завдання про мінімум ваги або вартості конструкції за умови забезпечення вимог надійності [1]. Тож як критерій оптимальності під час проектування ВП було розглянуто необхідність забезпечення мінімальної ваги його елементів за умови забезпечення стійкого положення заготовки під час оброблення її поверхонь, що у свою чергу характеризується певним напружено-деформованим станом (НДС) системи «ВП-заготовка».

Як відомо, НДС конструкції – сукупність внутрішніх напружень і деформацій, що виникають під час дії на неї зовнішніх навантажень, температурних полів та інших факторів. НДС визначається розрахунковими або експериментальними методами у вигляді розподілення напружень, деформацій і переміщень в конструкції та є підставою для оцінювання статичної міцності і ресурсу конструкцій на всіх етапах її життєвого циклу. Для дослідження НДС системи «пристрій-заготовка» був використаний модуль *Static Structural* (статичний аналіз конструкцій) пакету математичного аналізу *Ansys Workbench*. В результаті попередніх досліджень системи «ВП-заготовка» статичним методом було виявлено її слабку ланку – «шайбу-прихват» (ШП), яка сприймає осьове зусилля з боку штоку механізованого приводу та притискає заготовку до установчої поверхні ВП. Як з’ясувалося, саме ШП, як елемент системи «ВП-заготовка» характеризується найбільшим рівнем внутрішніх напружень та пружних деформацій в умовах статичного навантаження. Тож подальші дослідження були зосереджені на пошуку оптимальних геометричних параметрів зазначеної ШП.

Конструктивно ШП являє собою диск діаметром D = 340 мм та висотою h. Під час проектування ВП були запропоновані два її конструктивних виконання: *А* (рис. 1, *а*) та *В* (рис. 1, *б*), що відрізняються наявністю центрального отвору та паза (для швидкої установки (знімання) ШП переміщенням, відповідно, в радіальному або осьовому напрямку), що є загальноприйнятим технологічним рішенням.

а *б*

Рисунок 1 – Ескіз «шайби-прихвата»: *а*) виконання А, *б*) виконання *В*

Аналіз конструкції ШП показав, що саме висота h визначає її спроможність ефективно сприймати осьове навантаження з боку силового механізму, що в результаті забезпечує певне зусилля закріплення заготовки. Ефективне сприйняття осьового навантаження в цьому випадку можна охарактеризувати як таке, що супроводжується виникненням допустимих пружних деформацій та внутрішніх напружень в конструкції ШП. Таким чином постає питання, якою має бути величина h, щоб забезпечити допустимий рівень деформацій та напружень в конструкції ШП за умови її мінімальної матеріалоємності. Так, з одного боку, збільшення величини h дозволить забезпечити «мінімальний» рівень деформацій та внутрішніх напружень, але «максимальну» матеріалоємність за рахунок збільшення об'єму та маси деталі. І навпаки, зменшення величини h дозволить забезпечити «максимальний» рівень деформацій та внутрішніх напружень, але «мінімальну» матеріалоємність. Експертний аналіз показав, що допустимим слід вважати рівень внутрішніх напружень, що не перевищує 10% (46 МПа) від межі міцності конструкційної сталі (як матеріалу ШП). В результаті проведення пошукового модельного експерименту, за наявних граничних умов (осьового навантаження (зусилля на штоку привода) 3500 Н) визначено оптимальну товщину ШП h = 14 мм (виконання *А*). При цьому максимальний рівень внутрішніх напружень в матеріалі ШП становить 32,6 МПа, осьова деформація – 0,07 мм.

Список літератури

1. Сергеев, Н. Д. Проблемы оптимального проектирования конструкций / Н. Д. Сергеев, А. И. Богатырев. Ленинград : Стройиздат, 1971. – 136 с.

Робота виконана під керівництвом к. т. н., доцента Євтухова А. В.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПІДШИПНИКОВИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ ШЛЯХОМ СУПЕРФІНІШУВАННЯ ЗА СПОСОБОМ ПОДВІЙНОЇ ОСЦИЛЯЦІЇ БРУСКІВ

Юсупов Д. А., студ. гр. ТМ-71; Євтухов А. В., доц. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

Однією з галузей застосування валів із циліндричними підшипниковими поверхнями (ЦПП) є харчова промисловість. Вал «FSK-0001.00.327» відтворює передачу крутного моменту з редуктора на стіл з виготовлення капсул спеціальної машини «MPV.B», що працює на АТ «Технологія». Деталь має дві ЦПП діаметром 60*k6* (шорсткість R_a = 0,8 мкм, допуск радіального биття 0,02 мм відносно осі центрів). Наведені технічні вимоги забезпечують потрібне з'єднання вала з підшипниками кочення та виконання його безпосереднього службового призначення.

Відомо, що остаточно показники ЦПП деталі формуються на оздоблювальних операціях ТП тонким шліфуванням, поліруванням або суперфінішуванням. Однак наведені методи оброблення не завжди забезпечують шорсткість поверхні за вимогами креслення. Наприклад, тонке шліфування здійснюється із підвищеним теплоутворенням і залишає на оброблювальній поверхні сліди високої температури (прожоги), окремі риски, подряпини, неоднорідну шорсткість. Суперфінішування і полірування не забезпечують точність форми і шорсткість поверхні, що спричинено недосконалістю їх кінематики. Для усунення наведених недоліків необхідно удосконалювати методи оздоблюваної обробки поверхонь валів, що є актуальним завданням технології машинобудування.

Спосіб подвійної осциляції брусків (ПОБ) усуває визначені недоліки на оздоблювальній стадії оброблення ЦПП валів. Робочим циклом способу ПОБ є ударно-циклічна та циклічна схеми різання абразивними брусками [1]. За наведеною схемою робочого циклу обробки були розроблені кінематичні схеми рухів абразивного інструменту, які реалізовувалися спеціально розробленою інструментальною головкою [2]. Остаточно показники шорсткості ЦПП забезпечуються оптимальними режимами різання, розробленими за спеціальною методикою.

Список літератури

1. Савчук, В. И. Технологические особенности обработки подшипниковых шеек валов суперфинишированием / В. И. Савчук, А. В. Евтухов // Сумы : Компрессорное и энергетическое машиностроение, №1 (39), март. – 2015. С. 52–55.

2. Пат. 122827 Україна, МПК (2021.01) B24B 35/00. Пристрій для суперфінішування / В. І. Савчук, О. В. Савчук, А. В. Євтухов, Д. А. Юсупов, В. О. Іванов, А. А. Папченко, заявник та власник патенту СумДУ. № а 201900252; заявлено 09.01.2019; опубл. 06.01.2021, Бюл. № 1.

ОБГРУНТУВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПУСТОТІЛИХ ВАЛІВ

Вєщєнікін В О., студент гр. ТМм-01, СумДУ, м. Суми

Якість роботи механізмів та машин залежить від точності виготовлення окремих деталей та точності їх складання. При цьому якість виготовлення та відповідність технологічних параметрів обробленої деталі вимогам креслення оцінюється на контрольній операції. Для контролю лінійних, діаметральних та кутових розмірів існує велике різноманіття універсальних шкальних та електронних вимірювальних пристроїв і їх контроль не викликає проблем. Цього не можна сказати про контроль параметрів форми та взаємного розташування поверхонь деталі однієї відносно іншої або їх сукупностей. Стандартні контрольно-вимірювальні пристрої (КВП) не завжди забезпечують доступ до контрольованих поверхонь.

Контроль параметрів радіального биття та співвісності більшості деталей типу валів здійснюється в центрах. При цьому вал містить центрові отвори, що є технологічними базами при його обробленні та вимірювальними базами під час контролю, тобто зберігається принцип постійності баз.

Для пустотілих валів, що мають наскрізний центральний отвір та допуски радіального биття зовнішніх поверхонь відносно цього отвору виникає проблема щодо суміщення технологічної та вимірювальної баз. Через це виникнення похибок при обробленні стає більш імовірним, що також посилюється недостатньою жорсткістю пустотілого вала у порівнянні із суцільним. Таким чином виникає потреба у розробленні КВП для визначення параметрів радіального биття зовнішніх поверхонь шийок пустотілих валів відносно центрального отвору.

На прикладі деталі «Штанга-сопло», що входить до складу насосу шламового НШБ 160, що є завданням для курсового проєктування та майбутньої кваліфікаційної роботи магістра розглянемо особливості проєктування КВП для деталей даного типу. У якості бази для даної деталі має бути обрано центральний отвір, а відсутність зазору у з'єднанні контрольованої деталі з оправкою має досягатися за рахунок роз тиснення оправки. При цьому застосування цангових та гідро пластових оправок досить дорого у дрібносерійному типі виробництва.

Тому у якості розтискного механізму пропонується виготовлення тонкостінної циліндричної оправки, яка вставляється у центральний отвір пустотілого вала за посадкою з мінімальним зазором. При цьому у циліндричній оправці є внутрішній конус, що при осьовому русі спряженого штока з конічною поверхнею розтискає циліндричну поверхню оправки і центрує деталь та дозволяє передати мінімальний момент для контролю.

Роботу виконано під керівництвом: к.т.н., старший викладач Дегтярьов І.М.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТИФТОВИХ КОНІЧНИХ З'ЄДНАНЬ У КОНСТРУКЦІЯХ ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

Герасько К. Р. студент гр. ТМм-01, СумДУ, м. Суми

Як відомо з [1] проєктуванням переналагоджуваних верстатних пристроїв (ВП) займаються світові вчені вже більше 20 років. Так як конструкції цих ВП за рахунок швидкого переналагодження установлювально-затискних елементів дозволяють обробляти певні групи деталей у межах їх технічних характеристик. Це суттєво дозволяє скоротити кількість ВП, терміни їх проєктування та виготовлення, що є важливим при постійному підвищенні конкуренції на машинобудівних підприємствах. Актуальність застосування переналагоджуваних ВП підтверджується їх моделюванням та виробничим впровадженням [2].

Досить часто у конструкціях ВП використовують штифти, для досягнення постійності положення допоміжних елементів пристрою відносно основних базових поверхонь плит, столів, корпусів та ін. Як правило для цього використовують циліндричні штифти, що мають ряд недоліків, а саме:

- при частих розбираннях циліндричного штифтового з'єднання через зминання мікронерівностей зменшується натяг у з'єднанні, що призводить до появи люфтів і як наслідок погіршення точності центрування;
- для монтажу та демонтажу штифта необхідно використовувати спеціальні пристрої, що забезпечують мінімальні похибки установлення;
- складання штифтового циліндричного з'єднання потребує високої кваліфікації робітників.

Ці недоліки можна ліквідувати шляхом застосування штифтових конічних з'єднань з конусністю 1:50. Особливо їх перспектива прослідковується у пристроях, де необхідно часто змінювати базові елементи для оброблення деталей іншої конфігурації. Адже для демонтажу штифта достатньо зрушити його в осьовому напрямку на 1-2 мм. При цьому кожен раз під час монтажу можна забезпечити постійний рівномірний натяг у з'єднанні без зміни розмірів штифта.

Список літератури

1. Gomez Valdez C. R. The impact of manufacturing flexibility on system performance a simulation based approach: Ph.D. Thesis. – Nottingham: University of Nottingham, 2010.
2. Ivanov V. Numerical simulation of the system «fixture–workpiece» for lever machining [Text] / V. Ivanov, D. Mital, V. Karpus, I. Dehtiarov et. al. // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2016, 12 p., doi: 10.1007/s00170-016-9701-2.

Роботу виконано під керівництвом: к.т.н., старший викладач Дегтярьов І.М.

СИСТЕМНО-СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙ СВЕРДЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РОЗТОЧУВАЛЬНОЇ ГРУПИ НА ПРИКЛАДІ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ КРИШКИ ПІДШИПНИКА

Тверезовський І. С. студент гр. ТМ-71, СумДУ, м. Суми

Деталі типу кришки підшипника призначені для осьової фіксації підшипника в посадковому місці корпусу. Також, дана деталь призначена для утримання всередині підшипника мастильного матеріалу, запобігання попадання пилу і бруду в підшипник. Дана деталь обрана для кваліфікаційної роботи бакалавра, а завданням є систематизація структури свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій для оброблення кришки з мінімальними витратами штучного часу. Для суттєвої економії часу на свердлильно-фрезерно-розточувальних операціях необхідною вимогою є оброблення деталі за одне установлення з мінімальними витратами допоміжного часу.

На даній деталі необхідно виконати оброблення шести рівномірно розташованих по колу отворів діаметром 9 мм під гвинти М8. При цьому отвори є східчастими з плоским торцем під потайні головки гвинтів. Розміри отворів з плоским торцем – діаметр 14 мм та глибина 8 мм.

Так як матеріалом деталі є сірий чавун марки СЧ21, то для оброблення з максимальною продуктивністю і для розгляду декількох структур технологічного процесу обираємо свердло спіральне, фрезу кінцеву з поперечною різальною кромкою, цековку, розточувальний різець та свердло центрувальне з однокарбідного твердого сплаву типу WC. Розглянемо декілька структур операції для порівняння:

- центрування, свердління, цекування;
- центрування, свердління, розсвердлювання, цекування;
- центрування, свердління, розточування;
- свердління, фрезерування;
- фрезерування, свердління.

Для остаточного визначення оптимальної структури свердлильно-фрезерно-розточувальної операції з оброблення отворів у кришці підшипника виконано розрахунок основного та допоміжного часу на «холості» ходи та зміну інструмента. При цьому використовувались методи оптимізації, що враховували вартість різальних інструментів для розглянутих структур. Результати показали, що з точки зору витрат часу та витрат на інструменти в умовах дрібносерійного виробництва оптимальною є наступна структура операції по переходам:

- фрезерування східчастих отворів з плоским торцем під потайні головки гвинтів (різальний інструмент кінцева фреза);
- свердління отворів діаметром 9 мм (різальний інструмент свердло).

Установлювальні та контрольні переходи однакові для всіх варіантів.

Роботу виконано під керівництвом: к.т.н., старший викладач Дегтярьов І.М.

ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВЕ ЗМІЦНЕННЯ ЦИЛІНДРОВИХ ВТУЛОК БУРОВИХ ПОМП

Кусий Я. М., доцент кафедри робототехніки та інтегрованих технологій машинобудування Національного університету «Львівська політехніка»; Погорілий Ю. О., студент гр. МП-22 Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів

Забезпечення необхідної точності оброблення та параметрів якості функціональних поверхонь виробів, їх експлуатаційних характеристик і показників надійності технологічними методами є пріоритетним напрямком сучасних досліджень у технології машинобудування зокрема і в прикладній механіці загалом.

При виготовленні виробів їх якість визначається множиною нормованих властивостей, параметрів і показників, пов'язаних із експлуатаційними характеристиками відповідно до службового призначення [1]. Технологічне забезпечення показників надійності і експлуатаційних характеристик виробів узгоджується з регламентуванням геометричних і фізико-механічних (фізико-хімічних) параметрів якості поверхневих шарів деталей [1-3].

Технологічний процес виготовлення деталей машин має пріоритетний вплив на забезпечення параметрів якості виробів від формування заготовок до кінцевих технологічних операцій їх виготовлення, а також на їх подальшу експлуатаційну надійність.

Найважливіші показники надійності – безвідмовність і довговічність забезпечуються сукупністю експлуатаційних властивостей деталей Усі експлуатаційні властивості безпосередньо залежать від якості поверхневого шару деталей, оскільки розвиток пошкоджень починається з поверхні [3].

Деталь "Втулка циліндрова НБ 32.02.102-02" циліндро-поршневої групи помпи НБ-32 забезпечує подачу рідини при зворотно-поступальному переміщенні поршня. Внутрішня циліндрична поверхня спряжена із поршнем, причому приблизно 33% випадків відмов бурових помп відбувається саме через зношування пари циліндрична втулка - манжета поршня [4].

Найхарактернішими видами пошкоджень втулки циліндрової є різновиди абразивного зношування [4].

З позиції функціонально-орієнтованого проектування [1] технологічних процесів (ТП) оптимізовано структуру ТП виготовлення циліндрової втулки. Внутрішньо-шліфувальну операцію замінено вібраційно-відцентровою, оскільки методи поверхневого-пластичного деформування у 2-12 разів зменшують інтенсивність зношування деталей машин порівняно із абразивною обробкою [3].

При цьому точність оброблення для внутрішньої поверхні втулки забезпечується на токарно-гвинторізній операції.

Експериментальні дослідження проведено на машині об'ємного вібраційного оброблення, адаптованій під вібраційно-відцентрове зміцнення (ВВЗ$_а$), причому замінили традиційний матеріал втулок сталь 40Х ГОСТ 4543-80 на сталь 20, сталь 45 ГОСТ 1050-80.

Параметри режимів оброблення: амплітуда коливань контейнера – А=4 мм; осьовий хід обкатника – 2-5 мм; заповнення робочого об'єму деформівними тілами між внутрішньою поверхнею втулки та зовнішньою поверхнею обкатника – 0,75-0,85. Тривалість оброблення на кожному переході – 10-15 хв [2].

Оброблення ВВЗ$_а$ здійснювали у такій послідовності: оброблення деформівними тілами – стальними загартованими кульками ∅ 10 мм; зміцнення внутрішньої поверхні виробів кульками ∅ 8,5 мм; очищення обробленої поверхні уралітом; нанесення твердосплавного покриття ВК8 для підвищення зносостійкості [2].

Оброблення циліндрової втулки ВВЗ$_а$ зменшує висотні параметри її функціональної поверхні (*Ra, Rz, Rmax, Rp)* у 3-5,8 разів при зменшенні у 1,5-2,4 рази середнього кроку нерівностей по вершинах *S* після нанесення твердосплавного покриття та сталості середнього кроку нерівностей профілю *Sm*. Поряд з тим, після оброблення внутрішньої поверхні кульками ∅ 8,5 мм і нанесення твердого сплаву параметри шорсткості змінюються до *Ra*=0,96-1,12 мкм, що перевищує обумовлене конструктором значення *Ra*=0,8 мкм [2].

Після виготовлення віброоброблені та оригінальні втулки у парі було встановлено на бурові установки для натурних випробувань. Для віброзміцнених циліндрових втулок бурових помп **с**ереднє напрацювання на відмову $T_{сер.}$ втулок підвищилося в 1,65 рази порівняно з базовими втулками. Окрім цього, заміна матеріалу зі сталі 40Х на сталь 20, 45 для віброзміцнених втулок зменшує складову технологічної собівартості їх виготовлення [2].

Список літератури

1. Ступницький, В.В. Проектування функціонально-орієнтованих технологій механічного оброблення деталей засобами паралельного інжинірингу / Вісник Донецького національного технічного університету «Прогресивні технології і системи машинобудування», № 1 (45), 2013. – С. 249-256.

2. Кусий, Я.М., Топільницький, В.Г., Василів, Х.Б. Дослідження мікрорельєфу віброзміцнених втулок бурових помп / Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні", №. 713, 2011. – С. 171-175.

3. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. – М.: Машиностроение, 1987. – 208 с.

4. Кирсанов А.Н., Зиненко П.В., Кардыш В.Г. Буровые машины и механизмы. – М.: Недра, 1981. – 448 с.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ЗАТИСКАННЯ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ФОРМИ

Сидоров Ю. Є, студ. гр. ВІ.м-01; Некрасов С. С. доц. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

Робочі процеси сучасних машин характеризуються високими значеннями швидкостей, навантажень, температур. Деталі простої конфігурації в таких умовах зазвичай виявляються непрацездатними. Тому деталі все частіше конструюють більш складної форми, з метою підвищення їх міцності та зменшення ваги. Закріплення таких деталей на операціях обробки виявляється більш складним ніж закріплення деталей простої форми, а відповідно стає неможливим використовувати універсальні пристрої.

Разом з тим для закріплення деталей на операціях механічної обробки використовуються спеціальні переналагоджувані пристрої які призначені для одного окремого типу деталей. У випадку коли підприємство виготовляє широку номенклатуру деталей це призводить до накопичення великої кількості пристосувань.

Для вирішення всіх цих проблем пропонується використання автоматичного затискного пристрою у якого затискні поверхні можуть адаптуватись до профілю геометрії деталі.

Базуюча поверхня пристрою утворена групою підпружинених циліндричних штифтів (рисунок 1), які після копіювання профілю деталі фіксуються в жорсткому положенні і в подальшому утворена поверхня дозволяє закріплювати такі самі деталі на операціях механічної обробки. Відповідно такий підхід може копіювати поверхні будь яких типів деталей: вилки, важелі, шатуни, коромисла, штовхачі та інші.

Рисунок 1 – Загальний виглядь базуючої поверхні пристрою

Для автоматизації затиску деталей пропонується використати пневматичний привід пристрою. При цьому пристрій має працювати за певним алгоритмом. Перший крок – це копіювання профілю деталі, по завершенню якого потрібно виконати другий крок – фіксація групи штифтів в робочому положенні, що дозволить перейти до наступного третього кроку роботи пристрою – створення необхідного зусилля закріплення.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВАЛА-ШЕСТЕРНІ ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ МЕТАЛЕВОГО ПОКРИТТЯ

Лазарєв М. С. студент гр.ТМ.м-01, СумДУ, м. Суми

Для захисту деталей і заготовок при їх гарячому обробленні застосовують різні металеві покриття. Основний метод нанесення захисних металевих покриттів – гальванічний (електрохімічне осадження металів у гальванічній ванні при проходженні через розчин електроліта постійного струму). Застосовують також й інші методи:

– термодифузійний – метод, що базується на поверхневому насиченні основного металу атомами легуючого компонента в результаті дифузії його при високих температурах);

– плакування – термомеханічний спосіб, який полягає в тому, що на матрицю основного металу накладають з обох боків листи іншого металу, потім весь пакет піддають гарячій прокатці;

– металізацію розпиленням – нанесення розплавленого металу на поверхню виробів за допомогою струменя стисненого повітря або інертного газу;

– занурення у розплав.

Найбільш ефективними та екологічними методами є плакування заготовок м'якою сталлю, міддю, наплавленням на заготовки плазмовим методом тонких шарів жароміцного сплаву. Електролітичне осадження на деталі мідних покриттів дозволяє захистити окремі ділянки деталей від вуглецювання при хімікотермічній обробці.

Так як вал-шестерня знаходиться у запірному пристрої і запобігає зворотному потоку робочого середовища, в процесі роботи він зазнає значних контактних навантажень. Для запобіганню інтенсивного зношування та зменшенню дії агресивного середовища на вал-шестерню запропоновано удосконалити конструкцію шляхом наплавлення на робочі поверхні тонкого шару металу.

При плазмовому наплавленні забезпечується висока якість наплавленого металу, мала глибина проплавлення основного металу при високій міцності зчеплення, можливість наплавлення тонких шарів.

Виходячи з габаритів деталі, її матеріалу та умов експлуатації, вибраний спосіб в динамічному вакуумі LPPS-Low Pressure Plasma Spray, при цьому матеріал наплавлення – 12Х18Н10Т, глибина проплавлення основного металу становить 0,3 мм, висота наплавленого валика 3,8 мм. Змінюючи величину струму, можна регулювати частку основного металу і продуктивність наплавлення. Таким чином, наплавлення буде здійснене на зовнішніх циліндричних поверхнях ∅105 мм та ∅125 мм довжиною 95 мм й 150 мм відповідно.

Робота виконана під керівництвом: ст. викладач, к.т.н., Нешта А.О.

ЛАЗЕРНИЙ ВЕРСТАТ

Амелін М. М., студ. гр. ТМ-71-9; Ступін Б. А., доц. каф. ТМВІ;
Іванов В. О., зав. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

На сьогоднішній день лазер успішно задіяний у великій кількості різних технологічних процесів: різання, зварювання, свердління отворів, маркування, гравіювання і багато іншого. І найчастіше цей метод має ряд переваг порівняно з іншими способами оброблення, наприклад, свердління отворів відбувається значно швидше. Крім цього деякі види операцій, які було дуже важко виконати раніше, зараз стають цілком реальними і значно більш доступними за вартістю. Тому зараз лазерне обладнання застосовують для різних промислових цілей.

Лазерний промінь може не тільки руйнувати, а й зміцнювати деталі, загартовуючи їх з поверхні. Сталева деталь при цьому стає твердою і стійкою до тертя, хоча і досить крихкою. Лазер допомагає садити літаки. Ідеально прямі, яскраві промені різнокольорових лазерів утворюють в повітряному просторі аеродрому розмітку, по якій літак може точно вийти на посадку. Лазер здатний не тільки полегшувати життя здорових людей, він може і лікувати хворих. Лазерним променем можна зробити розріз шириною в тисячну частку міліметра. Залежно від енергії, яку він несе, і часу впливу він може коагулірувати судину або, навпаки, пробити в ній отвір. Враховуючи такий спектр можливостей лазерного обладнання та його удосконалення у різних сферах, можна допустити, що він буде тільки розширюватись.

Усі виконувані роботи на лазерному обладнанні відрізняються високою якістю і максимальною точністю. Верстат може виконувати складну графіку у вигляді різноманітних зображень за допомогою програми обробки. Виготовлення сувенірної продукції, гравірування та оформлення контурів. Крім того, для неперервної роботи верстата, передбачена система управління за допомогою комп'ютера. Верстат дає змогу переміщатися автоматично по двом осям: X та Y, та вручну по осі Z. Легкий у доукомплектуванні, проста та швидка заміна лазерного вузла на різні потужності лазера. Зокрема, на верстаті можна запрограмувати завдання на виготовлення художнього гравірування, написи, малюнка в графічному форматі 3D. Лазерний верстат призначений для роботи із деревом, фанерою, пластиком, пінопластом, полікарбонатом, воском, текстолітом, кольоровими металами. На верстаті можливе гравіювання кольорових металів, скла, а також каменю.

У роботі розроблено конструкцію лазерного верстата. Запропоновано принципову схему складання та спроектовано технологічний процес, що дозволяє виконати складання крок за кроком. Виконано налагодження окремих складальних одиниць і верстата в цілому. Підключено до системи ЧПК, що дозволяє в автоматизованому режимі здійснювати керування верстатом.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ КРОНШТЕЙНИ

Колос В. О., асп.; Іванов В. О., зав. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

Деталі типу кронштейни характеризуються складністю форми та високими вимогами до точності форми розташування оброблюваних поверхонь. Отже, мінімізація переустановлень заготовки у процесі виготовлення деталі є одним із способів забезпечення високої точності оброблення.

Для реалізації схеми базування на комплексній операції на оброблюваному центрі з ЧПК запропоновано гнучкий верстатний пристрій для оброблення деталей типу кронштейни [1].

Із отриманих результатів чисельного моделювання визначили, що максимальні еквівалентні напруження, які виникають у деталях під час оброблення, та на їх контактних поверхнях (18-560 МПа), не перевищують допустимих значень навантажень (650 МПа).

Визначені власні частоти коливань (565-1405 Гц) верстатного пристрою та встановлено, що жорсткість запропонованого конструкторського рішення достатня для виготовлення деталі типу кронштейни та резонанс не виникає, оскільки перша критична частота (565 Гц) значно перевищує частоту процесу різання (120 Гц).

Визначені значення переміщень точок у зоні оброблення для гнучкого верстатного пристрою запропонованого технологічного процесу. Теоретичні дослідження амплітудно-частотної характеристики верстатного пристрою дозволили встановити величини амплітуд коливань (1,04–4,1 мкм) у зонах оброблення та підтвердили працездатність запропонованого гнучкого верстатного пристрою, адже значення амплітуд не перевищують допусків на оброблення відповідних поверхонь [2].

Список літератури

1. Іванов В.О., Залога В.О., Колос В.О. Інтенсифікація механічного оброблення деталей типу кронштейни / В. О. Іванов, В. О. Залога, В. О. Колос // Прогресивні технології у машинобудуванні : збірник наук. праць. IX Міжнар. наук.-техн. конф., Львів – Плай, 3-7 лютого 2020 р. – Львів, 2020. – С. 87–90.
2. Іванов В. О., Колос В. О., Шоломицький О. Л. Чисельне моделювання верстатного пристрою для багатокоординатного оброблення деталей типу кронштейни / В. О. Іванов, В. О. Колос, Л. О. Шоломицький // Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів : збірник наук. праць. VI Міжнар. наук.-техн. конф., Луцьк, 2-4 червня 2020 р. – Луцьк, 2020. – С. 151–153.

МОДУЛЬНИЙ ВЕРСТАТ

Шоломицький О. Л.,студ. гр. ТМ-71-9; Беседін М.Є., студ. гр. ТМ-81/1;
Ступін Б. А., доц. каф. ТМВІ; Іванов В. О., зав. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

Модульне проектування дає можливість створювати верстатні системи з підвищеними техніко-економічними показниками і дозволяє отримувати порівняно невисоку вартість виробленого обладнання. Складання верстатів на основі модульного підходу значно скорочує терміни розроблення і виготовлення верстатів при збереженні високої надійності та якості, оскільки мехатронні модулі аналогічних конструкцій вже спроектовані, випробувані і перевірені в роботі.

Модульна конструкція верстату складається, в основному з ходових частин, які поєднуються між собою за допомогою з'єднувальних елементів, що дозволяє виконувати оброблення в повному обсязі, аналогічно як і для стандартних верстатів.

Передбачено, що з комплекту елементів можуть бути складені різні компонування верстатів, зокрема, токарний верстат, горизонтально-фрезерний верстат, вертикально-фрезерний верстат, шліфувальний верстат, свердлильний верстат та багато інших компонувань.

У комплект входять різці для токарних робіт, свердла для центрового свердління, свердла для координатного свердління, фрези різних діаметрів тощо. Салазки супортів мають тип «ластівчин хвіст» та механізм регулювання натягу. Маховички на супортах забезпечені рухомою шкалою (ціна поділки 0,05 мм) з можливістю установки до нуля.

Основні конструктивні елементи верстату виготовлені з алюмінію та пластмаси. Усі вузли верстату повністю уніфіковані і мають можливість поєднання з іншими деталями, які входять до складу серії комплекту. Також до комплекту входить кроковий двигун, передаючі ремені, захисні окуляри.

Спектр доступних робіт включає в себе продольне або поперечне точіння і розточування, свердління, розсвердлювання та фрезерування, що дозволяє обробляти вали, втулки, труби з дерева або кольорових металів, фінішне шліфування, заточування інструменту або оброблення важкодоступних місць.

Наприклад, компонування електролобзик дозволяє виконувати розкрой матеріалу, зокрема, фанеру, тверду деревину, коркову деревину, пластмаси та тонкі металеві пластини.

У фрезерному компонуванні можна виготовляти деталі шпонкових, шліцьових та інших з'єднань. Передбачено ділильну головку, а також поворотний шпиндель, що значно розширює технологічні можливості. Токарне компонування дозволяє закріплювати деталь у планшайбу, закріплювати деталь в цанзі або у центрах.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЖОРСТКОСТІ ГНУЧКОГО ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВИЛКИ

Шоломицький О. Л., Амелін М. М., студенти гр. ТМ-71-9; Андрусишин В. К., аспірант; Павленко І. В., д-р техн. наук, професор каф. КМ ім. В. Марцинковского; Іванов В. О., д-р техн. наук, професор, завідувач каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

Одна з найголовніших задач у сучасному виробництві – це підвищення конкурентоспроможності виробів. Цього можна досягнути, оптимізувавши технологічні показники виробництва, а саме: підвищенням продуктивності виробництва, зменшивши час виробництва продукції, підвищивши якість продукції. Через високу багатономенклатурність виробництва виникає потреба в частих переналагодженнях для оброблення деталей іншої партії, тому доцільно спроектувати пристрій з можливістю автоматизованого переналагодження для розміщення конструктивно подібних деталей у межах визначених технічних характеристик. Перед запуском у виробництво необхідно визначити жорсткість системи «верстатний пристрій – деталь», а, отже, актуальним є розробити відповідну методику.

Метою роботи є підвищення ефективності механічного оброблення деталей типу вилки в умовах багатономенклатурного виробництва за рахунок впровадження гнучких верстатних пристроїв.

У результаті досліджень запропоновано та розроблено методику розрахунку жорсткості механічної системи «верстатний пристрій – заготовка», що дозволяє визначати похибки оброблення деталей типу вилки, що сприяє скороченню витрат часу на проектні процедури при технологічній підготовці виробництва.

Запропонований підхід дозволяє розрахувати гнучкий верстатний пристрій під партію деталей, виконавши лише один розрахунок методом скінчених елементів (подальший розрахунок переміщень заготовки виконується згідно з отриманими залежностями) та встановити допустимі сили/моменти закріплення та сили/моменти різання. Суть даного методу полягає у визначенні впливу сил/моментів закріплення та сил/моментів різання на лінійні/кутові переміщення заготовки через коефіцієнти впливу.

Запропоновано, теоретично обґрунтовано та доведено, що нова конструкція гнучкого верстатного пристрою, що забезпечує багатокоординатне оброблення деталей типу вилки у певному діапазоні типорозмірів за рахунок автоматизованого переналагодження установлювально-затискних елементів, сприяє інтенсифікації технологічного процесу та забезпеченню точнісних показників при механічному обробленні.

Практичне значення дослідження полягає у тому, що розроблено конструкторсько-технологічну документацію на верстатний пристрій, інженерну методику розрахунку механічної системи «верстатний пристрій – заготовка».

СЕКЦІЯ «СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ»

ЗАСТОСУВАННЯ ДІАГРАМИ ІСІКАВИ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА БЕЗПЕКУ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ КАЛЬЦІЙ ГІДРОКСИАПАТИТУ

Чернобровченко В. С., аспірант; Дядюра К.О., професор кафедри ТМВІ; Мчедлішвілі Н. С., студент гр.МЦ.м-806, СумДУ, м. Суми

Методи оперативного лікування переломів і захворювань кісткової системи завжди мали широке розповсюдження. Виникла активна тенденція в розробці матеріалів, що направлені на створення тканей, які замінюють пошкоджені шкірні покриви, кровоносні судини, м'язову тканину, нервові волокна, кісткові тканини. Сучасна медицина застосовує використання штучних імплантатів – біоматеріалів для заміни пошкоджених тканин і органів. Біоматеріали – матеріали, що слугують границею розділу з біологічними системами, для того, щоб оцінювати, лікувати нарощувати або замінювати будь-яку тканину, орган чи функцію тіла. В ортопедії використовується кальцій-фосфатна кераміка на основі гідроксиапатиту $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ і трикальцієвий фосфат $Ca_3(PO_4)_2$, які за складом найбільш близькі до мінеральної складової кістки. Матеріал повинен бути біохімічно сумісний з тканинами організму. Біосумісність – це здатність матеріалів, виробів або засобів виконувати свої функції та не викликати суттєвих негативних реакцій в організмі, й зокрема запальних реакцій і системних патологічних процесів. Про наявність же чи відсутність таких реакцій ми можемо дізнатися за допомогою токсикологічних досліджень, без проведення яких неможливо бути впевненими у біосумісності того чи іншого матеріалу. У зв'язку з цим виникає необхідність аналізу факторів, що можуть вплинути на порушення технології виготовлення гідроксиапатиту і як наслідок, на доцільність використання матеріалу. Фактори, що впливають на ризики при застосуванні:

- метод і умови виготовлення (температурні режими, час, тиск і т.д.);
- фізико-механічні властивості (пористість, розмір зерен, міцність тощо);
- біологічні властивості (остекондукція, остеоіндукція, остеоінтеграція, розчинність інгредієнтів матеріалу та ін.);
- особливості пацієнта (особливості організму, травми);
- медичний персонал (кваліфікація лікаря, досвід лікаря, порушення санітарного режиму, стан приміщення);
- вид дослідження (ex vivo, en vivo);
- оцінка і дослідження (вимоги до поводження з тваринами; генотоксичності, канцерогенності та токсичної дії на репродуктивну функцію; взаємодія з кров'ю; дослідження на цитотоксичність: методи in vitro; дослідження місцевої дії після імплантації; залишковий вміст етиленоксиду після стерилізації; кількісне визначення потенційних продуктів

деградації; дослідження загальнотоксичної дії; моделювання та дослідження токсикокінетики продуктів деградації і вимивання; хімічні властивості матеріалів; фізико-хімічних, морфологічних і топографічних властивостей матеріалів; дослідження імунотоксичної дії медичних виробів.

Клінічні випробування регулюються стандартами:

- ДСТУ EN ISO 15189-2015 Медичні лабораторії. Вимоги до якості та компетентності (EN ISO 15189-2012, IDT);

- ДСТУ EN ISO 14155-2015 Клінічні дослідження медичних виробів для людей. Належна клінічна практика,

Стандарт ДСТУ EN ISO 15189-2015 описує вимоги до якості і компетентності медичних лабораторій, ДСТУ EN ISO 14155-2015 – проведення клінічних випробувань.

Розроблення заходів щодо забезпечення безпеки медичних виробів можливо здійснювати на основі побудови діаграми Ісікава (Isikava diagram), яка дозволяє графічно визначити ключові причинно-наслідкові взаємозв'язки між чинниками та наслідками проблеми дослідження. Така діаграма створює можливість визначати суттєві взаємозв'язки між різними факторами та виявляти чинники, які здійснюють найбільш значний вплив на заходи щодо безпеки біоматеріалів. Один з недоліків діаграми Ісікави – логічний ланцюжок причин і факторів, що ведуть до першопричини, розглянути не представляється можливим. Другий – діаграма може виразитися в дуже складній схемі і не мати чіткої структури, що ускладнює об'єктивний аналіз і виключає можливість зробити максимально правильні висновки. Діаграма Ісікави може використовуватися в медицині як аналітичний інструмент для перегляду дії можливих факторів та виокремлення найбільш важливих причин, дія яких породжує конкретні наслідки. (рис.1).

Рисунок 1 – Діаграма Ісікави

Проаналізувавши дану діаграму, можна зробити висновок, що клінічна оцінка і дослідження, фізико-механічні властивості, метод і умови виготовлення і медичний персонал є одними з найвагоміших факторів, що забезпечують біобезпеку матеріалів на основі кальцій гідроксиапатиту.

ЯКІСТЬ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ВИРОБІВ

Денисенко Ю. О., ст. викладач каф. ТМВІ, Царицин В. О., аспірант;
Корнієнко А. О., студент гр. ТМ-81, СумДУ, м. Суми

Складнопрофільні деталі характеризуються складністю схем установлення та недостатньою інструментальною доступністю. Це обумовлюється складним просторовим розташуванням елементарних поверхонь, з яких вони складаються. До деталей складної форми можна віднести наступні: деталі літальних апаратів, корпуси полегшених машин, форми для заготівельного виробництва. При контролюванні параметрів таких деталей виникають складності вибору контрольно-вимірювальних засобів та забезпечення необхідних методик вимірювання. В цьому разі на ремонтному виробництві окрім забезпечення вимірювань із заданою точністю виробів є важливим і забезпечення: оптимального застосування для умов заданого ремонтного виробництва системи найбільш прийнятних засобів контролю і вимірювання, які можуть складатися з універсальних, стандартизованих, прогресивних і автоматизованих, а також із комплексу засобів вимірювання; удосконалення методик контрольно-вимірювальних процесів ремонтного виробництва; зниження трудомісткості контрольно-вимірювальних методик.

Аналіз світового досвіду дозволяє визначити явні недоліки вибору засобів вимірювання при розробці технологічного процесу контролю складнопрофільних деталей: призначення засобів вимірювань ведеться окремо для кожної операції, що є неефективним для багатономенклатурного ремонтного виробництва; призначення універсальних і стандартизованих засобів вимірювання є неефективним за наявності прогресивних і автоматизованих засобів контролю; висока трудомісткість контролю в умовах відсутності автоматизованих засобів для формування результатів контролю; відсутність підвищення кваліфікації контролера, в зв'язку з використанням простих контрольно-вимірювальних засобів. Зазначені питання значно обмежують якість процесу контролю. У зв’язку з цим актуальним завданням є удосконалення якості процесу контролю параметрів складнопрофільних деталей. Для цього запропоновано виділити основні параметри якості процесу контролю складнопрофільних деталей:

- закріплення зв за деталями
- рівень автоматизації
- трудомісткість контролю
- кваліфікація контролера
- трудомісткість підготовки до контролю

Отже аналізуючи вищезазначене доцільно розробити метод оцінювання якості процесу контролю складнопрофільних деталей із застосуванням запропонованих показників якості.

СТАНДАРТИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ ДІЇ МЕДИЧНИХ ВИРОБІВ НА СТАДІЇ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ

Чернобровченко В. С., аспірант; Дядюра К. О., професор каф. ТМВІ;
Хвостова В. К., студентка гр. СТ.мз-02с, СумДУ, м. Суми

Синтетичні кісткові замінники гідроксиапатит і β-трикальцій фосфат виявляють хорошу біоактивність, біосумісність і антибактеріальні властивості in vitro для інженерії кісткової тканини. Оцінка біологічної дії медичного виробу ґрунтується на методах дослідження in vitro та ex vivo і на тваринних моделях, так що очікувана поведінка при використанні виробу людиною може бути встановлена тільки з обережністю, тому, що не можна однозначно зробити висновок, що у людини будуть такі ж реакції. Як виглядають дослідження на практиці? Значна частина досліджень передбачає роботу з даними, незалежно від того, є ці дані кількісними результатами експериментів чи теоретичними даними, які зібрані в результаті аналізу попередніх досліджень. Виробник повинен документувати і підтримувати у робочому стані безперервний процес ідентифікації небезпек, пов'язаних з медичним виробом протягом усього його життєвого циклу. Процес точного документування результатів експерименту є особливо важливим. Проте, у медицині забезпечення прозорості даних про результати досліджень, все ще потребує системного підходу. Розробка біоматеріалів, компонентів готових медичних виробів, а також тривимірний друк та регенеративні лікарські засоби регулюється різноманітними міжнародними та національними стандартами і рекомендаціями. Міжнародні стандарти та керівні принципи надають патологоанатомам, токсикологам, біоінженерам та суміжним професіоналам джерело важливих нормативних документів, які можуть застосовуватися до неклінічної розробки продукції. Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) розробляє основні нормативні стандарти, зокрема серію ISO 10993, щодо неклінічної біосумісності та тестування медичних виробів. В Україні гармонізовані такі міжнародні стандарти:

– ДСТУ EN ISO 10993-1:2015 Біологічне оцінювання медичних виробів. Частина 1. Оцінювання і тестування в рамках процесу управління ризиками.

– ДСТУ EN ISO 10993-6:2019 Біологічне оцінювання медичних виробів. Частина 6. Тести на локальні впливи після імплантації.

– ДСТУ EN ISO 10993-3:2018 Біологічне оцінювання медичних виробів. Частина 3. Випробування на генотоксичність, канцерогенність і репродуктивну токсичність.

– ДСТУ EN ISO 10993-9:2015 Біологічне оцінювання медичних виробів. Частина 9. Основні принципи якісного та кількісного аналізу потенційних продуктів деградації.

– ДСТУ EN ISO 10993-12:2015 Біологічне оцінювання медичних виробів. Частина 12. Відбирання зразків та еталонні матеріали.

– ДСТУ EN ISO 10993-17:2015 Біологічне оцінювання медичних виробів. Частина 17. Встановлення допустимих меж для вилуговувальних речовин.

Діапазон біологічних ризиків широкий. Ризики існують протягом усього життєвого циклу медичного виробу. Ризиками, виявленими на одній стадії життєвого циклу медичного виробу, можна керувати за допомогою дій, на іншій стадії життєвого циклу. Неможливо розглядати тільки взаємодію тканин з основним матеріалом окремо від загальної конструкції виробу і при створенні його, вибір найкращого матеріалу з точки зору взаємодії з тканинами може привести до менш функціонального виробу, так як взаємодія з тканинами є тільки однією з багатьох характеристик, які слід врахувати при виборі. Якщо матеріал призначений для взаємодії з тканинами при виконанні своєї функції, біологічна оцінка повинна це враховувати. Серія ISO 10993 є найбільш застосовною для неклінічних досліджень на тваринах, і багато з цих документів, зокрема ISO 10993-1, містять алгоритми, що керують потребами в дослідженні та допомагають структурувати плани розвитку. ISO 10993-6: 2016 має першорядне значення для токсикологічних патологів для оцінки імплантованих біоматеріалів. ISO 10993-11: 2017 для системних випробувань та 10993-3: 2014 щодо канцерогенності також є цінними ресурсами. Слід зазначити, що нещодавно ISO 10993-6: 2016 був оновлений із важливими змінами, включаючи: пропозицію зібрати та оцінити лімфатичні вузли, що дренують місце імплантації, необхідність оцінки ремоделювання тканин до норми тканин, коли це доречно, позначення що для характеристики реакцій імплантатів можуть знадобитися додаткові спостереження, окрім напівкількісного оцінювання, зміни інтерпретаційної термінології для оцінок імплантатів (оцінки реакцій, а не оцінки подразнення), включення прикладу шаблону напівкількісного оцінювання для нервових тканин у Додаток Е та приклад посилання на оцінку для полі-L-лактидних імплантатів. Інші стандарти ISO 10993 представляють інтерес для загального проектування та проведення випробувань на безпеку та ефективність, місцевої переносимості (шкірної та судинної), спеціалізованих випробувань (імунотоксикологія та наноматеріали), випробувань in vitro та деградації та домішок (екстрагуючі речовини та речовини, що вилучаються). Знання і застосування належних стандартів тестування при розробці та тестуванні медичного виробу може полегшити вихід на бажаний національний або глобальний ринок. Кінцевою метою неклінічних випробувань є надання зведеного звіту, який адекватно документує, що біоматеріали або готові медичні вироби є біосумісними, безпечними та ефективними. Для цього ми пропонуємо низку механізмів, які можна вбудувати в існуючі дослідницькі практики, щоб зробити їх більш зрозумілими стороннім рецензентам та науковцям. Ці механізми призначені для розвитку принципу відповідальності та забезпечення більш підзвітних наукових досліджень. Документуючи ключові елементи досліджень, які пояснюють не лише те, що, на вашу думку, виявили, але і те, як дослідники потрапили туди, можливо, також створити кращі механізми підзвітності.

ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНІСТЬ НА ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ СКЛАДНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

Залога Р. О., асп.; Дядюра К. О., проф. каф. ТМВІ; Залога В. О., проф. каф. ТМВІ; Гриценко О. О. студ. гр. МБ-91/2мб, СумДУ, м. Суми

Інотероперабельність – властивість двох та більше інформаційних систем або їх компонентів обмінюватись інформацією і використовувати результат цього обміну. Інтероперабельною є та виробнича система, у якій підсистеми (компоненти), що входять до неї, працюють по незалежним алгоритмам, але мають єдину ціль (мету) управління і все ікерування визначається єдиним набором нормативних документів, правил, стандартів - профілем інтероперабельності. [1]

Кожна виробнича система має життєвий цикл, який може змінюватися у відповідності з її природою, цілями, умовами і переважаючими обставинами використання системи. Стадії життєвого циклу представляють собою його головні періоди, пов’язані з системою, і стосуються стану самої системи.

Основна увага до вирішення проблеми інтероперабельності складних виробничих систем повинна забезпечуватися шляхом приділення суттєвої уваги організаційним, системотехнічним і технологічним рішенням їх створення ще на ранніх стадіях життєвого циклу истеми, на яких:

- формуються під час проведення фундаментальних досліджень при обґрунтуванні їх ролі у рішенні актуальних задач і задоволенні основних потреб майбутніх користувачів;
- розробляється на рівні основних рішень у ході проведення прикладних науково-дослідних робіт;
- реалізується у вигляді типових апаратно-програмних засобів і конструкторських рішень при виконанні дослідно-конструкторських робіт;
- тестуються і оцінюються в процесі проведення випробувань;
- проявляються і підтримуються на стадії експлуатації. [2]

Дії щодо прийняття рішень відносно інтероперабельності на етапах життєвого циклу можна класифікувати відповідно до трьох функціональних категорій в залежності від основних елементів, які з ними пов'язані, а саме: продукція (P), ресурси (R) і час (T). Різні комбінації цих елементів дають наступну класифікацію функцій (рис. 1):

- «управління продукцією». Ця функція пов'язана з управлінням продукцією в тимчасовій області ($P \cap T$). Основні рішення даної категорії

пов'язані з номенклатурою, термінами і обсягами продукції, що закуповується, а також з прийнятними рівнями запасів;

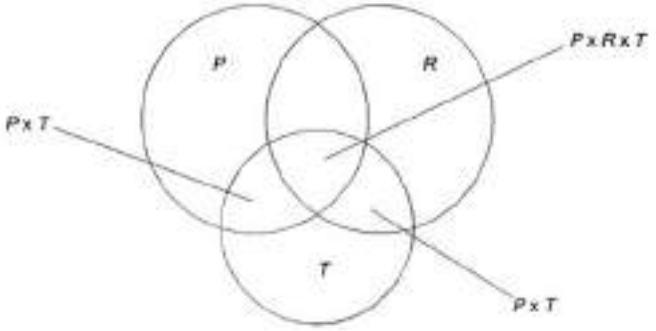


Рисунок 1 – Три основні області прийняття рішень

- «управління ресурсами». Ця функція пов'язана з управлінням ресурсами в тимчасовій області ($R \cap T$). Основні рішення даної категорії пов'язані з обсягом ресурсів;

- «планування виробництва». Ці рішення пов'язані з плануванням виробництва, що дозволяє синхронізувати потоки продукції (з використанням ресурсів) в тимчасовій області ($P \cap R \cap T$) [3].

Аналіз літературних джерел показав, що моделі прийняття рішень щодо інтероперабельності описуються нотаціями і спеціальними мовами. Інформаційна модель може бути описана будь-якою доступною нотацією, яка може задавати співвідношення між сутностями. Вибір нотацій є досить широким: 1) найпростіші нотації, що задають співвідношення між сутностями за Пітером Ченом; 2) складні нотації типу Express-G (UML діаграми класів); 3) найскладніші нотації-затвердження типу SQL CREATE TABLE "спеціальною мовою структурованих запитів". Аналогічно, моделі процесів можуть бути представлені: 1) BPMN моделями (за допомогою спеціальних нотацій моделювання бізнес-процесів); 2) UML діаграмами дій (мовою UML); 3) набором тверджень BPEL (мовою виконання бізнес-процесів).

Список літератури

1. ISO 16300-3:2017Automation systems and integration — Interoperability of capability units for manufacturing application solutions

2. ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering — System life cycle processes

3. CEN/TS 14818:2004 Enterprise integration — Decisional reference model

СТАНДАРТИ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ

Дядюра К. О., проф. каф. ТМВІ; Сушко В. В., студ. гр. СТ.мз-02с, СумДУ, м. Суми

Головним чинником успішної діяльності підприємства є система відносин із заінтересованими особами – стейкхолдерами (працівниками, споживачами, кредиторами, державою, громадськістю тощо). Для забезпечення сталого розвитку організації повинні розробляти, впроваджувати, підтримувати та постійно вдосконалювати системи менеджменту корпоративних бізнес-взаємовідносин CBRMS-системи (у тому числі всі необхідні для співробітництва процеси та їх взаємодії) відповідно до вимог сучасних стандартів та залежно від розміру та рівня функціонування організацій. Вдосконалення корпоративного управління на національному рівні стало важливим напрямом зусиль багатьох країн. Сьогодні корпоративне управління розглядають як невід'ємну складову ринкової економіки, умови для розвитку приватного підприємництва, засіб підвищення конкурентоспроможності на міжнародних ринках та поліпшення показників економічної діяльності у цілому. Переваг співпраці у діловому світі багато і включає генерацію інноваційних ідей, зниження витрат за рахунок ефективності та спільного використання ресурсів, а також доступу до нових послуг та технологій. Хоча у світі немає єдиної моделі корпоративного управління, але існують загальноприйняті принципи (стандарти), які лежать в основі ефективного корпоративного управління і можуть бути застосовані у широкому діапазоні правових, економічних та політичних умов: ISO 37500:2014 «Аутсорсинг», ISO 44001:2017 «Корпоративні системи управління взаємовідносинами з бізнесом. Вимоги та структура», ISO/TR 44000:2019 «Принципи успішного менеджменту спільних ділових відносин», ISO 44002:2019 «Системи управління співробітництвом з партнерами - Керівництво по впровадженню ISO 44001».

Стандарти забезпечують загальні компоненти системи управління діловими відносинами, а також вимоги до операційних процесів. Вони мають загальну структуру, як й інші стандарти системи управління ISO (відома структура високого рівня), полегшуючи всім, хто використовує кілька систем управління, та має восьмиступеневий життєвий цикл для забезпечення стійких відносин, включаючи операційну обізнаність, цінність створення, знання, внутрішнє оцінювання, вибір партнерів, спільна робота, залишання разом та стратегії виходу. Нова парадигма, налаштована на перехід від піклування про отримання прибутку, як першорядної мети бізнесу, до турботи про максимальну гармонізації інтересів бізнесу та суспільства в цілому на довгостроковому горизонті, виражається в декількох поняттях: ESG, «відповідальне ведення бізнесу» («responsible business conduct» , RBC), «сталий розвиток» («sustainable development», SD).

ESG (Environmental, Social, Governance) - універсальний термін, який відноситься до трьох основних факторів: екологічні («E» - environmental), соціальні («S» - social) питання, а також питання корпоративного управління («G» - governance), які використовуються при оцінці стійкості бізнесу в рамках процесу прийняття інвестиційних рішень. ESG описує звід вимірних критеріїв, націлених на досягнення сталого розвитку, і враховує взаємозв'язки інвесторів та бізнесу (компаній). Термін ESG пов'язаний в першу чергу з оцінкою інвестиційної привабливості компаній. Стійкість бізнесу з урахуванням усіх факторів, як фінансових, так і нефінансових, до теперішнього часу в широкому сенсі включаються до сфери ESG. В даний час не існує усталеної міжнародної практики в регулюванні питань ESG. Вона не тільки різнорідна, але і знаходиться у постійному розвитку. Усі стейкхолдери адаптуються до мінливих умов «на ходу», одночасно вносячи свій внесок у зміну поточних практик. Ключовим джерелом експертизи для цієї практики на даний момент є досвід добровільних стандартів щодо розкриття інформації, яка стосується питань сталого розвитку, загальноприйнятих як емітентами, так і експертами, але й найголовніше, - інвесторами. Можна виділити кілька ключових стандартів і методологій для звітності зі сталого розвитку, які на даний момент користуються найбільшим авторитетом і популярністю серед інвестиційного співтовариства: стандарти Глобальної ініціативи зі звітності (GRI), стандарти Ради зі стандартів бухгалтерського обліку в галузі сталого розвитку (SASB) і рекомендації цільовий групи з питань розкриття фінансової інформації (TCFD). Важливо відзначити, що в укладачів цих стандартів немає мети конкурувати між собою, а багато емітентів при створенні нефінансової звітності орієнтуються на кілька методологій одночасно. Серед типів регуляторних документів та ініціатив можна виділити наступні: наднаціональне регулювання політичних / економічних об'єднань держав; національні кодекси належного врядування (Stewardship Codes) та кодекси корпоративного управління (Corporate Governance Codes); державне управління в питаннях корпоративного права, навколишнього середовища та соціальних питань; добровільні ініціативи щодо розкриття інформації в сфері ESG від учасників ринку.

Таким чином, система корпоративного управління створює необхідні умови для своєчасного обміну інформацією. Одним із інструментів, який використовується для досягнення цієї мети, є запровадження національних принципів (кодексів) корпоративного управління. Аналіз міжнародного досвіду чітко показує, що проблематика ESG сьогодні знаходиться в центрі уваги всіх основних гравців інвестиційно-фінансової сфери - компаній, інвесторів та регуляторів. Стандарти діяльності відповідно до критеріїв ESG вже включаються в міжнародне та національне право, в нормативні документи регуляторів і торгових майданчиків, в корпоративні практики. Стратегії інвестування відповідно до критеріїв ESG мають широку суспільну підтримку і вже отримали серйозний розвиток.

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ І МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

ВИБІР ЗМІЦНЮЮЧОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ЛОНЖЕРОН» КРИЛА ЛІТАКА З ТИТАНОВОГО СПЛАВУ

Яненко В. В., студент гр. МТ-71, СумДУ, м. Суми

Лонжерон – основний поздовжній силовий елемент крила літака. Цей елемент сприймає значну частину згинального моменту і поперечну силу, що діють на крило літального апарату. Лонжерон розташовується в місці найбільшої будівельної висоти профілю крила (рис. 1).

Рисунок 1 – Схема розташування лонжерона в крилі літака [1]

Лонжерони в процесі експлуатації зазнають дуже великих навантажень і повинні мати достатню в'язкість, щоб деталь не дала тріщини. Вибір матеріалу для лонжеронів визначається умовами їх роботи і вимогами, що ставляться до них. Стійкість виробів при експлуатації залежить від багатьох факторів, головним серед яких є хімічний склад і вихідна структура сплаву даного виробу. Найбільш перспективними сплавами для виготовлення лонжерона є титанові сплави, що володіють більш високими характеристиками питомої міцності порівняно з алюмінієвими сплавами і сталями, високою корозійною стійкістю і достатнім опором втомі.

Виходячи з представлених вимог запропоновано сплав ВТ23. Найбільш високий комплекс механічних властивостей сплаву досягається після термічної обробки по режиму: гартування від 850 °С з витримкою 1 год і охолодженням у воді з наступним старінням при 550 °С протягом 10 год. Такий режим термічної обробки дозволяє отримати в сплаві однорідну глобулярну ($\alpha + \beta$) -структуру і досягти поєднання механічних властивостей, що забезпечує високі міцність, текучість, твердість, а отже, і релаксаційну стійкість при збереженні достатнього запасу пластичності, ударної в'язкості і тріщиностійкості.

Список літератури

1. Основы авиации. Часть I. Основы аэродинамики и динамики полета летательных аппаратов: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2012. – 64 с.

Робота виконана під керівництвом доц. Гапонової О. П.

ВИБІР РЕЖИМУ ЗМІЦНЮВАЛЬНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ФРЕЗА ЧЕРВ'ЯЧНА ЗІ ШВИДКОРІЗАЛЬНОЇ СТАЛІ

Підопригора В. В., студент гр. МТ-71; Гапонова О. П. канд. техн. наук, зав. кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

Зубчасті колеса є найпоширенішими деталями в сучасному машинобудуванні, особливо в автобудуванні, верстатобудуванні, важкому машинобудуванні. Процес їх виробництва досить складний, трудомісткий, мале виробництво і багато в чому залежить від експлуатаційних властивостей зуборізних інструментів, зокрема, черв'ячних зуборізних фрез [1]. Черв'ячні фрези застосовують для чорнової, напівчистової і чистової обробки прямозубих, косозубих і шевронних циліндричних коліс в діапазоні модулів 0,1 - 10 мм, а також для нарізування зубів черв'ячних коліс з різними видами зачеплення. На рисунку 1 представлена 3-Д модель фрези черв'ячної.

Рисунок 1 – 3-Д модель деталі фреза черв'ячна

Довговічність і надійність інструменту залежить від матеріалу і його конструкційної міцності. Підвищення експлуатаційних якостей інструменту досягається правильним вибором марки сталі. Для металообробблювального інструменту, такого як фрези, найчастіше використовують сталі швидкорізальні, типу Р6М5. Як остаточну термічну обробку рекомендуємо проводити гартування і триразовий відпуск. Твердість сталі після гартування 62 HRC, після відпуску - 64 HRC. Структура сталі після гартування – мартенсит гартування, карбіди і залишковий аустеніт (близько 30%). Залишковий аустеніт різко погіршує ріжучі властивості, тому загартований інструмент піддають відпуску. Після триразового відпуску вміст аустеніту зменшується до ~3.

Отже, запропонований режим термічної обробки деталі черв'ячна фреза, що полягає у гартуванні і трикратному відпуску.

Список літератури

1. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями: учебник / А.С. Верещака – Москва: Машиностроение, 1993. – 336 с.

ЕЛЕКТРОІСКРОВЕ ЛЕКУВАННЯ ЯК МЕТОД СТВОРЕННЯ ПОКРИТТІВ З ВИСОКОЕНТОПІЙНИХ СПЛАВІВ

Самсонов Д. А. студент гр. МБ-91/1мт; Гапонова О. П. канд. техн. наук, зав. кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

Розвиток нових технологій в процесі становлення сучасної цивілізації постійно вимагав створення нових матеріалів з підвищеними експлуатаційними характеристиками. Чисті метали не могли задовольнити необхідну конструкційну міцність деталям. Використання сплавів для виготовлення відповідальних виробів, що працюють в екстремальних умовах в широких діапазонах температурно-силових та динамічних параметрів дозволило підвищувати не тільки міцність, а й інші властивості сплавів, такі як жаростійкість, жароміцність, зносостійкість, корозійна стійкість та ін. Разом зі збільшенням кількості легуючих елементів, а в сучасних сплавах з особливими властивостями їх кількість знаходиться в межах 10-15 елементів, в таких сплавах також підвищується й їх ентропія. В наслідок цього в 2004 році з'явилася робота [1], в якій вперше було розроблено наукові основи і сформульовані формальні критерії приналежності матеріалу до нового класу сплавів, які отримали назву високоентропійні сплави (ВЕСи). Дана публікація дала поштовх до активізації роботи в цій галузі, а сама назва «високоентропійні сплави» стало позначенням даного класу матеріалів. Згідно емпіричним критеріям ВЕСи повинні мати не менше 5-ти елементів з концентрацією кожного в діапазоні від 5 до 35% ат.

Протягом останніх років було опубліковано (в основному в зарубіжних виданнях) велику кількість статей, що описують властивості ВЕСів [2-5]. В даних роботах описана термодинаміка високоентропійних сплавів, розглянуто результати моделювання їх мікроструктури, пропонуються методи отримання. В ході дослідження ВЕСів було з’ясовано, що вони термостабільні і мають високі механічні властивості, такі як висока твердість, зносостійкість, міцність при високих температурах, корозійна стійкість, пластичність при низьких температурах і надпластичні властивості [6].

Високі характеристики ВЕСів (твердість, міцність, зносостійкість, опір окисленню та корозії, пластичність, магнітні властивості) забезпечуються гомогенністю розподілу різнорідних атомів в твердих розчинах і наявністю нанорозмірних субструктур, а також сильним спотворенням кристалічної ґратки через відмінності атомних радіусів елементів заміщення. Властивості ВЕСів залежать від складу і мікроструктури сплаву. Однак підходи, що дозволяють передбачити формування необхідної структури, на сьогоднішній день вивчені недостатньо. Для отримання сплавів, які володіють заданими механічними характеристиками, необхідні ретельні дослідження.

Як відомо, зовнішнім впливам: деформаціям, втомі, окисненню, корозії, кавітації тощо піддаються поверхневі шари виробів. Ефективним та економічним способом підвищення довговічності деталей, що працюють в умовах циклічних навантажень, контактної втоми та зносу, підвищених температурах і корозійних середовищах, є створення на їх поверхнях захисних шарів. Отримання захисного поверхневого шару на деталях із звичайних конструкційних матеріалів дозволяє економити дорогі високолеговані сталі та сплави, підвищувати ресурс і надійність механізмів, знижувати енергоємність виробництва, успішно вирішувати проблему відновного ремонту з метою повторного використання зношених деталей і т.д. Зменшення собівартості виробів при застосуванні ВЕСів є вкрай актуальним, внаслідок того, що до складу цих сплавів часто входять дорогі та рідкісні елементи, такі як Co, Ni, Ti, Hf, V, Nb та інші.

Відомо багато традиційних способів створення поверхневих шарів з метою поліпшення робочих властивостей виробів. Найбільш широкого застосування знайшли методи хіміко-термічної обробки, наплавлення, гальванічні методи осадження покриття та т.д., кожен із яких має свої оптимальні галузі застосування, переваги та недоліки. Для отримання покриттів з ВЕСів переважно використовуються магнетронне та дугове напилення, лазерне плакування [7-9].

Нові можливості відкривають методи, що засновані на використанні концентрованих потоків енергії та речовин, зокрема потоків, що генеруються електроіскровим розрядом (рис. 1).

Порівняно з іншими методами зміцнення електроіскрове легування має наступні переваги [10]: висока міцність зчеплення легованого шару і матеріалу основи; можливість нанесення на зміцнювальну поверхню будь-яких струмопровідних матеріалів, у тому числі сплавів, металокерамічних композицій, тугоплавких сполук; низька енергоємність процесу; локальна обробка поверхні; відсутність нагрівання всієї деталі в процесі обробки, що не впливає на основну структуру металу; дифузійне збагачення поверхні катода (деталі) складовими елементами анода (електрода) без зміни розмірів деталі; відсутність необхідності спеціальної підготовки поверхні; екологічна чистота; простота виконання технологічної операції, малогабаритність і транспортабельність обладнання.

Рисунок 1 – Схема формування покриття методом ЕІЛ

Процес ЕІЛ екологічно чистий і безпечний, тому що здійснюється при напрузі 20-100 В і тривалості імпульсних розрядів 10-6-10-3 с. При цьому товщина формованих шарів з твердих сплавів становить ~ 0,01-0,15 мм, а з пластичних і більш легкоплавких матеріалів шар покриття може досягати ≥ 0,3-0,5 мм. У зоні розряду електроерозія, масоперенесення матеріалу електродів (в паровій, рідкій і твердій фазах), кристалізація та інші явища протікають у дуже нерівноважних умовах, що сприяють утворенню структур з дрібним зерном, високою щільністю дислокацій, з особливим напружено-деформованим станом, певними фізико-хімічними властивостями. Змінюючи параметри і умови ЕІЛ, можна регулювати мікрометалургійні процеси в цій зоні, проводити спрямований синтез тугоплавких і інших хімічних сполук і формувати складні композиційні покриття з інтерметалідів, карбідів, нітридів, оксидів як за рахунок матеріалів електродів, так і елементів міжелектродного середовища [11-12].

Незважаючи на незаперечні переваги електроіскрового легування, використання ріжучого інструменту і деталей, оброблених іскровим імпульсом, в промисловості дуже незначне [11]. Широке застосування цього способу в машинобудуванні стримується відсутністю довідкового матеріалу щодо оптимізації режимів зміцнення, вибору електродного матеріалу і визначенні галузі раціональної експлуатації оброблених поверхонь. В процесі ЕІЛ бере участь легуючий електрод (анод), що обробляє поверхню деталі (катод) і міжелектродне середовище, варіюючи якими стає можливим цілеспрямоване керування формуванням експлуатаційних властивостей.

Враховуючи необхідність створення покриттів на основі ВЕСів з високим ресурсом роботи, розвиток сучасних методів обробки поверхні, заснованих на методі електроіскрового легування, є актуальним.

Таким чином, проведений аналіз літературних джерел щодо методів формування покриттів на основі високоентропійних сплавів.

Список літератури

1. Yeh J. W., Chen S.-K., Lin S.-J., Gan J.-Y., Chin T.-S., Shun T.-T., Tsau C.-H., Chang S.-Y. Nanostructured high-entropy alloys with multiple principal elements: novel alloy design concepts and outcomes // Advanced Engineering Materials. – 2004. – V6. – №. 5. – P. 299-303.

2. Alloy Design and Properties Optimization of High-Entropy Alloys / Y. Zhang, X. Yang, P.K. Liaw // Journal of the Minerals Metals & Materials Society. – 2012. – Volume 64, Issue 7, pp. 830-838.

3. Yeh J. W. Alloy Design Strategies and Future Trends in High-Entropy Alloys / J.W. Yeh // Journal of the Minerals Metals & Materials Society. – 2013. – Volume 65, Issue 12. – pp. 1759-1771.

4. Recent Progress in High-Entropy Alloys / L.S. Zhang, G.L. Ma, L.C. Fu, J.Y. Tian // Advanced Materials Research. – 2013. – Volume 227. – pp. 631-632.

5. Microstructures and properties of high-entropy alloys / Y. Zhang, T.T. Zuo, Z. Tang, M.C. Gao, K.A. Dahmen, P.K. Liaw, Z.P. Lu // Progress in Materials Science. – 2014. – Volume 61. – pp. 1-93.

6. High-Entropy Alloys – A New Era of Exploitation / J.W. Yeh, Y.L. Chen, S.J. Lin, S.K. Chen // Materials Science Forum. – 2007. – Volume 560. – pp. 1-9.

7. Superhard vacuum coatings based on high-entropy alloys / R. A. Shaginyan et al. // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 2016. – Т. 54. – №. 11-12. – С. 725-730.

8. The influence of nitrogen pressure on the fabrication of the two-phase superhard nanocomposite (TiZrNbAlYCr)N coatings / A.D. Pogrebnjak, V.M. Beresnev, K.V. Smyrnova, Y.O. Kravchenko, P.V. Zukowski, G.G. Bondarenko // Materials Letters. – 2018. - Vol. 211. - P. 316-318.

9. Microstructure, physical and chemical properties of nanostructured (Ti–Hf–Zr–V–Nb)N coatings under different deposition conditions / A.D. Pogrebnjak, I.V. Yakushchenko, A.A. Bagdasaryan et al. // Mater Chem Phys. – 2014. – Vol. 147. – P. 1079–1091.

10. Проблеми безпечної експлуатації компресорного та насосного обладнання в сучасній промисловості: [колективна монографія] / В.С. Марцинковський, В.Б. Тарельник, та ін.; за ред. В. Б. Тарельника, Є. В. Коноплянченка. Суми: ФОП Литовченко Є.Б., 2020. 410 с.

11. Myslyvchenko O.M., Gaponova O.P., Tarelnyk V.B., Krapivka M.O. The Structure Formation and Hardness of High-Entropy Alloy Coatings Obtained by Electrospark Deposition // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. - 2020. - Vol. 59(3-4). - P. 201-208.

12. Li Q. H. et al. Microstructure and corrosion properties of AlCoCrFeNi high entropy alloy coatings deposited on AISI 1045 steel by the electrospark process //Metallurgical and materials transactions A. – 2013. – Т. 44. – №. 4. – С. 1767-1778.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДУ НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНІ

Бурлака А. Ю., студент гр. МТ-81; Хвостенко Р. О., студент гр. МТ-81; Білоус О. А., доцент кафедри МА і МО; Говорун Т.П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

Абразивний знос деталей і інструментів істотно обмежує терміни служби обладнання різного призначення, в тому числі гірського, дробильно-розмельного, металургійного, а також деталей дорожньо-будівельних машин.

В процесі експлуатації агрегати та деталі машин зношуються в різній степені, в залежності від умов роботи та зносостійкості. Відновлення робочих характеристик можливо двома шляхами: застосуванням метода ремонтних розмірів або нанесенням шару метала на зношену поверхню до номінальних розмірів.

Наплавлення зносостійкими сплавами робочих поверхонь є одним з найбільш ефективних способів зміцнення деталей, схильних до абразивного і ударно-абразивного впливу [1-2].

Вибір оптимального складу наплавленого металу часто пов'язаний з необхідністю виконання великого обсягу експериментальних робіт, що не завжди призводять до бажаного результату.

Для різних умов впливу зношувальних навантажень оптимальна зносостійкість забезпечується при різному, але характерному для кожного випадку структурно-фазовому стані матеріалу [1].

Перспективним напрямком підвищення зносостійкості є отримання математичними методами складу наплавочного матеріалу, що має економну систему легування, виходячи з оптимального структурного і фазового складу сплаву для заданих умов зношування матеріалів [2].

У переважній більшості для захисту від абразивного зносу використовують сплави на основі заліза завдяки технологічності і можливості регулювати властивості в широкому діапазоні в залежності від конкретних умов експлуатації. Найважливішими факторами, що визначають опір зносу, є структурний стан, властивості, взаємне розташування, кількісне співвідношення і характер зв'язку окремих складових структури сплаву [1-2].

У зв'язку з цим, актуальним стає структурно-енергетичний підхід до оцінки і прогнозування властивостей наплавленого металу, що працює в умовах абразивного і ударно-абразивного зношування. Однак використання даного підходу обмежується відсутністю достовірних даних про енергії руйнування зміцнюючих фаз і структурних складових.

Введення до складу наплавочного металу в певному співвідношенні титану і вуглецю значно збільшує стійкість поверхні до абразивного зносу. Актуальним є питання вибору оптимального складу матеріалу, що наноситься на поверхню деталей [3].

Одним з елементів, що утворюють найбільш тверді і стійкі карбіди є титан. З вуглецем титан утворює з'єднання TiC з широкою областю гомогенності. Мікротвердість карбіду титану становить близько 3200 кгс/мм^2. У чавунах титан значно впливає, як на графітизацію, так і на металеву матрицю. Присутність його в чавуні сприяє подрібненню структури і збільшенню кількості перліту. З введенням в чавун титану понад 0,1 % збільшується відбіл. У зносостійких сплавах його вміст коливається в межах від 0,1 до 1,5 % [1-2].

У роботі представлена математична модель залежності твердості та відносної зносостійкості поверхні від процентного вмісту вуглецю і титану (рис. 1). Модель дозволяє варіювати параметри твердості і зносостійкості, впливати на характеристики абразивного зносу металевих поверхонь шляхом зміни кількісного вмісту титану і вуглецю.

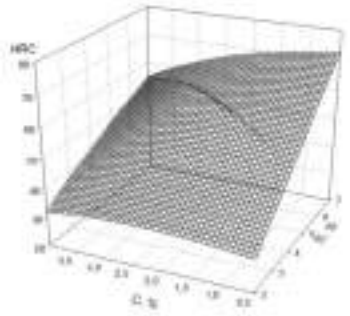


Рисунок 1 – Графік залежності твердості матеріалу поверхні від вмісту вуглецю та титану в наплавленого металу

Отримана модель може бути використана для вибору оптимального хімічного складу наплавленого металу з метою варіювання параметрами відносної зносостійкості і твердості поверхні, а також, для вирішення завдань мінімізації витрат і енергоресурсів при підборі шихти порошкового дроту.

Список литературы

1. T. P. Govorun, E. A. Belous, A. I. Lyubich Improvement of properties of high-strength cast irons by surfacing a metal with globular graphite // Metal Science and Heat Treatment, 59, No 11-12: 675 (2018). DOI: 10.1007/s11041-018-0210-9.

2. T. P. Govorun, A. I. Lyubich Theoretical substantiation and development of economically alloyed welding materials // Welding International, 30, No 6: 452 (2016). DOI: 10.1080/09507116.2015.1093805.

3. Кассов В. Д. Математическое моделирование состава металла, наплавленного порошковой проволокой сложной конструкции / В. Д. Кассов, О. О. Разумович // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, Вып. 65-66. - С. 131-134 (2014).

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У МАТЕРІАЛОЗНАВСТВІ

Негреба Н. Ю., студент гр. МБ – 81/1 МТ, СумДУ, м. Суми

Сучасне матеріалознавство неможливо уявити без рентгенівських дифрактометрів, рентгенівських спектрометрів і мікроскопів. Для їх коректної роботи потрібне відповідне програмне забезпечення (ПЗ), за допомогою якого можна оволодіти будь-яким приладом для досліджень у сфері матеріалознавства. Прикладом спеціалізованих ПЗ можна навести поширені програмні забезпечення від компаній ZEISS та Thixomet.

ZEISS ZEN Connect – система, що дозволяє налаштувати кореляцію мікроскопів в матеріалознавчої лабораторії. Вона дозволяє накладати один на одного зображення з декількох джерел: поєднувати кілька перспектив зразка в декількох масштабах і режимах візуалізації. ПЗ ZEISS ZEN Connect дозволяє використовувати разом всі технології візуалізації для пошуку відповідей, використовуючи як обладнання ZEISS, так і рішення сторонніх виробників.

ПЗ ZEISS ZEN Connect також дозволяє отримувати загальні зображення для спрощення навігації; досліджувати матеріали в області електротранспорту; досліджувати оброблену кальцієм сталь на предмет включень; проводити матеріалознавчі дослідження в нафтовилученні, утилізації ядерних відходів і уловлювання та зберігання вуглецю [1].

Аналітичне ПЗ для мікроскопії Thixomet PRO може використовуватися як з моторизованими мікроскопами, так і з мікроскопами, керованими вручну. Як джерело зображення програмне забезпечення для матеріалознавства Thixomet PRO може використовувати цифрові USB або FireWire камери, які підтримують інтерфейс DirectShow, і/або аналогові камери з картою введення зображення в комп'ютер Matrox Meteor II. Слід зазначити, що це ПЗ має можливості: побудови як завгодно великих панорамних зображень в реальному часі, виділення об'єктів по яскравості і кольору, класифікація об'єктів по будь-яким метричним і морфологічним параметрам, ручні вимірювання, експорт зображень і будь-яких первинних даних в продукти MS Office [2].

Список літератури

1. ПО для кореляційної мікроскопії. *ZEISS ZEN Connect для матеріалознавства* : веб сайт. URL: https://zeiss-solutions.ru/equipment/mikroskopy/programmnoe-obespecheniye/zeiss-zen-connect-dlya-materialovedeniya/ (дата звернення: 14.03.2021);

2. Thixomet. Програмне забезпечення для матеріалознавства Thixomet PRO виробництва компанії Thixomet : веб сайт. URL: http://www.microscopytools.ru/brands/tixomet/thixomet_pro.html.

Робота виконана під керівництвом к.т.н., ст. викладача Берладір Х. В.

КАРБОНІТРАЦІЯ ДЕТАЛІ «ШЕВЕР»

Ольховик К. Є., студентка гр.МТ-71; Харченко Н. А., канд. техн. наук, доц. кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

Сучасність вимагає від виробників застосування ефективних методів корегування експлуатаційних властивостей виробів машинобудування. Інструмент «шевер дисковий» є зубчасте колесо, яке має на бічних поверхнях зубів ріжучі кромки, утворені поперечними канавками. Шевера дискові - це інструменти високої точності, призначені для чистової обробки зубчастих коліс [1]. Карбонітрація – це високоефективна технологія поверхневого зміцнення деталей машин, штампової і пресової оснастки різного призначення, ріжучого інструменту [2].

Деталь «шевер» виготовляють із швидкорізальної сталі Р6М5. Твердість даної сталі після термічної обробки становить 64 HRC. Підвищення поверхневої твердості і зносостійкості реалізується подальшою хіміко-термічною обробкою – карбонітрацією. Карбонітрація деталі проходить у розплаві сумішей: 70% KCNO + 30% K_2CO_3 або 55% $Co(NH_2)_3$ + 45% K_2CO_3 або Na_2CO_3 при температурі 560-580°С впродовж 30-50 хвилин. Твердість шару при цьому HV 10-11 ГПа, товщина 0,01-0,02 мм [3]. В даний час для полегшення процесу оновлення ванни в розплав вводять спеціальні «таблетки», які відновлюють хімічний склад розплаву для карбонітрації. Додаткове оксидування в нітратно-лужному розплаві при t = 350-400 ºС призводить до подальшого підвищення корозійної стійкості та інших технологічних властивостей. Оксидування також сприяє повного знищення ціанідів та ціанатів, що знаходяться на поверхні деталей після їх виймання з розплавленої ванни [4].

З огляду на всі переваги і завдяки своїй простоті й ефективності, метод рідинної карбонітрації гідно оцінений та часто застосовується, приводить до підвищення зносостійкості та поверхневої твердості деталі в 3-5 разів.

Список літератури

1. Ріанта. Матеріали і інструменти: [Електронний ресурс]. – Режим доступа: https://www.rianto.com.ua/instrument/metallorez/shever/

2. Tsykh S.G., Grishin V.I. and Lisitskiy V.N., 2008, Experience of the use of carbonitration of steel parts and tools in machine building, Bulletin of Nosov Magnitogorsk State Technical University 4 32–8

3. Конструкционные материалы: Справочник/Б. Н. Арзама – К65 сов, В. А. Брострем, Н. А. Буше и др.; Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1990, -- 688 с.; ил. – (Основы проектирования машин)

4. ТОВ «Карбаз»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://karbaz.com.ua

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРИ НАНЕСЕННІ НАНОКОМПОЗИТНОГО Ti-Al-Si-N ПОКРИТТЯ

Перерва В. І., аспірант; Балинський М. В., студент гр. МТ.м-01;
Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

В останні кілька десятиліть покриття TiN з високою твердістю і зносостійкістю широко застосовується в промисловості для ріжучих інструментів з метою збільшення терміну їх служби. Однак низька стійкість до окислення та погана термостабільність покриттів TiN обмежила їх подальший розвиток. При високошвидкісному різанні покриття TiN не могли забезпечувати всі вимоги до експлуатаційних характеристик, такі як висока твердість, в'язкість, а також зносостійкість, термостійкість та опір окислюванню, тому їх поступово замінювали покриття AlN, TiAlN та інші.

Властивості простого покриття TiN можна значно покращити за рахунок додавання інших елементів, таких як Al або Si.

Покриття TiAlN перевершує покриття TiN за твердістю, зносостійкістю і особливо стійкістю до окислення**.**

Включення Al в структуру покриття TiN призводить до утворення покриттів TiAlN, які характеризуються високою твердістю (близько 32 ГПа) та високою стійкістю до окиснення (до 800 °C) [1-2].

Температура різання в сучасній високошвидкісній галузі різання може досягати 1000 ℃, що може викликають окислення та зниження твердості навіть покриттів TiAlN.

Подальші вдосконалення з метою покращення властивостей і характеристик покриттів можна досягти спеціальним дизайном. У наш час нанокомпозитні та наношарові покриття привертають найбільший інтерес. Найбільш широко вивчені нанокомпозитні покриття TiSiN, які складаються з TiN нанокристалів, що вбудовані в аморфну матрицю нітриду кремнію. Ці покриття виявляють надміцність (~40 ГПа), високу стійкість до окислення (близько 850 ° C) та високу термостійкість (до 1100 °C).

З огляду на це нанокомпозитні покриття Ti-Al-Si-N зараз все частіше застосовуються для ріжучих інструментів. У порівнянні з традиційними твердими покриттями TiN, AlN, TiAlN або TiSiN, нанокомпозитне покриття Ti-Al-Si-N, яке утворює структуру аморфної оболонки Si_3N_4 для нанокристалічного покриття TiAlN привернуло увагу по всьому світу завдяки своїм підвищеним властивостям [3-6**].**

Покриття Ti-Al-Si-N отримували методом магнетронного напилення з різними напругами зсуву підкладки від -35 В до -130 В. Застосовуючи різну напругу зміщення прикладену до підкладки і енергію осадження можна регулювати мікроструктури та механічні властивості нанесених покриттів, наприклад, розмір зерна, орієнтацію та твердість.

По мірі зростання напруги зміщення, склад покриттів залишився майже незмінним, підтримуючи його таким $Ti_{0,18}Al_{0,26}Si_{0,05}N_{0,51}$. Однак

покриття Ti-Al-Si-N мають зменшення (200) - переважної орієнтації. Щільна стовпчаста структура покриттів Ti-Al-Si-N поступово перетворюється на безхарактерну і плоску структуру поперечних перерізів.

В покриттях Ti-Al-Si-N одержано нанокомпозитну структуру, до складу якої входила аморфна фаза, що стала аморфною оболонкою Si_3N_4 для полікристалічного покриття TiAlN. У всіх отриманих покриттях не було порожнеч, а мікроструктура була щільною.

Розмір зерна TiAlN становив близько 15 - 20 нм при зміщенні -35 V і зменшився до приблизно до 5 нм, коли зміщення зростало до -130 В. З підвищенням напруги зміщення, енергія бомбардування іонів, очевидно, посилювалася, що покращувало міграційну здатність частинок на поверхні покриттів та призвело до здрібнення зерна.

Зі збільшенням напругу зсуву від -35 В до -130 В, твердість нанокомпозитних покриттів Ti-Al-Si-N, зросла з 31,2 ГПа до 37,5 ГПа, причому при напрузі -130 В, покриття виявляло найбільшу твердість.

Також зі збільшенням напруги зміщення підкладки зменшувався і розмір зерна нанокомпозитних покриттів Ti-Al-Si-N з 16 нм до 5 нм.

Покращення механічних властивостей в покритті Ti-Al-Si-N відбувається, головним чином, за рахунок збільшення залишкового напруження при стисненні та зменшення розміру зерна. Покриття TiAl-Si-N з високими значеннями твердості та щільною макроструктурою виявляли підвищену стійкість до розтріскування та зносу.

Список літератури

1. Т.П. Говорун, А.В. Пилипенко, М.В. Говорун, К.О. Дядюра, Методика отримання та властивості зносостійких покриттів на основі Ti і N та Ti, Al і N // Журнал нано- та електронної фізики. Том 9, № 2.

2. Т.П. Говорун, В.І. Перерва, К.Ю. Надточій, М.В. Балінський, Вплив наноструктурованих покриттів на зносостійкість ріжучого інструменту // Міжнародна наукова конференція матеріали для роботи в екстремальних умовах – 8, за підтримки Польської академії наук в Києві 6 – 7 грудня 2018 року.

3. J. Musil, Hard nanocomposite coatings: thermal stability, oxidation resistance and toughness // Surf. Coat. Technol. 207, P. 50 - 65 (2012).

4. Y.Y. Chang, H.M. Lai, Wear behavior and cutting performance of CrAlSiN and TiAlSiN hard coatings on cemented carbide cutting tools for Ti alloys // Surf. Coat. Technol. 259, P. 152–158 (2014).

5. Q. Ma, L. Li, Y. Xu, J. Gu, L. Wang, Y. Xu, Effect of bias voltage on TiAlSiN nanocomposite coatings deposited by HiPIMS // Appl. Surf. Sci. 392, P. 826–833 (2017).

6. H. Fager, J.M. Andersson, J. Lu, M.P.J. Jöesaar, M. Odén, L. Hultman, Growth of hard amorphous TiAlSiN thin films by cathodic arc evaporation // Surf. Coat. Technol. 235, P. 376–382 (2013).

МЕТОД ІШІКАВИ: СУТНІСТЬ І ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ У МАТЕРІАЛОЗНАВСТВІ

Руденко С. Г., студентка гр. МТ.м-01; Берладір Х. В., канд. техн. наук, ст. викладач кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

Метод Ішікави (діаграма причин і наслідків, діаграма риб'ячої кістки, діаграма Ішікави або аналіз першопричин) використовується для генерування та відзначення ідей або теорій для вирішення проблем на виробництві чи інших процесах [1].

Діаграма названа на честь одного з найбільших японських теоретиків менеджменту професора Каору Ішікава , який запропонував її у 1952 році як доповнення до існуючих методик логічного аналізу та покращення якості процесів в промисловості Японії [2].

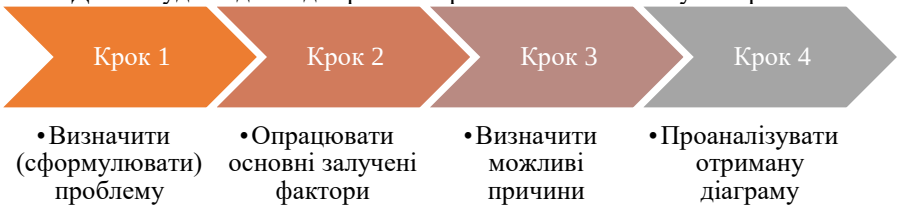
Запропонована професором Каору Ішікава схема унаочнює роботу над покращенням якості виробничих процесів. Це графічна презентацію всіх «причин», необхідних для створення «ефекту» (рис. 1).

Рисунок 1 – Загальна схема діаграми Ішікави.

Така діаграма надає можливість виявити ключові взаємозв'язки між різними факторами та більш достеменно зрозуміти досліджуваний процес.

Метод Ішікави сприяє визначенню головних чинників, які спричиняють найзначніший внесок до проблеми, що розглядається, та попередженню або усуненню їх дії.

Для побудови даної діаграми потрібно виконати наступні кроки:



Спочатку формулюється точна проблема (ефект), яку необхідно вирішити/дослідити. Якщо є можливість, необхідно визначити, хто бере участь, яка проблема, а також коли і де вона виникає.

Далі визначаються фактори, які можуть бути частиною проблеми. Це можуть бути системи, обладнання, матеріали, зовнішні сили, люди, які беруть участь у проблемі тощо. Треба намагатися виділити якомога більше з них.

Крок 3 потребує для кожного з факторів, які були розглянули на кроці 2, розмірковування можливих причин проблеми, які можуть бути пов'язані з фактором.

На кроці 4 у вас повинна бути схема, що відображає всі можливі причини проблеми, про які ви можете подумати. Залежно від складності та важливості проблеми, тепер ви можете дослідити найбільш вірогідні причини. Це може передбачати проведення розслідувань, проведення опитувань тощо. Вони будуть призначені для перевірки, яка з цих можливих причин насправді сприяє виникненню проблеми.

Даний метод знайшов своє практичне застосування у діагностиці та дефектоскопії матеріалів, зокрема, для виявлення основних причин поломки кріплення глушника кронштейна автомобіля [3], хімічній промисловості для оцінки безпеки сферичного резервуара природного газу [4], в технології виробництва біодизеля [5], в автомобільній галузі [6] тощо.

Список літератури

1. Ishikawa, K. (1985). What is Total Quality Control? The Japanese Way. London, Prentice Hall.

2. https://uk.wikipedia.org/wiki/Діаграма_Ішікави

3. Dondapati, S., Trivedi, M., Dondapati, R.S., Chandra, D. (2017). Investigation on the mechanical stresses in a muffler mounting bracket using Root Cause Failure Analysis (RCFA), finite element analysis and experimental validation. Engineering Failure Analysis, Volume 81, pp. 145-154, https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2017.08.010.

4. Luo, T., Wu, C., Duan, L. (2017). Fishbone diagram and risk matrix analysis method and its application in safety assessment of natural gas spherical tank. Journal of Cleaner Production, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.334

5. Abhishek J, Xiang L, Anand Z, Helen H. Lou, Yinlun H, (2011). A sustainability root cause analysis methodology and its application, Computers & Chemical Engineering, Volume 35, pp. 2786-2798, https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2011.05.004.

6. Zhaoguang Xu, Yanzhong D, Peter M. (2018). Knowledge-driven intelligent quality problem-solving system in the automotive industry, Advanced Engineering Informatics, Volume 38, pp. 441-457, https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.08.013.

ВИБІР МАТЕРІАЛУ ТА ЗМІЦНЮЮЧОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ВАЛУ ДВОСТУПЕНЕВОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РЕДУКТОРА

Сергієнко В. М., студ. гр. МТ-71; Говорун Т. П., доц. каф. ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

Одним з найбільш широко застосовуваних механізмів у промисловості, автомобілебудівній галузі, будівництві і сільському господарстві є редуктор − це зубчаста або черв'ячна передача, яка використовується для зміни обертаючих моментів і кутових швидкостей. Він застосовується в приводах різноманітних машин і служить для зниження кутової швидкості валу з одночасним підвищенням значення крутного моменту. Конструктивно, редуктор − це пристрій, що складається з корпусу, всередині якого розміщені елементи передачі − вали, шестерні та зубчасті колеса, підшипники і інше.

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

Однією з основних складових будь-якого редуктора є вал. Вали застосовуються для передачі руху обертання без зміни кутової швидкості і притому вздовж осі вала або під невеликим кутом до цієї осі (до 20 °). Вали, що передають рух, називаються ведучими, а вали, що сприймають рух, - відомими. Розрізняють горизонтальні (лежачі), вертикальні (стоячі) і похилі вали. У загальному машинобудуванні застосовують різні вали, починаючи від дрібних і закінчуючи великими, діаметром до 200 см і вагою до декількох тон. Використовують цілісні і пустотілі, гладкі і ступінчасті вали.

Практикою встановлено, що руйнування валів і осей швидкохідних машин у більшості випадків носить втомний характер, тому основний розрахунок − на опір втоми. Крім того, їх розраховують на жорсткість і вібростійкість. Межа витривалості валу сильно залежить від його конфігурації, від наявності концентрації напружень і від розподілу контактного тиску у разі, де для закріплення деталей на валу застосовані посадки з натягом.

Вихідні (тихохідні) вали мають кінцеву ділянку. У середній частині валу між підшипниковими опорами розміщують зубчасте колесо. У сполученні колеса з валом використовується посадка з великим натягом.

Найбільш часто місцем для руйнування таких валів є паз для шпонки, недостатньо укріплений термічно, або кромки пази були не заокруглені під дією навантажень, в кутах паза можлива поява і зростання тріщин.

Матеріали для виготовлення деталей валів повинні відповідати відповідним стандартам на такі матеріали при виробництві даних деталей, в іншому випадку матеріал не може бути використаний при виробництві валу. Матеріал для виготовлення валу повинен відрізнятись довговічністю, надійністю і витримувати динамічні навантаження. Необхідно також не

забувати, що деякі властивості матеріал може набувати тільки в ході його термічної обробки.

Вибір матеріалу і термічної обробки валів визначається критеріями їх працездатності. Основними матеріалами для валів служать вуглецеві і леговані сталі завдяки високим механічним характеристикам, здатності до зміцнення і легкості одержання циліндричних заготовок прокаткою. Переважно використовують середньовуглецеві поліпшувані сталі. Досягнення оптимального поєднання властивостей здійснюється гартуванням з високим відпуском при відповідному легуванні. Для більшості валів застосовують термічно оброблювані середньовуглецеві і леговані сталі типу 45, 40Х.

Для високонапружених валів відповідальних машин застосовують леговані сталі: 40ХН, 40ХН2МА, 30ХГТ, 30ХГСА та інші. Вали з цих сталей зазвичай піддають термополіпшенню − гартуванню з високим відпуском та/або поверхневому гартуванню з нагрівом струмами високої частоти (СВЧ) і низьким відпуском. Обрана нами для виготовлення валу сталь 40Х відноситься до поліпшуваних легованих сталей. Поліпшувані (середньовуглецеві) сталі містять 0,3 - 0,5 % С і до 5 % різних легуючих елементів. Стали цієї групи піддають зазвичай гартуванню в маслі і високому відпуску (до 600 ºС) − термополіпшенню. Прокалюваність сталі при збільшенні кількості легуючих елементів в ній зростає. В якості попередньої термообробки ми вибираємо нормалізацію і подальше термополіпшення, так як наш вал є середньонавантаженим, має максимальний діаметр − 58 мм (входить в інтервал до 80 - 100 мм), і його працездатність визначається міцністю на вигин і кручення, а не контактною витривалістю і зносостійкістю.

Для сталі 40Х нормалізація проводиться при температурі 850 - 870 °С з наступним охолодженням на повітрі. Час витримки при нормалізації 0,5 години. Проводимо далі термополіпшення − це гартування для сталі 40Х при температурі 840 - 860 °С з охолодженням у маслі (час витримки 1,5 - 2,0 години), і високий відпуск при температурі 600 °С з охолодженням у маслі. Наш вал працює на вигин і крутіння, тому необхідна в'язка, пластична серцевина. Для отримання високої твердості і зносостійкості поверхневого шару та підвищення контактної витривалості проводиться поверхневе гартування СВЧ на ділянках, які стикаються з підшипниками ковзання. Така процедура надає металу високої механічної міцності на тертя і стирання, тому гартування поверхні за допомогою СВЧ є, способом одним з найбільш ефективних та відповідних вимогам сучасного масового виробництва, що надає металу різні ступені твердості за допомогою зміцнюючої термічної обробки.

Після поверхневого гартування СВЧ поверхневий шар обраної для виготовлення валу сталі 40Х має структуру дрібно-голчастого мартенситу. Твердість поверхні склала 45 -48 HRC. В серцевині зміна структури та зміцнення не відбувається, тому що нагрів був нижче за температуру A_{C1}.

ТЕРМОЦИКЛІЧНА ОБРОБКА ЯК ОДИН З МЕТОДІВ ЗМІЦНЕННЯ ВИРОБІВ ЗІ СТАЛІ 20Х13

Бурлака А. Ю., студент гр. МТ-81; Лупирь О. В., аспірант;
Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

В наш час все більше виробів вимагає розроблення сталей, які володіють унікальним поєднанням різних властивостей, таких як міцність, пластичність, зносостійкість та інших, а також, які б мали стійкість проти різних видів корозійного та корозійно-ерозійного руйнування. Сталі з таким поєднанням властивостей мають забезпечити високу надійність інструментів, техніки та інших виробів в різних умовах експлуатації.

До хромистих корозійностійких сталей мартенситного класу можна віднести сталі з вмістом хрому 10-18%. Найбільш поширеними представниками такого класу корозійностійких сталей є марки сталей 20Х13, 30Х13 та 40Х13.

Сталь 20Х13 володіє гарною корозійною стійкістю та механічними властивостями, але для різних виробів із цієї сталі можуть знадобитися різні механічні властивості. З цим нам допоможе термічна обробка (ТО), яка включає в себе нормалізацію, відпал, відпуск та гартування. Ці види термічної обробки впливають на різні показники механічних властивостей, такі як твердість, міцність, пластичність та інші. Якщо термічна обробка не надає потрібних механічних властивостей, то її можна замінити на термоциклічну обробку (ТЦО). Як зрозуміло з назви – це термічна обробка, яка має декілька циклів, наприклад 2 - 5 або, навіть, 8.

Метод ТЦО як спосіб термообробки заснований на постійному накопиченні від циклу до циклу позитивних змін в структурі металу. При цьому важливою особливістю циклу є його інтенсивність, відсутність або наявність невеликих витримок при крайніх температурах, а також оптимальний діапазон зміни температури.

Режими ТЦО розрізняються як за призначенням, так і за характером структурних перетворень, температурному діапазону термоциклуванню, а також наявністю додаткових впливів. Основними завданнями технологічних режимів ТЦО є подрібнення мікроструктури і сфероідизація надлишкових фаз, підвищення (або зниження) щільності дислокацій, проходження релаксаційних процесів, поліпшення показників фізико-механічних властивостей. При цьому можливе вирішення різних завдань матеріалознавства і машинобудування, а саме: заміни дорогих видів матеріалів більш дешевими; підвищення надійності і працездатності деталей машин і механізмів; розмірної стабільності деталей точного машино- і приладобудування; поверхневого зміцнення деталей; гомогенізації злитків перед пресуванням; усунення ліквацийної неоднорідності та ін.

Для сталі 20Х13 можна використовувати спосіб високотемпературної термоциклічної обробки (циклічної електротермічної обробки). Цей спосіб

полягає в електронагріванні зі швидкістю близько 50 °С/с до температури повної аустенізації, охолодженні зі швидкістю 30-50 °С/с до температури 420 - 450 °С, що відповідає температурі найбільш швидкого ізотермічного розпаду аустеніту і витримці при цій температурі. Після закінчення витримки цикли повторюють, в останньому термоциклі здійснюють гартування із аустенітного стану. Недоліки цього способу: для отримання особливо дрібнодисперсної структури сталі - потрібно багаторазове повторення циклів, тому що при ізотермічному розпаді аустеніту виходять перлітні зерна, які мають спадково великі розміри (подрібнення відбувається тільки за рахунок фазового наклепу); неможливе отримання субмікронної − нанокристалічної структури, тому що використовується в термоциклах тимчасова витримка, яка веде до зростання зерен.

Одним із рішень для сталі 20Х13 є ТЦО, що включає принаймні два цикли нагрівання від гартування зі швидкістю вище 50 °С/с до температури гомогенізації аустеніту без витримки, охолодження зі швидкістю, що забезпечує мартенситне перетворення, та відпуску з нагрівом зі швидкістю вище 50 °С/с до температури нижче A_{c1} з отриманням дрібнодисперсної структури сталевих виробів, причому в кожному наступному циклі нагрівання під гартування проводять до температури нижче, ніж в попередньому. Недоліком даного способу є імпульсний нагрів без витримки в першому циклі. Як правило, імпульсний нагрів призначений для формування поверхневих шарів. Для виробів, товщина яких перевищує зону термічного впливу, часто необхідна термічна обробка внутрішніх обсягів для додання необхідної міцності всього виробу.

Отже, сутність методу полягає в виконанні щонайменше двох циклів: в першому циклі після гартування виходить крупнозерниста структура, як правило, рейковий або голчастий мартенсит, який після високого відпуску розпадається з утворенням тростито-сорбітної структури.

При виконанні останнього циклу останньою операцією є відпуск, що забезпечує задані структуру і властивості сталі. Кількість циклів визначається необхідними кінцевими властивостями сталі.

Сутність процесів при імпульсному нагріванні полягає в тому, що при нагріванні до високих температур відбувається гомогенізація аустеніту, а висока швидкість нагріву і охолодження перешкоджає росту аустенітного зерна. Подрібнення вихідної структури обумовлено утворенням на місці вихідного зерна безлічі центрів зростання нових зерен, ріст яких припиняється при охолодженні без витримки, що призводить до значного подрібнення структури. Короткочасність нагріву при відпуску зменшує внутрішні напруги, призводить до розпаду залишкового аустеніту і перешкоджає зростанню перлітових зерен. Використання імпульсного нагріву значно скорочує час термічної обробки. При виконанні описаних вище операцій істотно підвищується дисперсність структури сталі аж до субмікронної величини. Після останнього відпуску, як правило, утворюється безструктурний мартенсит.

ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ І МЕТОДИ ЗМІЦНЕННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Кравець В. В., студентка гр. МТ-71, Берладір Х. В., канд. техн. наук, старший викладач каф. ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

Зубчасте колесо – зубчаста ланка із замкнутою системою зубів, що забезпечує безперервний рух іншого зубчастого колеса. (рис. 1).

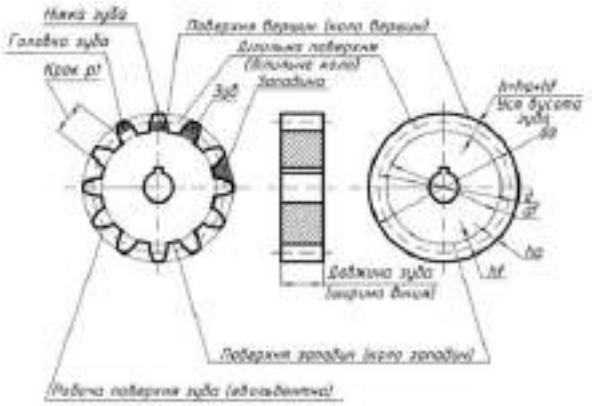


Рисунок 1 – Елементи зубчастого колеса

Основним елементом зубчастого колеса є зуб – виступ певної форми, що призначений для передавання руху шляхом дії на виступ іншого елементу зубчатої передачі. Частина зубчастого колеса, що не входить до зубів, називається тілом зубчастого колеса. Частина зубчастого колеса, що складається з усіх його зубів і частини тіла зубчастого колеса, що їх зв'язує, називається зубчастим вінцем.

Зубчасті колеса використовуються для передачі руху від одного елементу машини до іншого. Вони можуть бути різноманітної конструкції, яка залежить від характеру зачеплення (зовнішнє або внутрішнє), взаємного розміщення обертових валів, способу передачі тощо. Найбільшого розповсюдження досягли циліндричні і конічні зубчасті колеса.

Для виготовлення передач загального призначення для серійного типу виробництва, використовують в основному конструкційні леговані сталі 40Х, 40ХН, 35ХМ, 35ХГСА та ін. Твердість робочої поверхні зубців в цьому випадку складає НВ > 350 кгс/мм^2 (після об'ємного гартування, гартування СВЧ, цементації тощо). Зубці коліс першої групи нарізають до термічної обробки заготовки. Сталі із твердістю НВ > 350 кгс/мм^2 використовують для високонавантажених передач з метою отримання невеликих габаритів. Висока твердість ускладнює технологію виготовлення. Нарізування зубців проводять до гартування заготовок. Деякі види термообробки (об'ємне гартування, цементація) створюють короблення зубців, тому для виправлення їх розмірів та форми потрібні дорогі завершальні операції (шліфування,

притирання тощо). Ці додаткові затрати простіше компенсувати в умовах серійного і масового виробництва. Основними факторами, що визначають вибір сталі для цих коліс, є прогартовуваність і оброблюваність.

Для хіміко-термічного зміцнення важконавантажених деталей в машинобудуванні застосовують процеси газової цементації і нітроцементації, вакуумну і іонну ХТО, високотемпературну цементацію і обробку з насиченням в азотних атмосферах і в киплячому шарі. Однак, на вітчизняних заводах і за кордоном для зміцнення високонавантажених деталей і, перш за все, зубчастих коліс, в основному, використовуються цементація і нітроцементація. В результаті ХТО змінюються властивості металів (твердість, зносостійкість, опір втоми, кавітаційна і корозійна стійкість), які запобігають схоплюванню металів, підвищують довговічність деталей. Хіміко-термічна обробка, що включає дифузійне насичення поверхні, гартування і низький відпуск (старіння), забезпечує високу твердість (HRC 58-63) і найбільшу несучу здатність поверхневих шарів зубів, а також високу згинальну міцність зубів. Для додаткового підвищення твердості поверхневого шару зубів коліс, що працюють без перевантажень, застосовують обробку холодом при температурі -50-55 °С.

У меншій мірі працездатність відповідальних зубчастих коліс трансмісій, поверхня яких зміцнюється зазвичай ХТО, рідше термічною обробкою, на твердість в межах 200 < НВ < 350 і індукційного поверхневого загартування СВЧ, визначають знос і заїдання, однією з основних причин яких є похибка виготовлення і збірки, порушення технологічних процесів зміцнення, неякісне (або неправильно обране) мастило.

Розвиток явища втоми в конструкційних сталях залежить від багатьох причин: металургічних дефектів матеріалу (флокенів, волосовини, неметалевих і шлакових включень тощо) і розташування волокна; якості механічної та зміцнюючої обробки; форми виробу і його точкових характеристик; поверхневого легування і зміцнення; дефектів поверхні; місцевої деформації та ін. Тому для забезпечення довговічності при конструюванні деталі повинні бути враховані як умови її роботи, тобто експлуатаційні навантаження, так і технологія виготовлення, включаючи особливості: гарячої пластичної деформації заготовок, механічної обробки, термічної обробки, хіміко-термічного або іншого виду зміцнення, поведінки деталі в процесі виготовлення і обробки.

Останнє викликає необхідність більш повно, ніж це рекомендується нормами, прийнятими в промисловості, враховувати вплив технологічної спадковості сталей на міцність і втомні характеристики і довговічність зубчастих коліс. Опір втоми знижує надрізи, гострі кромки, виточки, галтелі. Наявність підрізів, недостатні радіуси заокруглень призводять до утворення дефектів при термообробці через локальні напружень, а також місцевої концентрації напружень при експлуатації деталей. Відсутність заокруглень торцевих крайок зубів може призвести до їх підвищеного насичення вуглецем (азотом) при хіміко-термічній обробці і до утворення сколів. Для термополіпшуваних відповідальних деталей зниження експлуатаційних показників можливо через деформацію під дією навантажень, зносу опорних поверхонь, елементів сполучення, поверхонь тертя, які в багатьох випадках додатково піддають загартуванню СВЧ.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ СТАЛІ

Дудченко В. В., аспірант, СумДУ, м. Суми

Розвиток сучасного машинобудування неможливе без використання високотехнологічних методів. Антикорозійні і зміцнюючі покриття в даний час мають дуже широку сферу застосування. Це, зокрема, робота будь-яких деталей в умовах агресивного середовища, такий як вода, кислоти, луги та інші речовини, які активно взаємодіють з поверхнею деталі. Без будь-яких покриттів терміни служби виробу в даних середовищах зменшуються багаторазово, що тягне за собою великі витрати на заміну, виготовлення або покупку нового виробу.

Якість поверхні підвищують різними методами (методи поверхневої термічної обробки, хіміко-термічні методи, дифузійна металізація, покриття поверхонь твердими сплавами і металами, поверхнево-пластичне деформування). Їх основним завданням є забезпечення заданої якості поверхневого шару, яке характеризується його фізико-механічними властивостями і мікрогеометрією. Оскільки склад і структура поверхні визначають опір твердого тіла зовнішнім хімічних і механічних впливів, з економічної і технологічної точок зору доцільно легувати тільки робочі поверхні деталей машин і апаратів. Остання обставина стимулювала інтерес до наукових розробок різних методів поверхневого легування металів і сплавів, зокрема до електроіскрового легування (ЕІЛ) [1].

Метод ЕІЛ заснований на електроерозійному процесі між анодом (легувальним електродом) і катодом (деталлю). До переваг методу ЕІЛ відносяться: можливість нанесення на оброблювану поверхню компактним електродом струмопровідних матеріалів з поліпшенням фізико-механічних і хімічних властивостей конструкційних матеріалів; висока міцність зчеплення шару, що наноситься з матеріалом основи; мінімальні витрати матеріалу; низька енергоємність процесу і простота здійснення операцій, що проводяться [2]. За допомогою ЕІЛ також можна проводити відновлення деталей з подальшим повторним її використанням на виробництві.

Однак методом електроіскрової металізації отримати гладкі і суцільні покриття досить складно. Ця обставина істотно обмежує використання методу ЕІЛ для отримання корозійностійких покриттів. Відомо, що при катодному легуванні захисний ефект можна забезпечити і несу цільним покриттям, так як він обумовлений електрохімічним механізмом.

Метою роботи є аналіз літературних джерел щодо шляхів удосконалення технології ЕІЛ з метою забезпечення покриттям корозійної стійкості.

Авторами роботи [4] проведені дослідження особливостей формування хромових покриттів методом ЕІЛ на сталі 40Х та дослідження їх хімічного і

фазового складу. Рентгеноструктурний аналіз показав, що на поверхні присутні два елементи: Fe-gamma 225 (94,98%) і Cr (5,02%). Вимірювання мікротвердості за Віккерсом показали, що твердість матеріалу-основи практично не змінилися. Електронно-мікроскопічні дослідження засвідчили, що покриття досить рівномірне і якісне, дефектів (тріщини, просвіт матеріалу-основи та ін.) не спостерігалося. Випробування на корозійну стійкість показали, що антикорозійні властивості знаходяться на необхідному рівні для експлуатації, адгезійні та міцнісні характеристики задовольняють умовам застосування даного типу покриття в машинобудуванні та будівництві.

У роботі [5] показано, що легування поверхні титану паладієм електроіскровим методом підвищує його корозійну стійкість на 1 ÷ 2 порядки в розчинах сірчаної кислоти при підвищеній температурі, що обумовлено присутністю в складі покриття Pd і інтерметалідів Ti-Pd, що переводять титан в пасивний стан. Встановлено, що вміст Pd в легованому шарі залежить від енергії розряду і питомого часу електроіскрової обробки. Механізоване ЕІЛ паладієм порівняно з ручним дозволяє значно збільшити стійкість титану, що пов'язано з великим вмістом Pd в поверхневому шарі і більш рівномірним його розподілом. Механізоване легування в вакуумі, аргоні і на повітрі показало, що найбільш збагачені паладієм покриття формуються в атмосфері аргону.

В роботі [6] автори досліджували вплив електроіскрових покриттів на корозійну стійкість сталей. Показано, що застосування методу ЕІЛ є підвищення корозійної стійкості деталей завдяки пасивації металу підкладки в порах і створення в них шару нітриду і танатів, що дозволяє уникнути підтравлення корозійно- і зносостійкого покриття, нанесеного ЕІЛ, і його осипання.

Авторами роботи [7] проведено дослідження зі створення корозійностійких електроіскрових покриттів на сталевій підкладці методом ЕІЛ. Як матеріали електроіскрових покриттів було вибрано добре зарекомендовані в ряді випадків покриття системи Ti-Ni. Легування сталі нікелем призводить до формування на поверхні, крім α-Fe, твердого розчину (FeNi), що сприяє зниженню корозійних втрат в H_2SO_4, H_3PO4 і HCl. Однак в HNO_3 швидкість корозії в ≈2 рази перевищує таку у сталі, але в «царській горілці» корозія дещо менша. Формування твердого розчину на поверхні значно знижує корозію в нейтральних і лужних розчинах Лише титан і нікель більш корозійностійкі в цих же умовах. Показано, якщо при легуванні титану нікелем, нікелю титаном матеріал підкладки бере участь у формуванні електроіскрового покриття у вигляді різних інтерметалідів, що підвищують корозійну стійкість поверхні, і це є позитивним фактором, то той же процес при легуванні сталі негативно впливає на її корозійну стійкість. Тому для електроіскрового покриття сталей необхідно розробити такий склад

електродів, який забезпечив би формування модифікованого поверхневого шару тільки на основі корозійностійких легуючих компонентів анода без участі матеріалу підкладки.

Отже, процес ЕІЛ дозволяє отримувати робочі поверхні з високими фізико-механічними властивостями. Однак у багатьох випадках вони мають малу корозійну стійкість. Удосконалення технології ЕІЛ з метою забезпечення корозійної стійкості робочим поверхонь є актуальною задачею.

Список літератури:

1. Химухин С. Н., Ри Х., Ри Э. Х. Структура и свойства металлов и сплавов при электроискровом воздействии : монография. Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. 127 с.

2. Материалогия покрытий титановых сплавов методами физико-химии и электроискрового легирования / в 2 частях ; под редакцией д-ра техн. наук, проф. В. М. Давыдова / Б. А. Ляшенко, И. А. Подчерняева, Л. А. Коневцов и др. Ч. 2. ЭИЛ-покрытия. Монография, 2020. 348 с.

3. Кондратьев, А.И. Влияние исходной структуры электродов на параметры процесса электроискрового легирования / А.И. Кондратьев, Е.В.Муромцева, С.Н. Химухин. *Упрочняющие технологии и покрытия*. 2007. № 6. С. 26–30.

4. Козырь А. В., Глабец Т. В., Верхотуров А. Д. Жаростойкость и коррозионная стойкость сталей после электроискрового легирования. Материалы XIX Международной научно-практической конференции «Современные техника и технологии». Благовещенск, Федеральное агентство по образованию, Амурскийгос. ун-т. 2006. С. 26–30.

5. Использование метода электроискрового легирования для повышения коррозионной стойкости поверхности титана / Л.П. Корниенко, Г.П. Чернова, В.В. Михайлов, А.Е. Гитлевич. *Защита металлов*. 2010. № 9 (1). С. 14–23.

6. Повышение коррозионной стойкости электроискровых покрытий на сталях / В.В. Паршутин, А.М. Парамонов, Э.А. Пасинковский и др. *Труды ГОСНИТИ*. 2012. № 2. С. 120–123.

7. Получение на стали коррозионностойких электроискровых покрытий, содержащих титан, никель, молибден / В.В. Паршутин, А.М. Парамонов, А.В. Коваль и др. *Труды ГОСНИТИ*. 2014. Т. 117. С. 239–250.

РОЛЬ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ В ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ПОЛІТЕТРАФТОРЕТИЛЕНУ

Ільїних А. А., завідувач навчальної лабораторії кафедри прикладного матеріалознавства і ТКМ, СумДУ, м. Суми

Вагомою складовою розвитку сучасної промисловості є використання нових матеріалів, що мають високий рівень фізико-механічних властивостей при роботі в умовах інтенсивного зношування. Вимоги, що пред'являються до нових матеріалів постійно зростають. Практично у всіх галузях сучасної промисловості внаслідок поєднання високого рівня механічних властивостей з малою питомою масою широке застосування знайшли полімерні композитні матеріали на основі політетрафторетилену. Вуглефторопласт має комплекс унікальних властивостей: високі механічні, діелектричні, антифрикційні і антиадгезійні властивості, підвищені термо- і вогнестійкість, стійкість до хімічного впливу, а також здатність зберігати ці властивості в широкому інтервалі робочих температур. У реальних умовах експлуатації полімерні матеріали повинні мати властивості, що змінюються в широкому діапазоні, тому важливе значення має можливість цілеспрямовано керувати ними. І це можливо здійснити за допомогою їх модифікації.

Одним із видів фізичної модифікації політетрафторетилену, при якій змінюється тільки його надмолекулярна структура, є термічна обробка: гартування, відпал та відпуск. Вона дозволяє підвищити якість виробів з полімерів, зменшити залишкові напруги, підвищити структурну однорідність і стабілізувати розміри. На зміну структури і властивостей полімерів впливають швидкість нагріву, температура, час прогріву і швидкість охолодження. Тривалість витримки матеріалу при гартуванні суттєво впливає на властивості готових виробів. Це обумовлено зміною в структурі полімеру конфігурацій макромолекул і збільшенням числа прямолінійних ділянок, які при охолодженні політетрафторетилену стають центрами кристалізації.

Таким чином, технологічні режими термічної обробки визначають ступінь кристалізації і, як наслідок цього, показники фізико-механічних властивостей матеріалу. Ступінь кристалічності спеченого політетрафторетилену коливається від 50 до 70 % і залежить як від молекулярної маси, так і від швидкості охолодження заготовок. Більшість механічних властивостей політетрафторетилену зі збільшенням ступеня кристалічності погіршуються [1]. Для оцінки впливу технологічних факторів процесу термообробки на службові властивості політетрафторетилену, необхідна постановка широкомасштабного експерименту і побудова математичної моделі процесу термічної обробки.

Список літератури:

1. Машков Ю. К. Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена. Структурная модификация / Ю. К. Машков, З. Н. Овчар, В. И. Суриков и др. – М. : Машиностроение, 2005. – 240 с.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ТА КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ КОМПЛЕКСНИХ ХРОМОСИЛІЦИДНИХ ДИФУЗІЙНИХ ПОКРИТТІВ НА СТАЛІ 45

Янцевич К. В., мол. наук. співр., Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України

Вимоги до сучасних деталей машин, інструментів, оснастки із сталей та твердих сплавів, які працюють в жорстких умовах дії високих виробничих швидкостей, контактних навантажень, агресивних середовищ, включають опір зносу, високу тріщиностійкість, хімічну стабільність при високих температурах, високу корозійну стійкість тощо[1,2]. Комплексне насичення хромом і кремнієм дає можливість формувати на поверхні вуглецевих сталей двокомпонентні дифузійні шари, які мають поліпшені захисні властивості порівняно з однокомпонентними кремнієвими та хромовими покриттями.

У роботі досліджували зносостійкість та корозійну стійкість дифузійних покриттів за участю хрому та кремнію.

Для нанесення покриттів використовували спеціальну установку, яка була виготовлена на базі шахтної печі СШОЛ 1.1.6/12. Процес проводили при температурі 1200—1400 К при парціальному тиску в реакційний камері 102 Па з використанням порошків феросиліцію марки ФС-90, хрому марки Х-2, графіту та чотирихлористого вуглецю. В конструкції робочої камери при нанесенні хромосиліцидного покриття вперше було застосовано реакційний стакан з графітовим дном [3], що дало можливість підвищити активність газової фази та пришвидшити процес формування дифузійних шарів. Дослідження мікроструктури покриттів проводили на оптичному мікроскопі Neophot 2. Випробування зносостійкості [4] проводили на машині тертя МТ-68, конструкція, якої дозволяє в процесі експерименту одночасно і незалежно фіксувати та вимірювати коефіцієнт тертя. Знос оцінювали за зміною маси попередньо притертих зразків. Корозійні випробування проводили масометричним методом за стандартною методикою при температурі 20 °С у розчинах соляної, сульфатної, оцтової, нітратної кислот та у 3 % NaCl.

Покриття наносили в замкнутому реакційному просторі при температурі 1323 К впродовж шести годин. Встановлено, що в структурі покриття на сталі 45 можна виявити два шари (рис. 1). У поверхні розташовані шари на основі карбідів хрому ($Cr_{23}C_6$ та Cr_7C_3). Шар, розташований безпосередньо на межі розподілу покриття - сталь, відповідає α - твердому розчину хрому та кремнію в залізі. Присутність в структурі карбідів хрому, окрім рентгеноструктурного аналізу, підтверджують вимірювання мікротвердості, значення якої в центральній частині становить 19,5 ГПа та зменшується до мікротвердості 6-6,5 ГПа, що відповідає шару Feα(Si,Cr). Загальна товщина покриттів, отриманих комплексним хромосиліціюванням сталі 45, становить 120 мкм.

Рисунок 1 – Мікроструктура сталі 45 з комплексним покриттям на основі хрому та кремнію (×200)

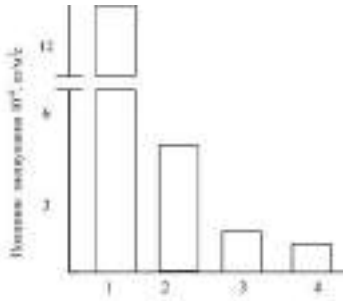


Рисунок 2 – Гістограма зносостійкості сталі 45 після гартування та відпуску (1), після силіціювання (2), хромування (3), хромосиліцювання (4)

Проведені випробування показали, що зносостійкість хромосиліцидних покриттів в умовах абразивного зношування вища у 1,7 рази, ніж карбіду хрому $Cr_{23}C_6$ і Cr_7C_3 та у 3,2 рази, ніж у однокомпонентних силіцидних покриттів (рис. 2). В роботі було показано, що явище зносу при взаємодії з абразивом відбувається лише в тонких поверхневих шарах шляхом видалення часток покриття. Слід зазначити, що в процесі випробування шорсткість поверхні зразка встановлюється в перші 10 – 15 хвилин і далі не змінюється.

Нанесення на поверхню сталі дифузійних покриттів за участю хрому та кремнію призводить до підвищення корозійної стійкості у розчинах кислот у 2-30 разів та підвищується в ряду: 10%HCl →10%H_2SO_4 →3%NaCl → 10% CH_3COOH→10%H_3PO_4 →10%HNO_3.

Список літератури

1. Шатинский В.Ф., Нестеренко А.И. Защитные диффузионные покрытия. К.: Наукова думка, 1988. 272 с.

2. Карбідні покриття на сталях і твердих сплавах / [В.Ф. Лоскутов, В.Г. Хижняк, І.С. Погребова та ін.] Тернопіль: Лілея, 1998. 144 с.

3. Спосіб нанесення карбідних покриттів. Патент України на винахід 50193А, МПК (2002) С23С12/00. Вл. НТУУ “КПІ”; Заявл. 16.11.2001; Опубл. 15.10.2002, Бюл. № 10, 4с.

4. Износостойкие диффузионно легированые композиционные покрытия / [Лучка М.В., Киндрачук М.В., Мельник П.И., Соколовский М.Ф., Микитюк Р.Ю.]. К.: Техніка. 1993. 143 с.

ЗМІЦНЮЮЧА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ДЛЯ СТАЛІ МАРТЕНСИТНОГО КЛАСУ 20Х13

Хвостенко Р. О., студ. гр. МТ-81; Говорун Т. П., доц. каф. ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

Сталь 20Х13 призначена для виготовлення відповідальних деталей з підвищеною пластичністю, що піддаються динамічним навантаженням. Поряд з підвищеними вимогами по опору корозії і жаростійкості такі деталі, як правило, повинні забезпечувати високу зносостійкість робочої поверхні в умовах тертя. Для формування заданого комплексу властивостей після об'ємної термічної обробки зазвичай передбачається подальше локальне термозміцнення робочої поверхні, наприклад гартуванням струмами високої частоти (СВЧ). З огляду на техніко-економічні аспекти раціонального застосування високочастотної технології, використовують поверхневе зміцнення плазмовим гартуванням.

Застосування плазмового гартування для поверхневого зміцнення деталей зі сталі 20Х13 має ряд особливостей, обумовлених істотною відмінністю її теплофізичних характеристик від відповідних показників для звичайних вуглецевих сталей.

Гартування − це нагрівання до певної критичної температури (≥750 °С) і подальше швидке охолодження, в результаті чого твердість сталі і чавуну збільшується приблизно з HRC 20 - 25 до HRC 50 - 65. Завдяки цьому зношування деталей сповільнюється. Площа зони гартування пропорційна питомому тепловому потоку через оброблювану поверхню. За рахунок послідовної неодноразової обробки можна на 20 - 50 % збільшити глибину і мікротвердість в зоні термічного впливу сталі. Зниження зносу може становити десятки і навіть сотні разів. Збільшення твердості становить 2-3 рази, а збільшення зносостійкості відбувається на порядок або більше. Це відбувається тому, що гартування залишається найбільш поширеним способом зміцнення. Багато деталей (пружини, кулькові і роликові підшипники кочення, ріжучий і штамповий інструмент) без гартування виявляються непрацездатними.

Обробка плазмовою дугою дозволяє отримати в поверхневому шарі стали 20Х13 мартенсит зі значною (30 - 50 %) часткою залишкового аустеніту. Твердість поверхневого шару при цьому становить 650 - 700 HV, глибина зміцненої зони – 0,8 мм. В термообробленому плазмовою дугою поверхневому шарі сталі 20Х13, сформованому послідовними проходами плазмової дуги з певним ступенем перекриття, виникає регулярна структура з фазовим складом і твердістю, що періодично змінюються. Очевидно, що регулюванням параметрів режиму обробки (струм плазмової дуги, швидкість її переміщення, ступінь перекриття локальних зон загартування) можна цілеспрямовано формувати певний структурно-фазовий стан поверхневого шару з властивостями, які найбільш повно відповідають умовам експлуатації.

НАНОТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЧНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ

Марченко К. С., студентка гр. МТ.м-01;
Марченко С. В., доц. каф. ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

Вуглецеві нанотрубки стають предметом досліджень у галузі моніторингу стану композиційних матеріалів завдяки їх найкращим характеристикам та чудовим механічним властивостям.

Полімерний матеріал, виготовлений з вуглецевих нанотрубок, використовується для створення п'єзорезистивного тензометричного приладу для дослідження структурного стану. Полімер покращує міжфазний зв'язок між нанотрубками. Датчики, які використовувались без полімерного матеріалу, з одношаровою плівкою вуглецевих нанотрубок давали спотворені виміри деформації, оскільки гравітаційна сила Ван дер Ваальса дозволяла осьове ковзання гладких поверхонь нанотрубок. Однак у полімерному датчику використовуються великі багатостінні вуглецеві нанотрубки, які покращують передачу деформації, відтворюваність та лінійність датчика. Електричну модель датчика деформації нанотрубок отримано на основі електрохімічної імпедансної спектроскопії та деформаційних тестів. Модель може бути використана для розробки сенсорних систем з нанотрубок.

Біоміметичний штучний нейрон був розроблений за рахунок збільшення довжини датчика. Нейрон – це довгий датчик безперервної деформації, який має низьку вартість, простий в установці та легкий. Нейрон має низьку пропускну здатність та адекватну чутливість до деформації. Потреба в нейронному датчику зумовлена виявленням великих деформацій, тріщин. Такий датчик може зменшити кількість каналів збору даних, необхідних для контролю стану великих конструкцій.

Вуглецеві нанотрубки можуть широко застосовуватись для контролю стану полімерних композитів завдяки їх чудовим електромеханічним властивостям. Сучасним досягненням є виявлення вуглецевих нанотрубок у полімерних композитах: наповнювач вуглецевих нанотрубок, волокно, покрите вуглецевими нанотрубками, пряжа з вуглецевих нанотрубок та папір із вуглецевих нанотрубок. Папір з вуглецевими нанотрубками може вирішити такі проблеми: жорстка дисперсія при змішуванні вуглецевих нанотрубок та смол, спільна деформація волокна, покритого вуглецевими нанотрубками, моніторинг всієї структури пряжі вуглецевих нанотрубок..

З розвитком нанотехнологій в останні роки виникають питання щодо впливу наночастинок на здоров'я. Вуглецеві нанотрубки – це волокнисті наночастинки з мікровимірною довжиною та нанорозмірним діаметром, які мають відмінні фізичні властивості та широко вивчені з точки зору їх потенційного застосування в медицині. Однак історично було показано, що азбест при вдиханні викликає злоякісну мезотеліому плеври та рак легенів. Оскільки вуглецеві нанотрубки є волокнистим матеріалом, питання в їх можливій канцерогенності залишається відкритим.

Таким чином, дослідження впливу вуглецевих нанотрубок на живий організм є актуальним та потребує детального розгляду.

СЕКЦІЯ «ОПІР МАТЕРІАЛІВ І МАШИНОЗНАВСТВО»

МІЦНІСТЬ НАПІВНЕСКІНЧЕННОЇ ТРУБИ ПРИ ПРОВИСАННІ ПІД ДІЄЮ ВЛАСНОЇ ВАГИ

Жигилій Д. О., доц. каф. КМ; Твердохліб А. С., студ гр. ІМ-91,
СумДУ, м. Суми

Монтаж металевих труб пров'язаний з їх провисанням під дією власної ваги. Тому тонкостінні металеві труби обов'язково розташовують на спеціальних підтримуючих опорах, встановлених через певні інтервали, перед обтисненням. Вертикальна прокладка потребує меншої кількості кріпильних елементів через більшу відстань між точками кріплення. Це пояснюється тим, що вертикально прокладені труби не підпадають під дію згинальних зусиль від власної ваги. Вплив же згинальних зусиль від дії власної ваги притаманний прокладеним горизонтально трубам з будь-яких матеріалів. У разі недотримання відстані між рекомендованими точками кріплення економія на кріпленні неминуче призведе до провисання труб.

Розглянуто напівнескінченну трубу сталеву електрозварну за ДСТУ 8943:2019 внутрішнього діаметра 100 мм з товщиною стінки 5мм зі сталі 08кп. Силова схема зводиться до двохопорної балки з розподіленим ваговим погонним навантаженням q. Через напівнескінченність труби у перерізі А не тільки прогин, але і кут повороту дорівнюють нулю. З рівнянь рівноваги знайдено реакції R_A^z, R_A^y та R_B. На основі метода початкових параметрів з урахуванням $w_0 = w_A = 0$; $\theta_0 = \theta_A = 0$ складено рівняння $w_B = 0$, з якого знаходиться розмір *a* в залежності від *l*.

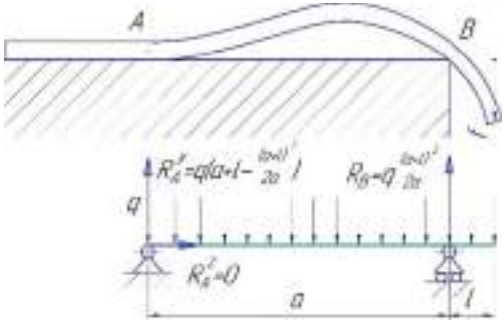


Рисунок 1 – Розрахункова схема напівнескінченної труби при провисанні під дією власної ваги

В роботі досліджено залежність максимальних згинальних нормальних напружень в т.В у сталевій напівнескінченній трубі $\sigma_B^{max}=q\cdot l^2(a)/(2\cdot W_x)$, утворених власною вагою при провисанні, від стріли прогину $f(l(a))$. Показано нелінійність залежності максимальних лінійних деформацій при такому згинанні від максимальних нормальних напружень і показаний зв'язок допустимої стріли прогину від допустимих нормальних напружень.

РАЦІОНАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ РІЗЬБОВОГО ДВОБОЛТОВОГО З'ЄДНАННЯ З НАТЯГОМ

Жигилій Д. О., доц. каф. КМ; Росляков М. Ю. студ. гр. ІМ-91,
СумДУ, м. Суми

Зазвичай проектування за допустимими напруженнями залишає у конструкції прихований запас міцності. В роботі зроблена спроба у першому наближенні оцінити втрачені ресурс несучої здатності з'єднання. Застосована методика перевірки безпеки за граничним станом перевіряє безпечність з'єднання шляхом порівняння величини відривної сили F з її руйнівним значенням.

Вважалося, що абсолютно жорсткий прямокутний стержень заданих розмірів (l = 50 мм; a = 100 мм; L = 200 мм) закріплено до абсолютно жорсткої поверхні за допомогою двох високоміцних болтів М10 за ГОСТ 7805-70 клас міцності 8.8.

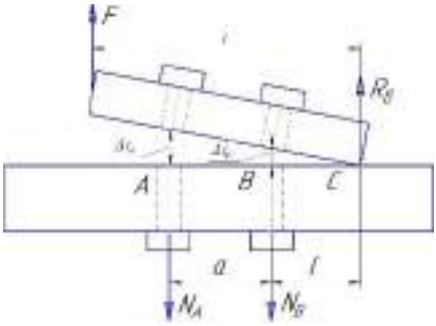


Рисунок 1 – Розрахункова схема відривання різьбового двоболтового з'єднання з натягом N_0

Спочатку розрахункова система болтів є статично невизначувана s =1. Для неї складено статичний аспект задачі у вигляді рівняння рівноваги $\Sigma M_C = 0$, геометричний – умова сумісності деформацій $\Delta l_A/(a+l) = \Delta l_B/l$ і фізичний – закон Гука при розтяганні. Згодом болт А досягає границі текучості і система стає статично визначуваною з $N_A = \sigma_т \cdot \pi d_1^2/4$. При розрахунку за допустимими напруженнями вважається граничною сила F, що відповідає $N_A = [\sigma] \cdot \pi d_1^2/4$, а за граничним станом – $N_B = (\sigma_т/n) \cdot \pi d_1^2/4$, де n=1,5.

Прихований запас міцності η оцінено у відсотках на основі відношення різниці допустимих сил за граничним станом та допустимими напруженнями (при однакових коефіцієнтах запасу n) до допустимої сили за допустимими напруженнями. Також побудовано графіки $F(N_A)$ та $F(N_B)$ в оцінено жорсткість опору конструкції в процесі руйнування за умови попереднього натягу болтів N_0, що відповідає нормальним напруженням в болтах у 10 % від границі текучості.

РАЦІОНАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ДВОТАВРОПОДІБНОГО ПЕРЕРІЗУ ПРИ ПЛОСКОМУ ЗГИНАННІ

Жигилій Д. О., доц. каф. КМ; Григор'єв В. С. студ. гр. ІМ-91,
СумДУ, м. Суми

Двотавровий переріз відомий своєю придатністю до роботи при прямому пласкому згинанні. Оскільки найбільші нормальні напруження зосереджені у найвіддаленіших від нейтральної лінії частинах перерізу, вочевидь вигідно зосереджувати там більшу частину маси перерізу. Залишкова перемичка слугує виключно для з'єднання несучих шарів у спільну конструкцію, що працює сумісно, виконуючи в першому наближені гіпотезу плоских перерізів. Однак у випадку наявності поперечних сил треба брати до уваги і дотичні напруження за формулою Журавського, які спричиняють плоский напружений стан.

Таким чином в т. А утвориться одновісний напружений стан з головним напруженням $\sigma_1 = \sigma_A = M_x / W_x$, де $W_x = I_x/(h/2)$, а $I_x = 2\cdot((b\cdot t^3)/12+(h-t)^2\cdot b\cdot t/4)+s\cdot(h-2\cdot t)^3/12$. А в т. В – плоский напружений стан, де $\sigma_B = M_x\cdot(h-2\cdot t) / (2\cdot I_x)$, а $\tau_в^{max} = Q_y\cdot(b\cdot t)\cdot(h-t/2) / (s\cdot I_x)$ і головні напруження складуть:

$$\sigma_1 = \left(\sigma_B + \sqrt{\sigma_B^2 + 4\cdot\tau_B^2}\right)\Big/2;$$

$$\sigma_2 = 0;$$

$$\sigma_3 = \left(\sigma_B - \sqrt{\sigma_B^2 + 4\cdot\tau_B^2}\right)\Big/2.$$

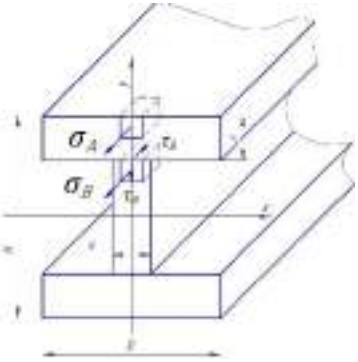


Рисунок 1 – Розрахункова схема напруженого стану у нескінченно малих елементах в небезпечних точках двотавроподібного перерізу при плоскому згинанні

В роботі на основі рівності еквівалентних напружень за III та IV теоріями міцності в точках А та В, визначено залежність раціональних розмірів t при фіксованих площі перерізу F, ширині b та висоті h від співвідношення M_x / Q_y.

РАЦІОНАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТОНКОСТІННОГО КОМІРЧАСТОГО ПЕРЕРІЗУ ПРИ ПЛОСКОМУ ЗГИНАННІ

Жигилій Д. О., доц. каф. КМ; Осипов О. О. студ. гр. ІМ-91,
СумДУ, м. Суми

Тонкостінні комірчасті конструкції дозволяють значно зекономити матеріал конструкції при збереженні її несучої здатності при розрахункових видах навантаження. Наприклад, застосування легких сталевих тонкостінних конструкцій лежить в основі альтернативної сучасної каркасної технології будівництва малоповерхових будівель. Легкі сталеві тонкостінні конструкції можуть бути несучими конструкціями малоповерхових будівель або складниками в класичних металевих та залізобетонних конструкціях. Такі будинки матимуть малу вагу конструкцій, а значить полегшують вимоги і вартість фундаментів. Машинобудівні методи проектування і виготовлення забезпечать високу точність конструкцій. Ця технологія є «сухим» способом будівництва, тобто монтаж можна вести цілий рік.

Досліджується будівельний елемент – тонкостінна комірчаста балка, що утворюється з пластини товщиною δ сталої ширини Р і стандартної для потреб будівництва висоти. Форма перерізу сформованої балки прийнято у вигляді двох ромбів з одним спільним і двома з'єднаними полками кутами.

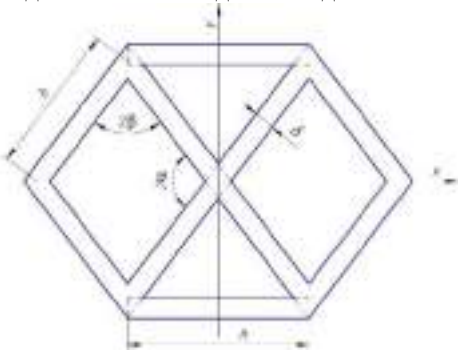


Рисунок 1 – Схема тонкостінного комірчастого перерізу

При зафіксованій сумарній довжині периметру комірців перерізу Р незалежним параметром можна обрати будь-який з b, h, α або β. Умовою раціонального згинання такого перерізу є рівність статичних моментів обору $W_x = W_y$, що означає рівноміцність такого перерізу при згинанні відносно обох головних осей (вісі X та Y є головними центральними, бо вони - вісі симетрії), де

$$W_x = 2\cdot\left[4\cdot\delta\cdot h^3\cdot\cos^2\beta/3+\delta\cdot b\cdot h^2\cdot\cos^2\beta\right]\Big/\left(h\cdot\cos\beta\right);$$

$$W_y = 2\cdot\left[4\cdot\delta\cdot h^3\cdot\sin^2\beta/3\right]\Big/\left(2\cdot h\cdot\sin\beta\right).$$

З цієї умови, маючи P = 8·h+2·b та h/b = Ctgβ / 2, знайдено β.

ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ СУЦІЛЬНО КОМПОЗИТНОГО ВОДНЕВОГО БАЛОНА ВИСОКОГО ТИСКУ

Жигилій Д. О., доц. каф. КМ; Олійник Є. О. студ. гр. КМ-71,
СумДУ, м. Суми

Пошук потужних відновлюваних дружніх до природи джерел енергії повертає дослідників до проблем її зберігання. Так перспективним з огляду екологічності є водень як паливо. Тому проектування безпечних містких посудин зберігання високого тиску є актуальною задачею.

В роботі досліджено суцільно композитний водневий балон альтернативної геометрії серединної лінії шаруватої вуглепластикової оболонки обертання постійної товщини. Вихідні параметри відповідають балону в автомобілі Toyota Mirai XLE: максимальний внутрішній тиск 87,5 МПа при зберіганні 5 кг водню.

Пружні властивості вуглепластика знайдено за Фойгтом і Рейсом за принципом підсумовування повторюваних елементарних шарів. Спочатку знаходилися пружні властивості однонаправленої стрічки, а потім підсумовуються властивості цих повернутих шарів за схемою укладки $[(+\varphi / -\varphi)_n]$.

Аналітичні вирази геометрії нейтральної лінії композитної оболонки обертання виражено з міркувань, що нижня половина оболонки складається з еліпсоїда та однополосного гіперболоїда зі спільною віссю симетрії OY:

$$y_e = \pm b_e \cdot \sqrt{1 - x^2 / a_e^2} + b_e; \quad y_h = -b_h \cdot \sqrt{-1 + x^2 / a_h^2} + b_e + \Delta.$$

Розміри a_e, b_e та a_h задано з обмежень на габарити балона, Δ – з рівняння для об'єму посудини, а b_h – з умови гладкості з'єднання еліпсоїда з параболоїдом: $y_e'(x_0) = y_h'(x_0)$.

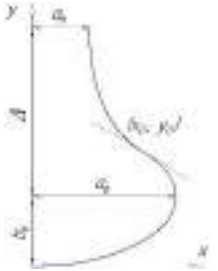
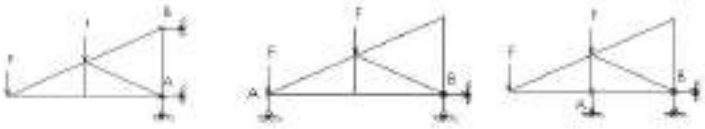


Рисунок 1 – Схема геометрії водневого балона високого тиску

Напружено – деформований стан посудини під статичною дією внутрішнього високого тиску визначено методом скінчених елементів в осесиметричній постановці. Для оцінки несучої здатності вуглепластикової оболонки використано модифікований критерій міцності Верещаки С. М., що включає врахування поперечного міжшарового зсуву та трансверсальних напружень обтиснення. Уточнено значення a_h для максимізації міцності.

АНАЛІЗ ВНУТРІШНІХ ЗУСИЛЬ В ЕЛЕМЕНТАХ ФЕРМИ ПРИ ЗМІНІ РОЗТАШУВАННЯ ОПОР

Янченко Б., учень 10 кл., школа № 2, м. Білопілля; Жило Н., учень 9 кл., школа № 1, м. Суми; Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. Суми

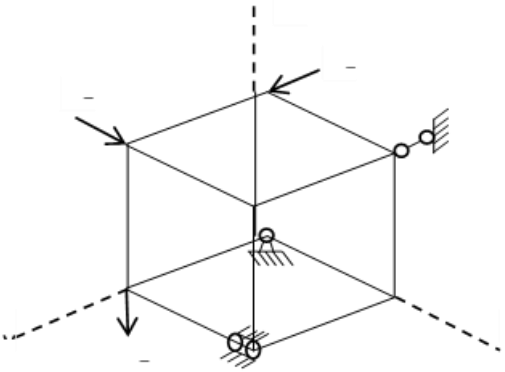


Розглядалося 3 варіанта розрахункових схем ферми. Зовнішні силові фактори (F) прикладалися виключно у вузлах. Спочатку виконувався розрахунок для знаходження опорних реакцій (V_A, V_B, H_A ,H_B), шляхом складання трьох незалежних рівнянь статики, а саме $\sum M_A = 0$, $\sum M_B = 0$, $\sum X = 0$, з виконанням перевірки. Далі помічався порядок «вирізання» вузлів ферми за допомогою універсального методу перерізів. Для кожного вузла складалося два незалежних рівняння $\sum X = 0$, $\sum Y = 0$ за допомогою яких визначалися внутрішні силові фактори (ВСФ) – повздовжні сили: $N_1, N_2, \dots, N_4, N_5$. Аналізуючи конструктивну і розрахункову схеми ферми слід зауважити, що для спрощення розрахунків були введені умовно шарніри у вузлах. Після проведення всіх розрахунків по знаходженню ВСФ проводився аналіз цих зусиль в окремих елементах ферми.

Розглядалися інші способи знаходження внутрішніх зусиль за допомогою метода «моментної точки». В цьому випадку ферму слід розглядати як систему довільно розташованих сил. Знаходилися переваги та недоліки кожного із методів. Використовуючи «силовий» та «лінійний» масштаби знаходити внутрішні зусилля можна графічно, за допомогою силових многокутників. Розташування елементів ферми виконувалося з вимог геометричної незмінності та статичної визначеності. Розглядалися деякі питання стосовно форми поперечних перерізів елементів ферми.

ДОЦІЛЬНЕ РОЗТАШУВАНННЯ ОПОР У ВУЗЛАХ ПРОСТОРОВОГО ЕЛЕМЕНТА

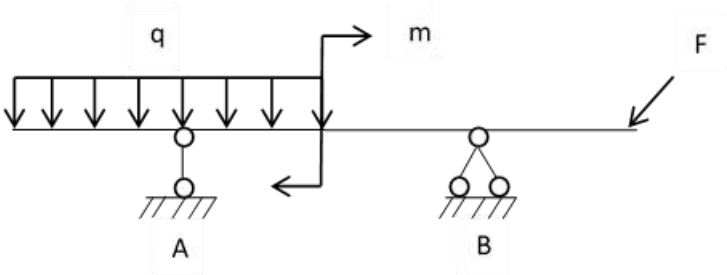
Рожков М., учень 9 кл., школа № 1, м.Суми; Левченко В., учень 9 кл., центр позашкільної освіти, школа № 6, м. Лебедин; Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. Суми



Розглядалось три задачі по знаходженню опорних реакцій в шарнірно-рухомій, циліндричній та сферичній опорах. Розташування їх у вузлах просторової рами не змінювалось. В кожній із опор виникають одна, дві, три складові, а саме: $H_x,\ H_y,\ V_z$. Кількість невідомих опорних реакції не повинно перевищувати 6, в іншому разі дана задача статично-невизначувана. Застосовувався принцип незалежності дії сил. Після складання незалежних рівнянь статики $\left(\sum M_x = 0,\ \sum M_y = 0,\ \sum M_z = 0, \sum X = 0,\ \sum Y = 0,\ \sum Z = 0\right)$ знаходилися опорні реакції. Деякі труднощі виникали при складанні моментів сил відносно осей $x,\ y,\ z$, тому був виконаний макет просторової рами з осями по граням даної рами. Вивчалися різноманітні аксонометричні проекції. Виконувався аналіз значень найдених опорних реакцій з урахуванням їх величин і напрямку. Мета – побудова геометрично незмінної системи. Дані біографічні дані щодо вчених, що внесли значний вклад у науку: предмет теоретична механіка, опір матеріалів. Розглядалися можливі види деформацій, їх характер в окремих елементах просторової рами.

ПОБУДОВА КАЛЕНДАРНОГО ГРАФІКА ОБЧИСЛЕНЬ ЗНАЧЕНЬ ВНУТРІШНІХ СИЛОВИХ ФАКТОРІВ В СТАТИЧНО-ВИЗНАЧУВАНОЇ БАЛКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОСНОВНИХ ПОЛОЖЕНЬ, МЕТОДИКА НАВЧАННЯ

Момонт С., учениця 11 класу, школа № 2, м. Білопілля;
Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. Суми



Розглядалась задача при деформації поперечного згину, а саме статично визначена балка, завантажена зовнішніми силовими факторами: F, m, q. Балка відноситься до плоскої системи довільно розташованих сил, що потребує складання трьох незалежних рівнянь статики: $\sum M_A = 0$, $\sum M_B = 0$, $\sum Y = 0$, з урахуванням перевірки.

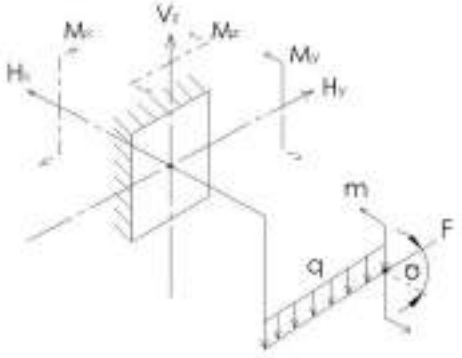
Після побудови епюр ВСФ встановлювалися деякі особливості епюр: поперечної сили, повздовжньої сили, та згинального моменту на підставі теореми А.І.Журавського, «стрибків», та ін.. Вибирався певний масштаб цих епюр. Розглядалися умови міцності і жорсткості: $\frac{M_{max}}{W} \leq [\sigma], \frac{Q_{max} \cdot S}{I \cdot b} \leq [\tau], \varphi_{max} \leq [\varphi]$. Слід мати на увазі, що для знаходження M_{max} і Q_{max} діє розрахункове навантаження з коефіцієнтом $\gamma > 1$ та нормативне $\gamma = 1$ для умов жорсткості.

У календарному графіку сформовані наступні блоки:

1. Актуалізація – (поняття первинних механічних елементів, принцип незалежності і додавання дії сил, види основних та складових деформацій, одиниці вимірювання F, q, m, V, H)
2. Мотивація – (знаходження проекції сили на вісь, метод перерізів та їх види, поняття про напруження: повних, нормальних, дотичних)
3. Використання знань – (знаходження значень поперечного перерізу балки $b \times h$, $\emptyset$, перевірка умов міцності, знаходження допустимого навантаження).

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗНАХОДЖЕННЯ ГОЛОВНИХ ВЕКТОРІВ І МОМЕНТІВ У ЖОРСТКОМУ ЗАКРІПЛЕННІ ПРОСТОРОВОГО ЛОМАНОГО БРУСА

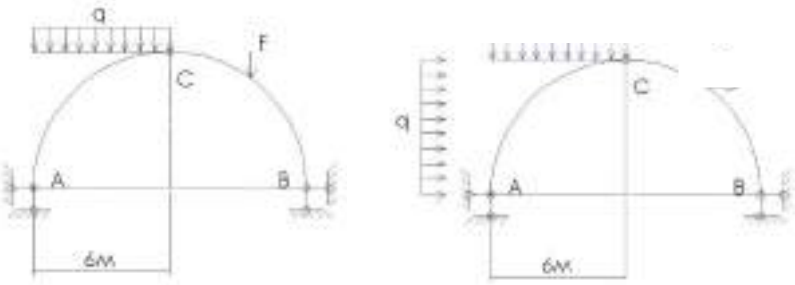
Лещенков Р., учень 10 кл., центр позашкільної освіти, школа № 5, м. Лебедин;
Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. Суми



Відомо, що в жорсткому закріплені всі внутрішні фактори можливо привести до двох головних векторів; компоненти яких на ортогональній вісі можуть бути знайдені шляхом складання шести незалежних рівнянь статики: $\sum M_x = 0$, $\sum M_y = 0$, $\sum M_z = 0$, $\sum X = 0$, $\sum Y = 0$, $\sum Z = 0$. Для більш простого знаходження , доцільно використовувати конструктивну аксонометричну схему а потім перейти до розрахункової схеми. Це дасть можливість показати ортогональні вісі x, y, z у всіх елементах просторового бруса, включаючи центр тяжіння, що в свою чергу забезпечить правильне знаходження величин H_x, H_y, V_z, M_x, M_y, M_z. При виконанні розрахунків застосовувався принцип незалежності та додавання дії сил. Можливо виконувати при навантаженні рам окремими зовнішніми силовими факторами: F, m, q, а найдені значення додати один до одного. Дуже доцільне і важливе, з урахуванням конструктивної схеми почати вивчати характер і вид деформації окремих елементів просторового ломаного бруса. Виконався макет бруса із гумових елементів з нанесеними по сторонах повздовжні та поперечні лінії, з метою пояснення принципу Бернуллі та Сен-Венана. В подальшому розглядалися різноманітні зовнішні навантаження F, q, m в інших ділянках ломаного бруса з можливістю знаходження внутрішніх силових факторів (ВСФ) у жорсткому закріпленні та вибору найбільш небезпечного варіанта навантаження.

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ ЕПЮР ВНУТРІШНІХ СИЛОВИХ ФАКТОРІВ В АРЦІ З УРАХУВАННЯМ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ ОСІ

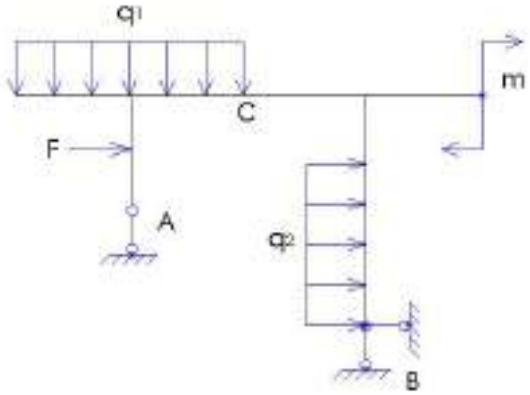
Литвиненко О., Калашник С., учні 11 кл. школа № 12 м. Суми;
Смірнов В.О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. Суми



Спочатку розглядалися дві розрахункові схеми з вертикальним і горизонтальним навантаженням зовнішніх силових факторів (ЗСФ): зосередженою силою F та розподіленим навантаженням q. Обрані розрахункові схеми є статично визначені з урахуванням допоміжного рівняння відносно шарніру С. Далі проводився розподіл осі арки на 7 незалежних точок через кожні 30º, з находженням їх координат x_i, y_i. Наведені значення x_i, y_i зведено в таблицю. Потім визначалися реакції в'язей H_A, H_B, V_A, V_B та їх перевірка. Побудова епюр поперечних сил, згинальних моментів, повздовжніх сил виконувались методом «характерних точок». А саме: спочатку проектувалися всі зовнішні і внутрішні силові фактори на вісь перпендикулярну центру ваги перченого перерізу, потім на вісь дотичну перерізу, та знаходилось значення згинальних моментів відносно центру ваги заданого перерізу. Графічні значення Q, M, N будувалися у певному масштабі і з ретельним аналізом значень ВСФ. Знаходилися загальні властивості епюр. Аналізувалися ВСФ для двох розрахункових схем 1, 2. Були надані пояснення до окремих елементів цих схем. Були зроблені висновки щодо розрахункових схем: балки і арки, у тому числі можливість окреслення вісі арки з урахуванням її «роботи» виключно на деформацію осьового стиснення. Розглядалися питання конструювання арки та види матеріалів. Питання розрахунку статично-невизначуваних арок не ставилось, але розглядались варіанти геометрично незмінних та змінних систем. Виконувались розрахунки по визначенню ексцентриситету $e = \frac{1}{M}$ з метою побудови кривої тиску.

ЗНАХОДЖЕННЯ НАЙБІЛЬШ НЕБЕЗПЕЧНОГО РОЗТАШУВАННЯ ОПОР СТАТИЧНО ВИЗНАЧЕНОЇ РАМИ

Школа Ю., учениця 10 кл., центр позашкільної освіти, школа № 5, м. Лебедин;
Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. Суми

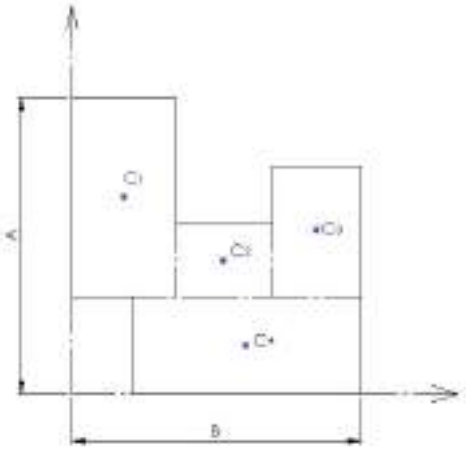


Для знаходження значень і напрямку опорних опорних реакцій спочатку визначалось ступінь статичної невизначеності за формулою $A = C_{\text{оп}} - 3$. Розглядалось чотири варіанти розрахункових схем з урахуванням зміни положення шарнірно-рухомої та шарнірно-нерухомої опор рами. Застосовувався принцип незалежності дії сил при складанні трьох незалежних рівнянь статики $\sum M_A = 0$, $\sum M_B = 0$, $\sum X = 0$. Перевірка розрахунків виконувалась за допомогою рівняння $\sum Y = 0$, або $\sum M_C = 0$. Зовнішнє навантаження прийнято статичним. Проводився більш детальний аналіз знайдених опорних реакцій V_A, V_B, H_B в залежності від розташування опор рами. Показувався можливий характер та вид деформації стійок і ригелів, з метою подальшої побудови епюр внутрішніх силових факторів: Q-поперечної сили, M - згинального моменту, N - повздовжньої сили.

Розглядалися різноманітні розрахункові схеми рам: консольні, одно і двох прольотні, статично визначувані і невизначувані, конструктивні вимоги до з'єднання у вузлах (зварне, заклепкове, болтове) з умов задач економічності. Зіставлялися розрахункові та конструктивні схеми рам, що виконані у різноманітних аксонометричних проекціях з метою використання основного принципу дидактики.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕНЬ ГОЛОВНИХ ЦЕНТРАЛЬНИХ ОСЕЙ СКЛАДНОЇ ФІГУРИ

Тимофеєв А., 10 кл., школа № 2, м. Білопілля; Гец Д., 11 кл., центр позашкільної освіти школа № 7, м. Лебедин; Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ, м. Суми

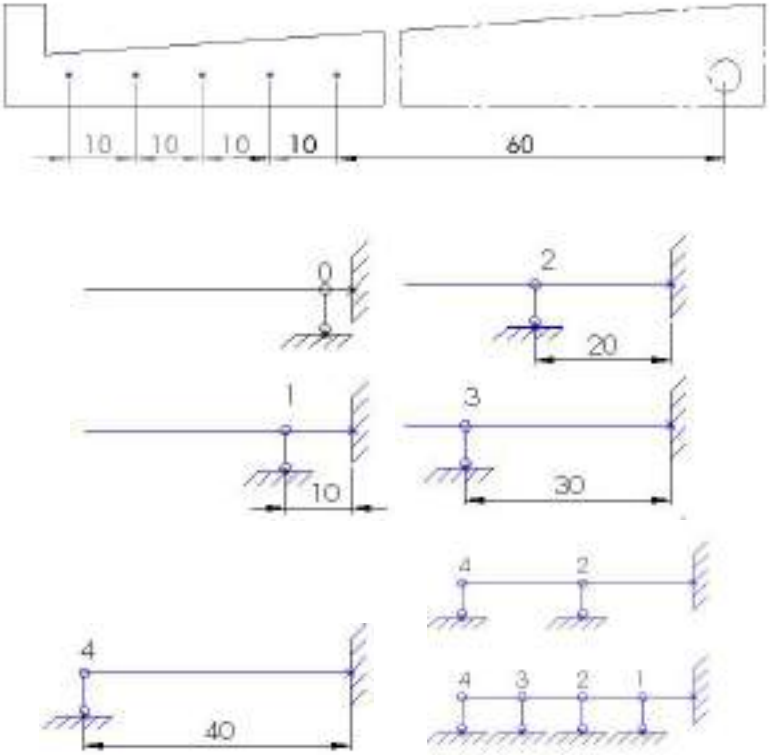


Розглядалися чотири задачі з однаково площею але різноманітними складовими фігурами. За допомогою допоміжної літератури знаходилися центри ваги простих фігур: квадрата, прямокутника, трикутника. Через центри плоских фігур проводились вісі: $x_1, y_1, \dots, x_n, y_n$ Складна фігура розбивалася на ряд простих з центрами ваги: $C_1, C_2, \dots$ Допоміжна система координат проводилась по гранях В і Н. Обчислювались площі простих фігур: $A_1, A_2, \dots$ Знаходився статичний момент площі всієї фігури відносно осей (визначався як сума статичних моментів кожної простої фігури). За допомогою формул $x_C = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i}, y_C = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$ знаходилися центри ваги складної фігури через який проводилися головні центральні осі - x_C, y_C.

Розглядалися інші способи визначення положення центра ваги складної фігури, а саме: метод від'ємних площ, метод підвішування. Давався аналіз кожного метода з точки зору різних факторів: простота розрахунку, точності, трудомісткості та ін. Будувалося «ядро перерізу» для перевірки розрахунків і аналізу значень нормальних напружень у разі прикладання зовнішніх силових факторів у «ядро перерізу». Наприкінці було зроблено висновок, що опір елемента різним видам деформації залежить від форми поперечних перерізів та їх розташування.

ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ПО ВИКОРИСТОВУВАННІ УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕАБІЛІТАЦІЇ ПАЦІЄНТІВ ІЗ СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

Смірнов В. О., директор центру НТТУМ, СумДУ; Стовбур О. А., завідувач хірургічним відділенням № 2; Керей Д. М., хірург, міська лікарня № 5, м. Суми



Спочатку була розроблена технологічна карта з використанням рівняння рівномірного руху. Результати теоретичних розрахунків зведені в таблицю. Дана умовна конструктивна схема з позначкою точок 0, 1, 2, 3, 4. Передбачені розрахункові схеми у вигляді однопрольотних консольних балок, як статично визначуваних так і не визначуваних.

Передбачена загальна кількість циклів – 10. Проведені наступні експерименти: з часом утримання 5с., 10с., 15с., 20с., 25с. та часом зняття 5с., 10с., 15с., 20с., 25с.

$S = V \cdot t$	$V = 50$ см/с	$S_0 = 60$см	$S_1 = 70$см	$S_2 = 80$см	$S_3 = 90$см
$S_0 = 60$см	$t_0 = \frac{S_0}{V} = 1.2$ с	$2t_0 = 2{,}4$с	2,8с	3,2с	3,6с
$S_1 = 70$см	$t_1 = \frac{S_1}{V} = 1.4$ с	$2t_1 = 2{,}8$с	3,2с	3,6с	4с
$S_2 = 80$см	$t_2 = \frac{S_2}{V} = 1.6$ с	$2t_2 = 3{,}2$с	3,6с	4с	4,4с
$S_3 = 90$см	$t_3 = \frac{S_3}{V} = 1.8$ с	$2t_3 = 3{,}6$с	4с	4,4с	4,8

На підставі проведених експериментів зроблені деякі висновки, щодо загального почуття пацієнта з можливістю подальшого їх розширення. Досліди проводилися в палаті №4, починаючи з 5 листопада 2020 р. після процедури «крапельниці».

СЕКЦІЯ «ДИНАМІКА І МІЦНІСТЬ, КОМП'ЮТЕРНА МЕХАНІКА»

ВПЛИВ ПОДАТЛИВОСТІ КРІПЛЕННЯ КОРПУСУ НАСОСА ДО ФУНДАМЕНТУ НА ВЛАСНІ ЧАСТОТИ ЕЛЕМЕНТІВ НАСОСНОГО АГРЕГАТУ

Вербовий А. Є., аспірант; Сєрик М. Л., студ. гр. КМ.м-91; Яковчук В. В., студ. гр. КМ-71; Павленко І. В., д-р техн. наук, проф. каф. КМ; Симоновський В. І., д-р техн. наук, проф. каф. КМ, СумДУ, м. Суми, Україна; Ященко А. С., канд. техн. наук, зав. лаб. динаміки та вібродіагностики, АТ «ВНДІАЕН», м. Суми, Україна; Нєамцу К., канд. техн. наук, доц., Технічний ун-т м. Клуж-Напока, Румунія

На сьогоднішній день існує декілька методик визначення вібраційного стану ротора відцентрового насоса і його балансування, але значною проблемою є те, що після встановлення ротора в корпус останній, через підшипникові опори сприймає періодичні навантаження, спричинені не лише дисбалансом, а й іншими силами різної природи. Корпус передає їх на деталі кріплення агрегату й далі на фундамент та будівельні конструкції, що призводить до локальних резонансів, знижуючи ресурс цих конструкцій.

При дослідженні вібраційного стану агрегату у цілому, по-перше варто розраховувати власні частоти ротора і корпусу. Податливість кріплення рами агрегату до фундаменту значно впливає на динаміку корпусу насоса. Ротор, корпуси підшипників і корпус насоса відіграють ключову роль в аналізі динамічної системи насосного агрегату в цілому. Тому метою роботи є визначення ступеня і характеру впливу зміни податливості кріплення на власні частоти корпусу, корпусів підшипників і ротора.

Об’єктом дослідження вібраційних характеристик є насос насосного агрегату, який подає живильну воду з деаератора до парогенератора енергоблока АЕС. Розрахунок проведено у багатоцільовому програмному комплексі «ANSYS».

Розрахункова модель представляє собою наступну систему. Ротор встановлений у двох підшипниках ковзання і шпаринних ущільненнях (елементи типу «Bearing»). Корпус насоса має чотири лапи, що опираються на раму, а та, у свою чергу, кріпиться до фундаменту анкерними болтами і бетонною підливкою. У цій роботі рама і фундамент моделюються пружними елементами, що мають змінну в процесі розрахунку податливість.

Результати розрахунків показали, що зміна податливості кріплення майже не впливає на динамічні характеристики ротора. Це пояснюється тим, що власні частоти при зміні податливості залишаються практично незмінними. Ураховуючи цей факт, при виконанні інженерних розрахунків динаміки ротора немає необхідності виконувати розрахунки динаміки насоса в цілому за виключенням випадків, коли є необхідність у дослідженні динаміки інших елементів насосного агрегату.

ЧИСЛОВИЙ АНАЛІЗ БАГАТОШПАРИННОГО УЩІЛЬНЕННЯ

Позовний О. О., аспірант, СумДУ, м. Суми

Одним із способів зменшення об'ємних втрат є використання передніх ущільнень робочих коліс – шпаринних ущільнень з двома або трьома кільцевими дроселями. Такими ущільненнями є послідовно розташовані дроселі, коефіцієнт гідравлічних втрат яких приблизно дорівнює сумі коефіцієнтів втрат усіх шпарин. В даний час розрахунок багатошпаринних ущільнень обмежується оцінкою втрат через круговий дросель із нерухомими стінками. У цьому випадку використовуються емпіричні значення коефіцієнтів місцевих втрат та втрат на тертя по довжині каналу. Багатошпаринні ущільнення, як і звичайні одношпаринні ущільнення, не тільки обмежують втрати витоків, але й виконують роль гідродинамічних опор. Тому важливим завданням розрахунку, крім зазначення ключових характеристик, є визначення сил, що діють на ротор від потоку рідини в дросельних каналах.

За допомогою методу скінченних об`ємів вирішена проблема тривимірного потоку рідини через трьохшпаринне ущільнення відцентрового насоса високого тиску при різних значеннях радіальних переміщень валу. Чисельні розрахунки проводились без урахування деформації стінок ущільнень під впливом нерівномірного розподілу тиску. Розподіл тиску, значення витоків та гідродинамічні радіальні сили були отримані залежно від величини ексцентриситету. В результаті чисельних розрахунків побудовано залежності радіальних сил від зміщення вала і визначено коефіцієнт гідростатичної жорсткості. Ці залежності також були отримані за допомогою аналітичних рівнянь. Отримані чисельні результати відрізняються від теоретичних менше ніж на 5 %.

Таким чином можна зазначити, що застосування трьохшпаринного ущільнення значно зменшує витік у порівнянні з одношпаринними та двохшпаринними ущільненнями, а також збільшує радіальну жорсткість, що, в свою чергу, забезпечує низький рівень вібрації ротора.

Робота виконана у рамках держбюджетної НДР «Підвищення трибологічних характеристик торцевих ущільнень і упорних підшипників ковзання високообертових відцентрових машин» (номер держреєстрації 0117U002249); науковий керівник – завідувач кафедри комп'ютерної механіки ім. В. Марцинковського, канд. техн. наук, доц., пров. наук. співр. Загорулько А. В.

ЗМІНА КІЛЬКОСТІ РУХУ ЧАСТИНКИ РІДИНИ З УРАХУВАННЯМ ПЕРЕМІЩЕННЯ МАСИ ЗА НАПРЯМКАМИ

Калініченко П. М., доц. каф. КМ; Міщенко С. О., зав. навч. лаб. каф. КМ; Безверхий М. Ю., студ. гр. КМ-71, СумДУ, м. Суми

Зміну кількості руху частинки рідини δm подано у вигляді суми двох доданків. Зміни кількості руху, обумовленого поступальним переміщенням маси

$$\frac{d\bar{q}_m}{dt} = \frac{d\delta\tilde{m}}{dt}\vec{V} = \frac{d\delta\tilde{m}_x}{dt}V_x\vec{i} + \frac{d\delta\tilde{m}_y}{dt}V_y\vec{j} + \frac{d\delta\tilde{m}_z}{dt}V_z\vec{k} \qquad (1)$$

Тут $\delta\tilde{m}$ - маса, що переноситься.

За формулою (1) швидкість зміни маси, що переноситься $\frac{d\delta\tilde{m}}{dt}$ являє собою тензорну величину, по якій

$$\frac{d\bar{q}m}{dt} = \frac{d\delta\tilde{m}}{dt}\vec{V} = \begin{vmatrix} \frac{d\delta\tilde{m}_x}{dt} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{d\delta\tilde{m}_y}{dt} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{d\delta\tilde{m}_z}{dt} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{vmatrix}$$

Подаючи

$$\frac{d\delta\tilde{m}_x}{dt} = \rho\frac{dV_x}{dt}dydzdt = \frac{\delta m}{V_x}\frac{dV_x}{dt}$$

Зміна кількості руху, обумовленого переносом маси в напрямку осі x, прийме вигляд

$$\frac{d\delta\tilde{m}_x}{dt}V_x = \delta m\frac{dV_x}{dt} = \delta m\left(\frac{\partial V_x}{\partial x}V_x + \frac{\partial V_x}{\partial y}V_y + \frac{\partial V_z}{\partial z}V_z\right) = \delta m\left(\vec{V}\cdot\nabla\right)V_x$$

Проводячи аналогічні викладки за двома іншими осями, маємо

$$\frac{d\,\bar{q}\,m}{dt}\delta m\left(\vec{V}\cdot\nabla\right)\vec{V},$$

де $\left(\vec{V}\cdot\nabla\right)\vec{V}$ - конвективне прискорення.

Таким чином, зміна кількості руху частинки рідини, при її русі в неоднорідному полі швидкості, прийме вигляд

$$\frac{d\bar{q}}{dt} = \frac{d\bar{q}_V}{dt} + \frac{d\bar{q}_m}{dt} = \delta m\frac{d\vec{V}(t)}{dt} + \delta m\frac{d\vec{V}(\vec{r},t)}{dt} = \delta m\left[\frac{d\vec{V}}{dt} + \left(\vec{V}\cdot\nabla\right)\vec{V}\right].$$

РОЗПОДІЛ НАПРУЖЕНЬ В РУХОМІЙ РІДИНІ

Калініченко П. М., доц. каф. КМ, Міщенко С. О., зав. навч. лаб. каф. КМ;
Шерстюк В. І., студ. гр. Км-71, СумДУ, м. Суми

Згідно з роботами авторів, по зміні кількості руху частинки рідини запишемо

$$\delta m\vec{F}+d\vec{P}_x\,\Delta S_x+d\vec{P}_y\,\Delta S_y+d\vec{P}_z\,\Delta S_z=\delta m\frac{d\vec{V}}{dt}+\delta\tilde{m}\left(\vec{V}\cdot\nabla\right)\vec{V} \qquad (1)$$

Другий доданок правої частини рівняння (1) приведемо до виду

$$\delta\tilde{m}\left(\vec{V}\cdot\nabla\right)\vec{V}=d\frac{\rho V_x^2}{2}\Delta S_x\,\vec{i}+d\frac{\rho V_y^2}{2}\Delta S_y\,\vec{j}+d\frac{\rho V_z^2}{2}\Delta S_z\,\vec{k} \qquad (2)$$

Враховуючи, що $\lim\limits_{\Delta S_x\to 0}\frac{\delta m}{\Delta S_x}=0;\quad \lim\limits_{\Delta S_y\to 0}\frac{\delta m}{\Delta S_y}=0;\quad \lim\limits_{\Delta S_z\to 0}\frac{\delta m}{\Delta S_z}=0,$

із (1) і (2) граничне значення матиме вигляд

$$d\,P_{ii}=d\frac{\rho V_i^2}{2}\Rightarrow P_{xx}+\frac{\rho V_x^2}{2}=P_{yy}+\frac{\rho V_y^2}{2}=P_{zz}+\frac{\rho V_z^2}{2}=-P \qquad (3)$$

Із (3), для довільної площадки з нормаллю $\vec{n}$

$$P_{nn}+\frac{\rho V_n^2}{2}=-P=const \text{ (в точці рухомої рідини)} \qquad (4)$$

Таким чином, статична складова тиску P_{nn}, в точці рухомої рідини, залежить від орієнтування площадки, на якій воно розглядається і підкоряється закону (4), згідно з яким: на будь-якій площадці в точці рухомої рідини додаток гідростатичного і швидкісного тиску є величина стала.

ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ ПЕРФОРОВАНОЇ ОБОЛОНКИ ВІБРОГРАНУЛЯТОРА

Яковчук В. В., студ. гр. КМ-71; Дем'яненко М. М., асп.; Скиданенко М. С., канд. техн. наук, ст. викл. каф. ХІ; Павленко І. В., д-р техн. наук, проф. каф. КМ ім. В. Марцинковського; Ляпощенко О. О., д-р техн. наук, проф. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми

Створення нових гранульованих матеріалів в активному гідродинамічному середовищі здійснюється за допомогою віброгрануляційного обладнання, яке широко використовується у різних галузях промисловості.

Для дослідження вільних коливань перфорованої оболонки віброгранулятора використовувався програмний комплекс «ANSYS Workbench», зокрема його модулі «Fluent Flow» і «Transient Structural». Відповідні розрахунки базуються відповідно на методі скінченних об'ємів та методі скінченних елементів.

Аналіз результатів розрахунку ґрунтується на оцінюванні переміщень, викликаних коливаннями диска випромінювача. Зокрема, найбільші переміщення 70 мкм має нижня частина корпусу безпосередньо під диском. Для визначення амплітуд і частот коливань застосовується швидке перетворення Фур'є, що дозволяє будувати спектр полігармонічного коливального сигналу. Для реалізації цього перетворення застосовувалась система комп'ютерної алгебри «MathCAD», до якої імпортувалася матриця переміщень перфорованого днища. У результаті було визначено, що коливання нижньої частини оболонки містять дві кратні гармонічні складові, перша з яких відповідає власній частоті коливань оболонки 205 Гц. Аналогічні дослідження виконувались і для бокових поверхонь перфорованої оболонки.

Для проведення модального аналізу за допомогою «ANSYS Workbench» у розрахунковій геометрії граничні умови задавались за допомогою закріплення «Fixed Support»; диск випромінювача виключався з розрахунку. В результаті одержано форми і частоти вільних коливань корпусу гранулятору. Характер коливань на другій формі пояснює асиметрію форми переміщень меридіонального перерізу перфорованого днища. За результатами розрахунку встановлено, що частоти вільних коливань знаходяться у діапазоні 205–550 Гц.

Це дослідження частково фінансується Центром промислового машинобудування (Сумський державний університет) та Міжнародною асоціацією технологічного розвитку та інновацій. Усі результати дослідження були досягнуті в рамках проекту «Створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічне середовище» (0120U102036) за замовленням Міністерства освіти і науки України.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИМУШЕНИХ ПОПЕРЕЧНИХ КОЛИВАНЬ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА

Хоменко В. А., студ. гр. КМ-71; Дем'яненко М. М., асп.; Павленко І. В., д-р техн. наук, проф. каф. КМ ім. В. Марцинковського; Іванов В. О., д-р техн. наук, проф., зав. каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми; Басова Є. В., НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна; Куріц І., Університет м. Жиліна, Словаччина

Постійне збільшення обертів та потужності двигунів внутрішнього згорання, судових двигунів, двигунів машин оборонної галузі та поршневих компресорів разом зі зниженням їх масогабаритних показників обумовлюють актуальність проблеми динамічної міцності колінчастих валів як одних з основних і найбільш відповідальних елементів відповідних енергоємних машин і установок.

При проєктуванні колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання та поршневих компресорів необхідно додержуватись жорстких вимог щодо їх вібраційної надійності. Проте, навіть у випадку, якщо вал двигуна збалансований спільно з муфтою і маховиком, проблема розбалансування може виникати як унаслідок неправильної комплектації новими запасними частинами, так і в результаті порушення технології розбирання або повторного збирання двигуна. Також у результаті зміни насадних деталей або порядку їх встановлення можливе додаткове розбалансування волопровода, що призводить до виникнення додаткових динамічних навантажень на підшипники і опори, погіршення вібраційних характеристик, збільшення рівня шуму та скорочення часу зношення шийок вала.

У роботі досліджуються вимушені поперечні коливання колінчастого вала «3LD-1005020» у складі дизельного двигуна «ММ3-3LD» за допомогою створеної двомасової моделі, що враховує анізотропні пружні властивості вала, сили інерції елементів, відцентрові сили інерції від системи допустимих залишкових дисбалансів, гідродинамічні сили у масляному шарі між шийками вала і втулками корпуса, а також можливість контактування ротора зі статором на перехідних і нерозрахункових режимах роботи. Основні характеристики: матеріал вала – Сталь 40ХНМА ГОСТ 4543-71; маса вала – 23,3 кг; діапазон робочих частот обертання 800–4000 об/хв.

Як граничні умови при дослідженні обирались обмеження руху крайніх підшипникових шийок вала у напрямі осей, перпендикулярних осі обертання, а також обмеження обертання навколо цих осей. Розрахункова скінченноелементна сітка має такі параметри: кількість елементів – $6 \cdot 10^5$; максимальний розмір скінченного елемента – 5 мм; загальна кількість вузлів – $1 \cdot 10^6$; спосіб одержання – нерівномірний.

У результаті моделювання одержано амплітуди вимушених коливань колінчастого вала, а також траєкторії точок його осі для різних значень частот обертання.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОРЦЕВИХ МЕХАНІЧНИХ УЩІЛЬНЕНЬ ВИКОНАНИХ З ПТФЕ-КОМПОЗИТУ

Лобас Д. І., студент; Гудкова О. В., аспірант; Гудков С. М., доц. каф. КМ, СумДУ, м. Суми

У більшості сучасних відцентрових насосів загальнопромислового призначення в якості кінцевих ущільнень часто використовуються торцеві механічні ущільнення. Основними перевагами торцевих ущільнень є висока герметичність і довговічність. Одним з основних недоліків механічного торцевого ущільнення є його ціна, яка обумовлена вартістю кілець ущільнення. Тому необхідно використовувати нові матеріали для виготовлення кілець торцевого механічного ущільнення, які більш дешевші але водночас по надійності не поступаються традиційним матеріалам. Це можливо за рахунок використання сучасних композиційних матеріалів.

Одним із таких матеріалів є композит на основі політетрафторетилену і вторинної фторполімерної сировини. Перевагою цього композиційного матеріалу є те, що його виготовляють із вторинної сировини, що зменшує його вартість при цьому його фізико-механічні та трибологічні характеристики не поступаються більш дорогим матеріалам.

Для перевірки працездатності торцевих механічних ущільнень з парою тертя «Сталь – ПТФЕ-композит» були проведені експериментальні досліджень. Експериментальні дослідження проводилися на консольному насосі з частотою обертання ротора 2000 об/хв. і ущільнюючим тиском 0,4 МПа.

Експериментальні дослідження показали, що витоки через ущільнення склали 5 мл/год. Візуальний огляд кілець ущільнення показав незначний знос торцевої поверхні кілець ущільнення. Отримані результати дають підстави стверджувати про перспективність використання ПТФЕ-композиту в якості одного з кілець ущільнення. Ущільнювальний вузол гарантовано може використовуватися при відносно невеликих ущільнювальних тисках та частоті обертання. Проте необхідно визначити діапазон застосування такого ущільнення в залежності від ущільнювального тиску та частоти обертання ротора.

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРІВ ВІДЦЕНТРОВИХ МАШИН

Гончарова А. В., аспірантка, СумДУ, м. Суми

Основною метою дослідження на даному етапі був аналітичний огляд методів розрахунку динамічних роторів відцентрових машин. Шляхом вивчення необхідної літератури та інших матеріалів сформувалося уявлення про основні чинники, що обумовлюють динамічні характеристики роторів відцентрових машин. Також проведено огляд літератури з даної теми. На базі сформованих знань розглянуто коливання роторів відцентрових машин з урахуванням динамічної стійкості. На основі вивчення та узагальнення існуючих методів розрахунку динамічних характеристик роторів відцентрових машин накопичується матеріал для виконання розрахункової частини роботи. Проведено обгрунтування теоретичних засад ймовірнісного підходу до розрахунку динамічних характеристик роторів відцентрових машин на основі врахування випадкового характеру їх параметрів. Розглянуто шляхи врахування ймовірнісного характеру геометричних параметрів системи «ротор ущільнення» відцентрових машин при розрахунку їх експлуатаційних характеристик.

На підставі розв'язання задачі про течію рідини в шпаринному ущільненні з внутрішньою поверхнею зазору, що обертається і прецесує, отримані залежності для визначення витрати через щілинне ущільнення і гідродинамічні радіальні сили і їх моменти, що діють на ротор з боку шару рідини. В силу прийнятих в насособудуванні допусків на виготовлення, геометричні параметри шпаринних ущільнень, такі як конусність, ексцентриситет, середній радіальний зазор і т. ін. в загальному випадку є випадковими функціями. Крім того, в процесі роботи насоса відбувається знос ущільнюючих поверхонь, що також призводить до зміни зазначених вище параметрів. У роботі розглянуто вплив випадкових відхилень основних геометричних і режимних параметрів шпаринних ущільнень на коефіцієнт корисної дії насоса. Завдання вирішене в припущенні, що всі параметри є випадковими величинами. На прикладі одномасової моделі ротора в шпаринних ущільненнях показано, що при експлуатації насоса його к.к.д. може зменшуватися, що може звести нанівець всі зусилля проектувальників, спрямовані на його збільшення.

Отримані вирази рекомендується використовувати для уточнення значень к.к.д. відцентрових насосів, які перебувають в експлуатації. Використовуючи отримані в роботі результати, також показано, що в разі застосування шпаринних ущільнень в якості гідростатичних опор, які мають велику радіальну жорсткість і демпфірування, енергія протікання дозволить не тільки забезпечити необхідну несучу здатність опор, а й що найважливіше, знизити до допустимого рівня вібрації ротора навіть при наявності значної неврівноваженості.

ОТРИМАННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ТЕХНІЧНИЙ СТАН ВУЗЛІВ МАШИНИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

Сенюк О. В., студ. гр. КМ-71; Савченко Є. М., доц. каф. КМ, СумДУ, м. Суми

Акустико-емісійний метод - один з пасивних методів акустичного контролю. Акустична емісія полягає в генерації пружних хвиль напруги в твердих тілах в результаті локальної динамічної перебудови їх структури. Метод акустичної емісії, заснований на реєстрації та обробці хвиль напрг, що виникають в результаті формування, зміни та руйнування структур різних матеріалів, є в даний час ефективним для вивчення процесів і стадій розвитку дефектної структури і створення систем безперервного моніторингу відповідальних об'єктів промисловості.

Основні параметри акустичної емісії - це число імпульсів за час спостереження і активність акустичної емісії, що дорівнює кількості імпульсів в деякому інтервалі часу спостереження (зазвичай 0,1 або 1 с). Для характеристики процесу акустичної емісії важлива не тільки кількість імпульсів, але і їх амплітуда, яку зазвичай вимірюють у вольтах. Результати фізичних досліджень акустичних хвиль, пов'язаних з деформацією матеріалів, показують, що на основі цього явища можна створити ефективні методи неруйнівного діагностичного контролю стану матеріалів для оцінки небезпеки виниклої ситуації і близькості моменту відмови (руйнування).

В роботі вивчена наявна в лабораторії кафедри апаратура для дослідження та аналізу явища акустичної емісії. З її допомогою на експериментальних установках виконані дослідження умов виникнення акустичної емісії в таких вузлах відцентрових машин як підшипники кочення. Отримані результати показують принципову можливість використання явища акустичної емісії для діагностування технічного стану таких вузлів відцентрових машин. Однак проведених досліджень недостатньо для видачі конкретних практичних рекомендацій щодо методів діагностування з використанням цього методу.

З метою виявлення взаємозв'язку між параметрами акустичних сигналів, що виникають в діагностованих зразках під впливом ударного, монотонно зростаючого механічного, термічного або іншого навантаження і граничною їх міцністю, слід накопичити більше теоретичних і практичних основ і знань, щоб широко застосовувати метод акустичної емісії в діагностуванні того чи іншого промислового обладнання.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РОБОЧИХ КОЛІС ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА

Пунько В. В., студ. гр. КМ-71; Савченко Є. М., доц. каф. КМ, СумДУ, м. Суми

В хімічній, нафтогазовій та інших галузях промисловості широко використовуються відцентрові компресори різних типів, які можуть бути як одно- так і багатоступінчастими і, відповідно, мати одне або більше робочих коліс залежно від параметрів компресора. Головною особливістю конструкції робочих коліс є просторова форма їх елементів та наявність конструктивних концентраторів напружень в місцях переходів від лопаток до покривних дисків. Поломка робочого колеса машини в процесі її експлуатації призводить до повного виходу з ладу всієї машини. До таких ситуацій можуть призводити вимушені коливання в проточній частині відцентрового компресора. Для зменшення ймовірності передчасного руйнування робочого колеса потрібне правильне відлаштування від резонансних частот у проточній частині відцентрового компресора. Крім того, щоб попередити руйнування робочих коліс часто застосовують спеціальні конструктивні рішення, такі як вирізи на покривних дисках робочих коліс з утворенням на них так званої «ромашки». Однак така операція є досить нетехнологічною, та в цілому погіршує газодинамічні показники компресора.

Для пояснення причини руйнування робочих коліс існує дві основні концепції. Згідно однієї руйнування відбувається на резонансних або близьких до них режимах роботи робочого колеса, а згідно іншої руйнування відбувається через циклічний характер напружень і високій їх концентрації в місцях утворення і розвитку втомних тріщин.

Для більш точного з’ясування причин руйнування робочих коліс необхідно провести комплекс числових досліджень їх міцності, модальний аналіз коливань, аналіз взаємодії між ротором і статором, а також визначити значення частот, що виникають в пазухах робочих коліс. Проведення даних досліджень дозволить побудувати так звані діаграми взаємодії та діаграми для аналізу гармонійних збуджуючих впливів на робочі колеса від внутрішніх елементів компресора та від аероакустичного впливу. За побудованими діаграмами можна буде провести оцінку причин пошкодження робочих коліс компресора.

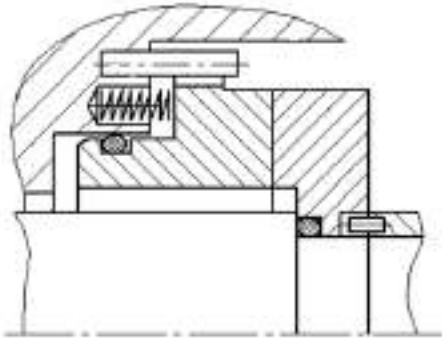
У даній роботі викладений підхід реалізований на прикладі аналізу причин руйнування робочих коліс змінної проточної частини компресора газоперекачувального агрегату виробництва Сумського машинобудівного НВО. За отриманими результатами зроблені відповідні висновки.

ГІДРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТОРЦЕВОГО УЩІЛЬНЕННЯ

Токарєв В. О., студ. гр. КМ-71; Совенко Н. В. доц. каф. КМ, СумДУ, м. Суми

У будь-якій гідравлічній системі найбільш відповідальними елементами, які обумовлює надійність, ефективність роботи і термін служби системи, є ущільнення. Високоякісні ущільнення повинні забезпечити необхідну герметичність при тривалому терміні служби, не спричиняючи великих сил тертя і зносу рухомих деталей, бути працездатними в широкому температурному діапазоні і можливих перепадах тиску.

Основним елементом будь якого торцевого ущільнення є торцевий дросель. Під час роботи поверхні торцевого дроселя, що обумовлюють герметизацію ущільнення, зазнають деформацій. Ці деформації можуть бути викликані як силовими так і температурними факторами. Більш того, враховуючи, що обов'язково хоча б одна із поверхонь має можливість осьової і кутової рухливості, геометрія торцевого зазору може набувати різноманітних форм. Це в свою чергу є причиною виникнення додаткових гідродинамічних ефектів, що можуть негативно впливати на роботу пристрою уцілому змінюючи його статичні і динамічні характеристики.



В роботі розглянута задача гідропружності. Проведено аналіз впливу силових і теплових факторів на геометрію торцевого дроселя. Розглянуті гідродинамічні характеристика торцевого дроселя з урахуванням можливих деформацій стінок каналу.

МЕТОДИ ОСЬОВОГО УРІВНОВАЖЕННЯ РОТОРІВ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

Шовкопляс М. О., студ. гр. КМ-71; Совенко Н. В. доц. каф. КМ, СумДУ, м. Суми

Осьова сила, що діє на ротор відцентрового насоса є найбільшою за абсолютним значенням. Вона виникає в основному як результат неврівноваженості тиску рідини, що діє на робочі колеса відцентрового насоса. Площа зовнішньої поверхні основного диска, на яку діє тиск нагнітання, більше за площу покривного диска (Рис.1). Це призводить до виникнення осьової сила, наплавленої до вхідної воронки. Для багатоцентрових насосів величина цієї сили буде зростати відповідно до кількості супінів і може вимірюватися десятками тон.

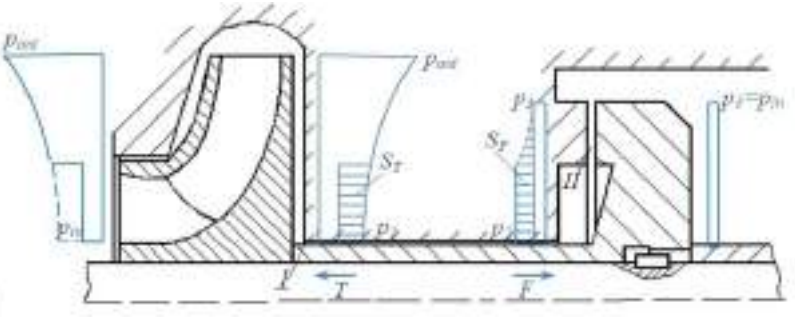


Рисунок 1

Для урівноваження такої осьової сили найчастіше використовують автоматичні урівноважуючи пристрої – гідроп’яти. Їх ефективність полягає в тому, що завдяки залежності осьової дії, що урівноважується, від величини торцевого зазора, це пристрої можуть відслідковувати можливі зміни осьової сили, що діє на ротор насоса під час роботи. Також ці пристрої окрім основної своєї функції – урівноваження, виконують роль ущільнення, тим самим зменшуючи тиск нагнітання насоса, що діє перед автоматичним урівноважуючим пристроєм.

Таким чином автоматичні урівноважуючи пристрої є доволі енергонавантаженими елементами насоса і значною мірою обумовлюють його к.к.д. Тому удосконалення їх конструкцій і методів розрахунку є актуальною і важливою задачею сучасного насособудування.

КОМП'ЮТЕРНЕ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ВЗАЄМОДІЇ УЩІЛЬНЮВАЛЬНОЇ РІДИНИ, САЛЬНИКОВОЇ НАБИВКИ ТА ОПОРНОГО ДИСКУ У ТОРЦЕВОМУ САЛЬНИКОВОМУ УЩІЛЬНЕННІ

Сапожников Я. І., аспірант гр. А-05/МБ; Загорулько А. В., канд. техн. наук, доцент, зав. каф. КМ, СумДУ, м. Суми

У сучасному машинобудуванні існує значна кількість складних задач і завдань. Найбільш поширеною є задача герметизації валів роторів відцентрових насосів. Серед можливих варіантів вирішення даної задачі є використання конструкцій торцевих механічних ущільнень, зокрема торцевих ущільнень з сальниковою набивкою. Аналіз наявних наукових досліджень показав, що незважаючи на свою традиційність, сальникові ущільнення не втратили своєї значущості для багатьох видів підприємств. І тому існують можливості для модернізації даних ущільнень, підвищуючи їх енергоефективність, за рахунок аналізу течії рідини у зазорі та деформацій кілець пари тертя.

У даній роботі розглянуто три моделі торцевого сальникового ущільнення (ТСУ): традиційне ТСУ, ТСУ з податливим дном, та ТСУ з пазами виконаними у податливому дні. Для кожної моделі було розв'язано задачу гідропружності з метою вивчення гідродинамічних ефектів, які виникають при течії рідини в парі тертя. Задача розв'язувалась за допомогою програмного комплексу ANSYS, а саме модулів Transient Structural та CFX. В якості результатів були отримані розподіли гідродинамічного та контактного тисків у парі тертя.

Дослідження конструкцій торцевих сальникових ущільнень показало, що наявність пазів у податливому дні призводить до того, що у цих місцях частина сальникової набивки деформується і утворюється додатковий зазор, в якому відбувається нагнітання робочого середовища. Через це спостерігається підвищення гідродинамічного тиску, який відтискає сальникову набивку від поверхні опорного кільця. Внаслідок цього максимальні значення контактного тиску по ширині пари тертя зменшуються в порівнянні з традиційною конструкцією ТСУ. Це забезпечує зменшення моменту тертя (на 14%) і як наслідок зменшення зношування сальникової набивки. Однак при цьому має місце незначне збільшення величини витоків.

ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ЛАБІРИНТНО-ЛУНКОВОГО УЩІЛЬНЕННЯ

Загорулько А.В., канд. техн. наук, доцент, зав. каф. КМ;
Іземенко В. В., студент, СумДУ, м. Суми

Лабіринтні ущільнення, в яких переважають місцеві опори, можна віднести до ущільнень з дроселюючими дроселями. Основна функція лабиринтних ущільнень полягає в забезпеченні мінімальних витоків через ущільнювальні поверхні з урахуванням мінімальних аеродинамічних впливів на ротор компресора. Однак у лабіринтних ущільненнях, завдяки потоку рідини в окружному напрямку, при цьому потік переноситься обертовим валом, виникають циркулюючі аеродинамічні сили. Тому на практиці було запропоновано ряд демпферних ущільнень, які можуть зменшити циркулюючі сили, що спричиняють збільшення прецесії ротора і, відповідно, вібрацію. Це стільникові, з сіткою отворів, кишенькові та лункові ущільнення. Якщо механізм герметизації та динамічні характеристики перших трьох типів ущільнень добре вивчені, то останньому типу ущільнень присвячено досить обмежену кількість досліджень та публікацій.

Використовуючи неодноразово випробувані ОГД методи для моделювання течії газу в ущільненні отримані величини витоків лабіринтно-лункового та динамічні характеристики лункового ущільнень. Наведено порівняння отриманих характеристик з експериментальними даними, доступними з літератури для шпаринного та лабіринтного ущільнень. Дослідження підтвердило досить низькі значення витоків лабіринтно-лункового та високі динамічні характеристики лункового ущільнень, а також частотні залежності коефіцієнтів жорсткості і демпфірування.

Дослідження лабіринтно-лункового та лункового ущільнень з серповидними канавками показало, що для покращення динамічних характеристик, особливо ефективного демпфірування при низьких частотах збудження, необхідно використовувати вихрові гальма у вигляді напіввідкритих лунок на вході ущільнення. Для зменшення витоків доцільно використовувати ступінчасті та гібридні конструкції лункових ущільнень, тобто лабіринтно-лункові ущільнення, в яких знижуються значення витоків при досить високих динамічних характеристиках.

За допомогою розрахункових методів планування експерименту отримані нові теоретичні залежності між геометричними параметрами і витратними та ротородинамічними характеристиками ущільнень. Виконана багатопараметрична оптимізація вдосконаленої конструкції лабіринтно-лункового ущільнення за умови мінімуму витоків за допомогою адаптивного одноцільового методу.

КАВІТАЦІЙНА ЕРОЗІЯ ЯК НАСЛІДОК КАВІТАЦІЇ

Вашист Б. В., аспірант; Ніколаєнко Д. Р., студент; Павленко І. В., д-р техн. наук, професор кафедри КМ ім. В. Марцинковського, СумДУ, м. Суми

Одним із основних завдань, що постають перед виробниками насосного обладнання, є забезпечення його надійності та довговічності. Але під час роботи насосів унаслідок кавітаційних явищ виникає ерозія деталей проточної частини, що призводить до зменшення їх періоду експлуатації. Явище кавітаційної ерозії складне і мало досліджене, оскільки містить як гідродинамічний, так і матеріальний аспекти. З гідродинамічної точки зору це хаотичне створення кавітаційного потоку, що руйнує деталі шляхом схлопування кавітаційних бульбашок. Матеріальний аспект включає в собі реакцію матеріалу з різними властивостями на ударні й теплові локальні навантаження, що виникають унаслідок цих схлопувань.

Концентрована енергія в кавітаційних зонах призводить до високого рівня навантаження, яке може перевищувати границю текучості, міцності або витривалості матеріалу. Протидія матеріалу до руйнування конструкції з точки зору механіки суцільних середовищ, фізики твердого тіла і матеріалознавства також є ключовим моментом в кавітаційній ерозії [1].

Щоб визначити умови експлуатації, за яких відбувається кавітаційна ерозія і дати кількісну оцінку агресивності кавітаційного потоку варто проводити випробування на локальну корозію і визначати відповідний потенціал. Випробовування матеріалів на ерозію доцільно проводити за допомогою пристроїв за типом труби Вентурі, а також вібраційного обладнання. При цьому основною метою експериментальних досліджень є виявлення і класифікація матеріалів за стійкістю до кавітаційної ерозії та співвідношення опору кавітаційним процесам з класичними механічними властивостями (твердість, границя текучості, границя міцності, ударна в'язкість тощо). Також, доцільно завдавати такі умови лабораторних випробувань, що дозволяють за обмежений час одержувати достовірні дані про кавітаційну ерозію. Проте перенесення цих даних про матеріал з певними ерозійними властивостями з моделі на прототип, навіть якщо враховувати критерії подібності, не завжди забезпечує достовірні результати, якими можна керуватися при виготовленні деталей проточної частини насоса.

У зв'язку із вищезазначеним, явище кавітаційної ерозії вимагає більш глибокого вивчення його впливу на деталі проточної частини відцентрових машин та відповідного вибору матеріалів. Для цього доцільно створювати достовірні математичні моделі з урахуванням взаємодії потоку з елементами проточної частини.

Список літератури:

1. Zarantonello Eduardo H., G. Birkhoff. Jets, Wakes, and Cavities. Elsevier. Academic Press, 1957.

СЕКЦІЯ «ЕКОЛОГІЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

ОЧИЩЕННЯ ПОПУТНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ ВІД СІРКОВОДНЮ

Аблєєва І. Ю., старший викладач; Білогур А. О., студент, СумДУ, м. Суми

Попутний газ частково або повністю спалюється на факелах на пунктах підготовки або передається на підготовку на газопереробний завод. Однак посилення екологічних вимог та зростаюча цінність газу в народному господарстві вимагають активніше впроваджувати збір і підготовку попутного газу на всіх етапах підготовки продукції свердловин з метою його повної утилізації. Розробка технологічних схем і вибір способів підготовки попутного газу, що містить сірководень і меркаптани, стають актуальною проблемою.

За рахунок наявності сірки у нафті у технологічному процесі її стабілізації, дегазації та транспортування утворюються та можуть викидатися в атмосферне повітря різні органічні та неорганічні сполуки, серед яких сірководень є найбільш поширеним токсичним компонентом. Монтаж дорогих установок для абсорбції сірководню з нафти, газу і нафтопродуктів часто не ефективний через його низьку концентрацію. У промислових умовах за існуючої технології сірководень зазвичай видаляється з нафти разом з газом під час сепарації. При цьому не завжди вдається довести залишковий вміст сірководню у нафті після сепарації до вимог ДСТУ на товарну нафту, тому необхідне подальше віддування сірководню чистим газом або його нейтралізація. Для задоволення вимог охорони навколишнього середовища необхідне очищення попутного нафтового газу від сірководню і меркаптанів.

Для очищення природного газу від H_2S використовують такі процеси:

− хемосорбційні процеси, засновані на хімічній взаємодії H_2S і CO_2 з активною частиною абсорбенту;

− процеси фізичної абсорбції, в яких вилучення кислих компонентів відбувається за рахунок їх розчинності в органічних поглиначах;

− комбіновані процеси, що використовують одночасно хімічні і фізичні поглиначі;

− окиснювальні процеси, засновані на незворотному перетворенні поглиненого сірководню у сірку;

− очищення природного газу від сірководню може проводитися і з використанням адсорбційних процесів, заснованих на вилученні компонентів газу твердими поглиначами – адсорбентами.

Вибір процесу очищення природного газу від сірчистих сполук у кожному конкретному випадку залежить від багатьох факторів, основними з яких є: склад і параметри сировинного газу, необхідний ступінь очищення і область використання товарного газу, наявність і параметри енергоресурсів, відходи виробництва та ін.

Аналіз світової практики, накопиченої в області очищення природних газів, показує, що основними процесами для обробки великих потоків газу є абсорбція з використанням хімічних і фізичних абсорбентів і їх комбінації.

Окиснювальні й адсорбційні процеси застосовують, як правило, для очищення невеликих потоків газу або для тонкої очистки газу.

Установлено, що з усього різноманіття існуючих технологій перевагу необхідно віддавати методам хімічної нейтралізації сірководню. Ці методи з використанням реагентів нового покоління дають можливість поєднувати процес нейтралізації з отриманням цінного побічного продукту, наприклад реагентів для інгібування корозії нафтопромислового обладнання. На родовищах з високим вмістом сірководню варіант хімічної нейтралізації дозволяє досягти більш глибокого ступеня очищення.

Найбільш поширений і ефективний метод очищення газу на цей час – очищення з використанням алканоламінів. Процес відрізняється можливістю досягнення високого ступеня очищення за невисоких витрат реагенту. Суміш амінів має ряд переваг: менші корозійна активність, піноутворення та винесення внаслідок вищої температури кипіння, великий ступінь насичення і, як наслідок, менша витрата. Установлено, що під час використання технології парової рекомпресії досягається найбільша енергоефективність процесу, витрата пари, що подається в десорбер, зменшується на 10,7 %.

Попутний нафтовий газ родовищ сірчистих нафт характеризується відносно невисокими обсягами його виробництва під час сепарації нафти і високим вмістом сірководню. Попутний нафтовий газ, що виділяється з нафти у результаті її сепарації на об'єктах видобутку і підготовки, є одним з найважливіших ресурсів вуглеводневої сировини.

Для осушення природного газу використовуються в основному три способи: низькотемпературна сепарація, абсорбційна осушка з використанням гліколів і адсорбційне осушення. Адсорбційне осушення застосовується перед закачуванням газу в підземні сховища, на установках скраплення газу, під час підготовки до транспортування газу, на гелієвих заводах, під час осушення газу перед кріогенними процесами, у разі осушення пропан-бутанової фракції, очищення газу від H_2S, CO_2, меркаптанів. Найбільш широке практичне застосування як абсорбенти одержали монодіетаноламіни. Використання діетаноламіну особливо доцільно в тих випадках, коли у вихідному газі поряд з H_2S і CO_2 містяться COS і CS_2, які вступають в незворотну реакцію з моноетаноламіном, викликаючи його значні втрати.

Перспективним підходом до очищення газових потоків від сполук сульфуру є застосування біохімічного методу окиснення сірководню та/або відновлення сульфур (IV) оксиду до елементарної біосірки.

Отже, сірковмісні сполуки, зокрема сірководень, видаляється із попутного нафтового газу методами каталітичного окиснення, за допомогою хемосорбційних та абсорбційних технологій. Для дотримання вимог екологічної безпеки доцільно застосовувати сучасні синтетичні поглиначі та інноваційні окиснювачі, які забезпечують високий ступінь ефективності технологій.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВІД ВИКИДІВ ЛАКОФАРБОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Шаповал О. І., студентка; Бурла О. А., асистент, СумДУ, м. Суми

Лакофарбова промисловість – це провідна галузь хімічної промисловості, підприємства якої виробляють продукцію широкомасштабного застосування.

Статистика викидів зазначає, що за останні два десятиріччя в Україні суттєво зменшилась кількість викидів основних забруднюючих речовин, таких як діоксид сірки, оксиди азоту, аміак, оксид вуглецю, неметанових летких органічних сполук.

Статистика захворюваності населення свідчить про те, що загальний рівень захворюваності, пов'язаний із впливом шкідливих викидів від виробництва лакофарбових матеріалів, за останні 20 років зменшився, але це пов'язане не стільки з розвитком науки у галузі захисту навколишнього природного середовища, а зі зменшенням населення країни [1].

Мета роботи полягає у застосуванні установок для уловлювання і локалізації летких органічних сполук з вентиляційного повітря, які б відповідали найвищим технічним, екологічним та економічним стандартам.

Найбільш ефективними науковими розробками сучасності є метод абсорбційно-біохімічної очистки вентиляційного повітря від шкідливих викидів, та спосіб знешкодження газових викидів, в якому для підвищення ефективності спалювання десорбату, знижують в останньому вміст негорючих речовин. Такі способи дозволяють застосовувати їх на підприємствах з виробництва лакофарбових матеріалів, де є газові викиди, що містять токсичні горючі речовини, очищаючи забруднене повітря від летких органічних сполук на 90-98%, толуолу – 70-80%, а також зменшуючи вміст негорючих речовин в десорбаті більш ніж в 8 разів.

Проблема захисту довкілля зумовлює необхідність втілення максимально ефективних методів нейтралізації небезпечних відходів лакофарбового виробництва.

Запропонований перелік методів не є повним і вичерпним у системі знешкодження шкідливих викидів від лакофарбового виробництва, а є лише незначною частиною тих розробок, які пропонує нам світове наукове товариство, шляхом застосування яких людство зможе звести до мінімуму шкідливий вплив на довкілля.

Список літератури

1. Лютий Є.М., Тисовський, Ю.Р., Дадак Ю.Р., Ляшеник А.В. Циклони в деревообробній промисловості : монографія. Львів : Ред. журналу «Український пасічник», 2014. 149 с.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ПРИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ АКВАКУЛЬТУРИ

Трунова І. О., доцент; Мальцев О. Ф., студент, СумДУ, м. Суми

Аквакультура – це галузь достатньо нова в порівнянні з традиційними «наземними» галузями тваринництва, у неї більше можливостей для використання нових технологій, які сприяють подальшому збільшенню ефективності використання ресурсів.

В останні роки, аквакультура вважається найбільш швидкозростаючою світовою харчовою промисловістю, відіграючи вирішальну роль у задоволенні підвищеного попиту на тваринні білки. З огляду на той факт, що розведення риби в садках і штучних водоймах стає все більш привабливим підприємництвом, необхідно подбати не тільки про одержання економічного ефекту від справи, але й про те, як вести свою справу без шкоди для довкілля.

На сьогоднішній день екологія аквакультури направлена на збільшення продуктивності виробництва при зниженні негативного навантаження на природу. Для досягнення поставлених цілей застосовують технологічні засоби захисту довкілля або їх комплекси:

1. Запровадження штучної аерації води у водному об’єкті з метою покращення гідрологічного стану.

2. Відхід від годівлі риби зерновідходами, а вибір якісних кормів, що зменшить кількість відходів, які не вжиті рибою, а осіли на дно, призводячи до вторинного забруднення і погіршення якості води, зниження кисню та явище задухи і цвітіння.

3. Запровадження системи повторного використання води – циркуляції в системі ставок-річка.

4. Облаштування місць вилову твердим покриттям для попередження ерозійних процесів та руйнування берегів.

5. Перехід до розведення риби різних видів для комплексного використання штучної та природної кормової бази та мінімізації внутрішньовидової конкуренції з науковообгрунтованим прорахунком густини посадки кожного виду.

Останнім часом все більш популярним є напрямок аквакультури із застосуванням установок замкнутого водопостачання або рециркуляційних аквакультурних систем. Це високотехнологічний, сучасний та перспективний напрямок вирощування гідробіонтів, що дозволяє значно розширити видовий склад об’єктів аквакультури.

Одним із способів зменшення негативного впливу на довкілля є здійснення садкового риборозведення. Садкові господарства можна розміщувати у водоймах, у тому числі комплексного призначення, що дозволяє використовувати одні й ті ж водні ресурси для рибництва і інших галузей народного господарства. І при цьому не потрібно вилучення з обігу значних площ сільськогосподарських угідь для будівництва ставків.

ХАРАКТЕРИСТИКА НАПРЯМКУ ВІТРІВ У СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Корнус А. О., доц., СумДУ; Корнус О. Г., доц., СумДПУ ім. А. С. Макаренка, м. Суми

Вивчення напрямку вітру досить важливе екологічне значення, позаяк він визначає особливості атмосферної міграції різноманітних забруднюючих речовин. Багаторічний режим напрямку вітру враховується при розміщенні промислових підприємств, архітектурно-планувальних рішеннях, що враховують шляхи переміщення полютантів, створюють сприятливі умови для провітрювання території.

Вітер має декілька характеристик, але традиційно виділяється три головних: швидкість, сила і напрямок. Зважаючи на те, що сила вітру залежить передусім від його швидкості, саме швидкість і напрямок є головними характеристиками вітрового режиму. У даній роботі використано результати спостережень за напрямком вітру на метеорологічних станціях Сумської області (Дружба, Конотоп, Суми, Ромни і Лебедин протягом) 2005-2020 років (рис. 1) у відсотках від загального числа спостережень без врахування штилів та вітрів змінних напрямків [1].

Для прикладу, детальніше проаналізуємо характеристики напрямку вітру для метеостанції Суми. Протягом зазначеного періоду на цій метеостанції однакову тривалість мають західні, південні та південно-східні вітри – кожен з цих напрямків має повторюваність по 14% днів у році. Разом з тим спостерігається чітка закономірність у розподілі напрямків вітрів за сезонами року: влітку переважають західні вітри, а взимку − південні та південно-східні.

Для усіх метеостанцій характерне переважання вітрів північних і західних румбів у липні та збільшення повторюваності вітрів південних і південно-західних румбів – у січні. Така зміна напрямків вітру за сезонами року загалом є закономірною й зумовлюється перебудовою баричного поля, зміною ролі постійних та сезонних головних баричних центрів. Такий розподіл повторюваності вітрів між основними румбами є близьким до результатів, що фіксувалися за попередні періоди спостережень [3] та стандартної кліматичної норми 1960-1991 рр. [2].

Разом з тим, кожна з метеостанцій області має свої особливості вітрового режиму. Зокрема на метеостанції Ромни і взимку, і влітку переважають вітри західних румбів, при чому західні вітри набагато перевищують повторюваність вітрів усіх інших напрямків, разом узятих. Дещо особливою є повторюваність напрямків вітрів і на метеостанції Лебедин. Зимовий сезон тут вирізняється великою частотою південних вітрів, зокрема у січні на вітри цього напрямку припадає понад 12% випадків. Натомість у липні повторюваність південних вітрів не перевищує 4%. Цього місяця переважають вітри північно-східного та східного напрямку – 8,8% та 7,5% повторюваності вітрів відповідно.

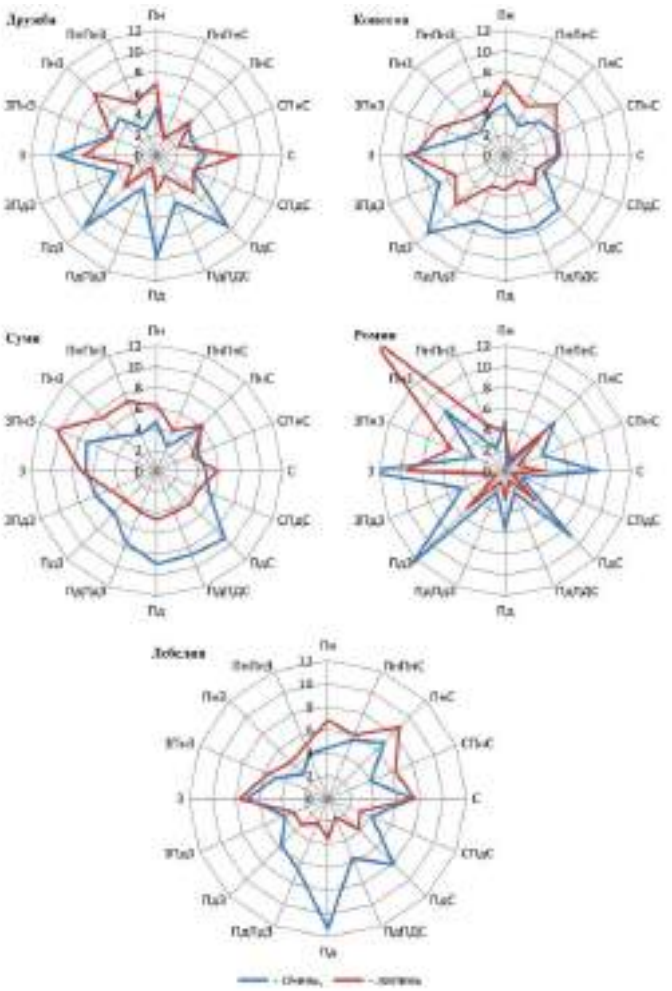


Рисунок 1 – Напрямки вітрів на метеостанціях Сумської області

Список літератури

1. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2019 році (2020). Суми: Департамент захисту довкілля та енергетики Сумської обласної державної адміністрації, 202 с.

2. Мартиненко, В. М. Несін, І. В. (2019). Баланс гумусу в землеробстві Сумської області. Охорона ґрунтів, вип. 8, С. 143-11.

3. Яцук, І. П. (2015). Агроекологічний стан ґрунтів Сумської області за результатами еколого-агрохімічної паспортизації / І. П. Яцук, А. М. Ліщук, Г. Д. Матусевич, М. В. Драга. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. Вип. 58(1). С. 238-248.

ДО ПИТАННЯ ДЕГУМІФІКАЦІЇ ҐРУНТІВ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Корнус А. О., доцент; Василенко О. М., студент, СумДУ, м. Суми

Ґрунти Сумської області інтенсивно використовуються у сільському господарстві. За підсумками 2019 р. на Сумщині зібрано понад 4,4 млн т зернових та зернобобових культур (5-е місце за валовим виробництвом зерна серед регіонів України) і понад 1 млн т технічних культур, передусім соняшника, сої та ріпаку. За урожайністю зернових і зернобобових культур (65,2 ц/га) та соняшнику (32,8 ц/га) у 2019 році регіон посів 4-е місце серед областей України. Із загальної площі області (2383,2 тис. га) сільськогосподарські угіддя займають 1694,7 тис. га (71,1 %), у т.ч. рілля – 1237,7 тис. га (51,9 %). І хоча агрохімічна оцінка ґрунтів Сумської області є однією з найвищих в Україні (42–58 балів), таке інтенсивне сільськогосподарське природокористування неодмінно має впливати на баланс гумусу у ґрунтах. За результатами IX туру (2006–2010 рр.) агрохімічного обстеження земель Сумської області середній вміст гумусу в ґрунтах сільгоспугідь коливається від 1,43 % у Ямпільському районі до 4,59 % у Білопільському (табл. 1).

Таблиця 1 – Вміст гумусу у ґрунтах Сумської області за результатами IX туру агрохімічного обстеження (2006-2010 рр.) [3]

Адміністративний район	Вміст гумусу, %	Адміністративний район	Вміст гумусу, %
Білопільський	4,59	Недригайлівський	4,09
Буринський	3,95	Охтирський	3,92
Великописарівський	4,28	Путивльський	2,73
Глухівський	2,70	Роменський	3,45
Конотопський	3,30	Середино-Будський	1,74
Краснопільський	3,82	Сумський	4,27
Кролевецький	2,26	Тростянецький	3,38
Лебединський	4,01	Шосткинський	1,64
Липоводолинський	4,38	Ямпільський	1,43
		В середньому по області:	3,58

Разом з тим, інші джерела подають дещо відмінні результати, зокрема стосовно південних (лісостепових) районів Сумської області, де вирощується більша частина рослинницької продукції. З табл. 2 бачимо, що в окремих районах вміст гумусу залишається незмінним, або навіть зростає впродовж останніх турів обстежень. Однак це пов’язано переважно з тим, що площі обстежень ґрунтів значно скоротилися. В обробітку залишилися й обстежувалися кращі орні землі; гірші ж виводилися з обробітку і не обстежувалися [3]. Так, зіставляючи дані IV і IX турів обстежень можна стверджувати, що міст гумусу в ґрунтах лісостепової частини Сумщини

зменшився на 0,18 %, з коливаннями від 0,42 % у Лебединському районі − до 0,06 % у Сумському та Краснопільському районах. Інакше кажучи, кожен гектар орних земель у цій зоні внаслідок дегуміфікації втратив від 2 т у Сумському та Краснопільському районах до 16 т у Лебединському районі [1].

Таблиця 2 – Динаміка вмісту гумусу в орних ґрунтах окремих районів лісостепової частини Сумської області за різними турами обстежень [1]

Адміністративний район	1882 рік	IV (1981-1985 рр.)	V (1986-1990 рр.)	VI (1991-1996 рр.)	VII (1997-2001 рр.)	VIII (2002-2006 рр.)	IX (2006-2010 рр.)	Різниця останнього туру +/- до фону	Відносний відсоток	Коефіцієнт відносної акумуляції гумусу
Білопільський	6	4,4	4,3	3,98	4,26	4,27	4,28	–0,12	–3	0,76
Краснопільський	4,6	4,34	4,26	3,94	4,09	2,36	4,28	–0,06	–2	0,86
Лебединський	6,4	5,17	4,95	4,84	4,68	4,88	4,75	–0,42	–8	0,83
Недригайлівський	5,1	4,3	3,96	3,77	3,9	3,98	4,16	–0,14	–3	0,76
Охтирський	4,5	3,39	3,37	3,19	3,35	3,44	3,26	–0,13	–4	0,88
Роменський	4,3	3,77	3,74	3,44	3,72	3,69	3,6	–0,17	–5	0,84
Сумський	4,8	3,02	3	2,9	2,85	2,97	2,96	–0,06	–2	0,99
Тростянецький	5,1	4,3	4,22	4,04	3,86	3,82	3,96	–0,34	–8	0,76

Опубліковані дані свідчать [2], що баланс гумусу в орних ґрунтах Сумської області був негативним (прибуткова частина балансу органічної речовини склала 1,61 т/га, а витрати гумусу були на рівні 1,92 т/га). Позитивний баланс гумусу був лише під кукурудзою на зерно +0,23 т/га, пшеницею +0,08 т/га, багаторічними та однорічними травами +0,74 т/га. Найбільш дефіцитний баланс органічної речовини спостерігався під просапними культурами, а саме: в посівах баштанних культур – 1,85 т/га; цукрового буряка – 1,78 т/га; картоплі – 1,26 т/га; соняшнику – 1,15 т/га.

Список літератури

1. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2019 році (2020). Суми: Департамент захисту довкілля та енергетики Сумської обласної державної адміністрації, 202 с.

2. Мартиненко, В. М. Несін, І. В. (2019). Баланс гумусу в землеробстві Сумської області. Охорона ґрунтів, вип. 8, С. 143-11.

3. Яцук, І. П. (2015). Агроекологічний стан ґрунтів Сумської області за результатами еколого-агрохімічної паспортизації / І. П. Яцук, А. М. Ліщук, Г. Д. Матусевич, М. В. Драга. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. Вип. 58(1). С. 238-248.

ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ ҐРУНТІВ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ НАФТОПРОДУКТАМИ

Бартош Е. Ю., студентка; Бурла О. А., ассистент; СумДУ, м. Суми

Нафтове забруднення є одним з найбільш небезпечних видів забруднення навколишнього середовища. Його негативна дія на ґрунтово-рослинний покрив, атмосферне повітря, поверхневі та підземні води, здоров'я людей відзначається на всіх етапах промислового освоєння нафтових родовищ: буріння, переробки, зберігання, транспортування і ліквідації обладнання. Найбільшого впливу зазнають водні та наземні екосистеми.

Серед компонентів наземних екосистем нафтою, насамперед, забруднюється ґрунт. Завдяки високій адсорбуючій здатності, нафта та нафтопродукти тривалий час зберігаються у ньому, спричиняючи як деградацію земель, так і створюють небезпеку проникнення полютантів у живильні ланцюги, однією з ланок яких є людина.

Існує кілька методів відновлення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами – механічні, фізико-хімічні, біологічні та комплексні. Застосування того чи іншого методу залежить від умов регіону, характеру і ступеня забруднення. Механічні методи. Полягають у зборі нафти нафтопродуктів з поверхні ґрунту.

Фізико-хімічні методи. Засновані на використанні сорбентів для збору нафти і нафтопродуктів із поверхні ґрунту. Цей метод ефективний при зборі невеликих кількостей забруднювача. При великих виливах він може використовуватися на етапі «дозбирання» після збору забруднювача механічним методом. Біологічні методи. Засновані на інтенсифікації процесів самоочищення ґрунту шляхом внесення спеціальних біологічних препаратів (Біоактиватор HYDROBREAK 2000, Препарат BIOVERSAL FW, Біопрепарат «Мікроміцет», біопрепарати типу «Нафтокс», «Экобіос», «Сойлекс»), які являють собою певним чином підібрані групи мікроорганізмів (бактерій і грибів).

Комплексні методи. Це сукупність засобів для поліпшення стану ґрунтів і усуненню забруднення, що полягають у застосуванні механічних, фізико-хімічних і біологічних методів відновлення в комплексі з агротехнічними і фітомеліоративними роботами.

На сьогодні найбільш перспективним є біологічний метод відновлення ґрунтів, забруднених нафтою і нафтопродуктами. Його основне призначення полягає в локалізації забруднень та руйнуванні адсорбованих забруднювачів.

Використання різних методів відновлення забруднених нафтою і нафтопродуктами ґрунтів як інструменту впливу на біотичну і абіотичну складові ґрунту дає можливість забезпечити детоксикацію забруднення у ґрунтовій системі.

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ НАПРЯМИ ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ

Котова І. І., студентка; Черниш Є. Ю., доцент, СумДУ, м. Суми

Радіоактивні відходи утворюються майже на кожному з етапів застосування радіоактивних речовин і ядерних технологій. Щоб зменшити негативний вплив радіоактивних відходів на людину та навколишнє середовище, потрібно забезпечувати їх надійну ізоляцію.

Ізоляція застосовується для тимчасового зберігання радіоактивних відходів, особливо тих, що утворилися наслідок аварії на ЧАЕС і являють серйозну небезпеку для біосфери. Вирішення цієї проблеми полягає в створенні спеціальних підземних сховищ в сприятливих геологічних формаціях, що здатні забезпечити їх надійну ізоляцію від навколишнього середовища [1]. На рисунку 1 представлено приклади сховищ для ізоляції різних типів радіоактивних відходів (РАВ).

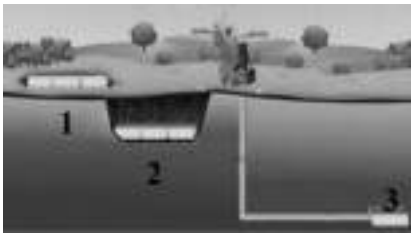


Рисунок 1 – Приклади концептуальних рішень сховищ для ізоляції різних класів РАВ: 1 – наземне сховище; 2 – приповерхневе сховище; 3 – підземне сховище геологічного типу до 700 м.

Для утилізації радіоактивних відходів можуть застосовуватися різні методи для зв'язування та консервації РАВ у форми(це можуть бути скло, кераміка, полімери та інше), що забезпечують неможливість міграції небезпечних речовин у навколишнє середовище. Бітумування є включенням радіоактивних відходів, зокрема рідких, в бітумні матеріали, які становлять високомолекулярні суміші вуглеводнів, в основному виходять після відгону легких фракцій з природної нафти. Як вихідний матеріал, бітум є досить поширеним, через свою доступність та дешевизну.

Використання матричних технологій або поховання відходів в стабільних блоках земної кори. Матриці повинні мінімально взаємодіяти з породою і не розчинятися в тріщинних розчинах. Матрицями можуть виступати: цементна речовина, бетон, залізобетон, скло, а також є нові композитні мінеральні матриці штучно синтезовані.

Матриці мають володіти такими властивостями:

- механічною міцністю,
- високу теплопровідність,
- малими коефіцієнтами теплового розширення,
- стійкістю до радіаційним пошкоджень;
- мати просту технологічну схему виробництва;
- вироблятися з вихідної сировини, порівняно низьку вартість.

Найпоширенішими методами переробки РАВ у країнах з розвиненою атомною енергетикою (з огляду на вимоги безпеки) є такі [2]:

– пресування твердих радіоактивних відходів (ТРВ) гідравлічними пресами високого тиску. Для такої переробки придатні металева стружка, термоізоляційні матеріали, негорюче обплетення електрокабелів тощо. Це дає змогу зменшити початковий об'єм до 5 разів. Спресовані ТРВ можуть у подальшому бути іммобілізовані та направлені на захоронення;

– спалювання горючих ТРВ та рідких радіоактивних відходів (РРВ). Метою спалювання є переведення РАВ у інертний стан (зольний залишок), що поліпшує умови безпеки тимчасового зберігання та подальшого захоронення, а також значно зменшує початковий об'єм РАВ (до 50 разів);

– переведення РРВ у твердий стан включенням їх в іммобілізуючу матрицю. РРВ змішують у певних пропорціях з цементним розчином та спеціальними добавками. Після затвердіння отриманий компаунд може направлятися на тимчасове зберігання чи захоронення [3].

Радіоактивні відходи є неминучою реальністю, що супроводжує використання ядерної енергії, і методи, що забезпечують безпечне поводження з ними, повинні бути екологічно стійкими, щоб захистити нинішні та майбутні покоління [4].

Список літератури

1. Хрущов Д.П., Ботвіна І.С., Яковлев Е.О., Галецький Л.С., Беланов В.М. Видалення радіоактивних відходів в геологічних формаціях. URL: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/014/31014684.pdf.

2. The Management System for the Processing, Handling and Storage of Radioactive Waste for protecting people and the environment: Safety Standards. Vienna : IAEA, 2008.79 p.(IAEA safety Guide, № GS-G-3/3).

3. Кондратьев С.Н., Борозенец Г.П., Ярмош І.В., Кутузова Т.Я., Чепурний Ю.В. Поводження з радіоактивними відходами на атомних електростанціях України. Стан та проблеми. Київ: 2016. С. 44.

4. Radioactive Waste Dangers. URL: http://large.stanford.edu/courses/2015/ph240/sherman2/.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТА ПОСИЛЕННЯ ПОКАЗНИКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗДІЛЕННЯ БУРОВИХ ШЛАМІВ У ПОЛІ ДІЇ ВІДЦЕНТРОВИХ СИЛ

Луценко С. В. аспірант; Аблєєва І. Ю., старший викладач;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

Для якісної та екологічно безпечної технології розділення відходів буріння в Україні застосовують спеціальні установки – трикантери. Основою роботи трикантера є поле дії відцентрових сил, які утворюються під час роботи конструктивного елементу - шнеку.

Але інколи показник ефективності розділення на виході буває не задовільним. Це обумовлено різною геоморфологією бурових шламів, відсотковим вмістом різних включень, та наявністю в складі залишків бурового розчину. Для посилення та значної інтенсифікації процесу розділення застосовують різні методи. Основними є хімічні, фізичні та їх комбінації. Хімічні методи полягають у додавання в буровий шлам спеціальних речовин – коагулянтів та флокулянтів. Основна їх дія підвищення водовіддачі та агрегація дисперсних часток. Даний метод є ефективним, але й дороговартісним.

При фізичному впливу також досягається значне посилення показника водовіддачі та ефективності розділення в цілому. В даному випадку буровий шлам зазнає впливу температури та тиску. Це відбувається під час роботи трикантера, за допомогою блоку керування та спеціальними підігрівающими елементами. Як наслідок, відбувається зниження в'язкості та густини розчину що подається на розділення, збільшується водовіддача. Додатково, при зміні робочого тиску, відбувається корекція властивостей бурового відходу, що значно прискорює процес розділення у полі дії відцентрових сил.

Схема роботи трикантера представлена на рисунку 1.

Рисунок 1 – Трикантер з блоком керування робочої температури та тиску

Таким чином, при застосуванні фізичного впливу на буровий шлам відбувається підвищення показника розділення та ефективності водовіддачі, що значно зменшує технологічні затрати та полегшує процес.

ЗМЕНШЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ВІД ВИКИДІВ ДРІБНОДИСПЕРСНОГО ПИЛУ

Гурець Л. Л., доцент; Зайцева К. О., студентка, СумДУ, м. Суми

За даними Європейської екологічної комісії, забруднюючі речовини у вигляді суспендованих твердих частинок являються одним з головних забруднювачів атмосферного повітря, особливо у великих містах. Найбільш небезпечним як для людини, так і для екосистем є дрібнодисперсний (респірабельний) пил з розміром частинок до 10 мкм, який недостатньо ефективно вловлюється існуючими пилоочисними апаратами і поширюється в атмосфері на значні відстані. Дрібнодисперсний пил не осідає та залишається у верхніх шарах атмосфери, звідки не вимивається опадами. Утворені пилові хмари з завислих речовин знаходяться на висоті 10–20 км та відбивають сонячне проміння, що у подальшому може призвести до зниження середньої температури поблизу земної поверхні.

Ефективність існуючих пиловловлюючих установок не забезпечує достатній рівень очищення відхідних газів від частинок $PM_{2,5}$ та PM_{10}. Економічно-доцільним в такому випадку є попереднє оброблення запиленого повітря з метою укрупнення пилових частинок. За даними [1], при іонізації газопилового потоку спостерігається підвищення ефективності очищення пилогазового потоку забрудненого дрібнодисперсними частинками (PM_{10} та $PM_{2,5}$), зменшення енерговитрат процесу пиловловлення та підвищення екологічної безпеки за рахунок коагуляції дрібнодисперсних частинок.

Іонізацію пилогазової суміші виконували іонізатором, який генерував негативно заряджені іони ($1{,}7x10^7$ іонів/см^3). Концентрацію твердих частинок визначали аналізатором концентрації твердих частинок GM8803VSON, який дозволяє визначати концентрацію твердих частинок $PM_{2,5}$ та PM_{10}. Для визначення ефективності коагуляції частинок пилу визначалась концентрація частинок $PM_{2,5}$ та PM_{10} без іонізації та при іонізації пилогазового потоку.

Проведені дослідження показали, що іонізація призводить до укрупнення твердих частинок. Концентрація частинок $PM_{2,5}$ зменшується до 50 %, а частинок PM_{10} – до 40 %. Зменшення швидкості пилогазового потоку призводить до збільшення часу перебування частинок в іоінізаційній камері та сприяє більшій коагуляції частинок. Таким чином, іонізація твердих частинок дозволяє зменшити концентрацію дрібнодисперсного пилу у викидах, підвищити ефективність пиловловлення та знизити техногенне навантаження на довкілля від пилового забруднення.

Список літератури

1. Optical Particle Counters. The University of Manchester: website. URL: http://www.cas.manchester.ac.uk/restools/instruments/aerosol/opc/ (Last accessed: 12.11.2018).

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТЕМНОВОЇ ТА МЕТАНОГЕННОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ ВІДХОДІВ

Данилов Д. В., студент; Черниш Є. Ю., доцент, СумДУ, м. Суми

Ферментація відходів це технічне вирішення низки проблем сьогодення, дана технологія дає змогу зменшити кількості відходів, що прямують до полігонів, що знизить площі їх територій, дає змогу переробити відходи на натуральні біологічні добрива та отримувати теплову та електричну енергію.

Шляхом темнової ферментації ми можемо отримувати біоводень. Такий метод ферментації не потребує світлової енергії тому можливе використання тому можливе неперервне виробництво водню. [1] Вихід водню під час темнового бродіння значною мірою залежить від парціального тиску продукту. При високих значеннях парціального тиску водню метаболізм зміщується у бік виробництва відновлених продуктів - таких як лактат або аланін, тим самим знижуючи вихід H_2 [2]. В якості основних субстратів можуть використовуватися різні органічні сполуки – такі як вуглеводи, цукри, білки і жири, комплексні органічні субстрати, багаті органічними речовинами: СВ харчової промисловості, СВ комунальних підприємств, відходи, які містять целюлозу та лігнінцелюлозу, СВ тваринних ферм, цукровмісні СВ, а також СВ, які містять залишки олій та гліцеролу [3].

Метаногенна ферментація полягає в отриманні біогазу, що в подальшому буде очищений до біометану. Анаеробне перетворення складної органічної речовини будь-якого складу на біогаз відбувається шляхом перебігу 4 основних етапів [4]:

– стадія гідролізу складних біополімерних молекул (білків, ліпідів, полісахаридів і ін.) на простіші мономери: амінокислоти, вуглеводи, жирні кислотита ін;

– стадія ферментації (бродіння) мономерів, що утворилися, до ще простіших речовин - нижчих кислот і спиртів, при цьому утворюються також вуглекислота і водень;

– ацетогенна стадія, на якій утворюються безпосередні попередники метану: ацетат,водень, вуглекислота;

– метаногенна стадія, яка веде до кінцевого продукту розщеплювання складних органічних речовин - метану.

Ознайомимося з енергетичними потенціалами біоводню та біометану, для цього розглянемо теоретичну задачу на базі ферми, що утворює близько 45 тон свинного гною на добу з вологістю 75 %. Вихід біоводню при використані гною становить близька 0,4 м^3 на 1 кг сухої масси. Вихід біогазу при використанні даного відходу буде становити 0,340–0,580 м^3 на 1 кг сухої масси, а вміст метану при такій ситуації буде приблизно 65 %. А теплова здатність біоводню та біометану, 120 МДж/кг та 46,3 МДж/кг відповідно.

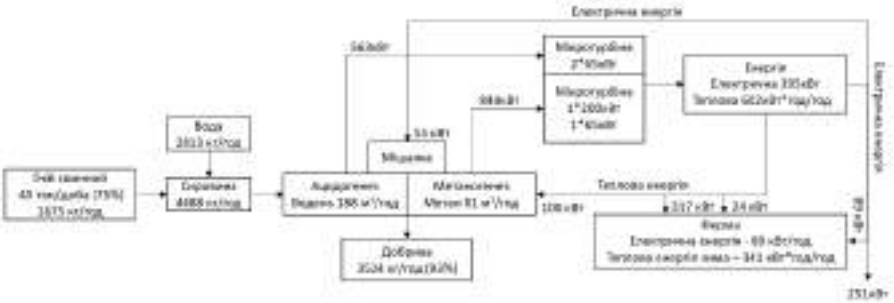


Рисунок 1 – Блок схема процесу ферментації

Виходячи з потреб наведених на схемі ми можемо повністю забезпечувати потреби ферми та розглянути можливість продажу енергоресурсів стороннім споживачам. На цьому прикладі ми бачимо ефективність використання даної технології на фермах та підприємствах для отримання та продажу енергоресурсів та добрив. За рахунок продажу продукції від ферментаційних процесів дана технологія є економічно вигідною.

Виходячи з вище сказаного можемо сказати, що ферментація відходів є ефективним та інвестиційно привабливим технологічним рішенням, що має значний сировинний потенціал, зокрема органічні відходи, дозволяють виробити додаткові біопродукти з доданою вартістю (біодобрива, дігестати, органічні полімери тощо), та характеризуються низьким рівнем собівартості такого виду енергії [5].

Список літератури

1. Рибчинський Л.М. Екологічні аспекти водневої енергетики: кваліфікац. робота магістра / Л.М. Рибчинський; наук. керів. О. А. Бургаз. – Одеса: ОДЕУ, 2017. – 63 с.

2. Щурська К.О. Способи продукування біоводню. Проблеми біології та біотехнології / К.О. Щурська, Є.В. Кузьмінський //Наукові вісті НТУУ "КПІ".– 2011. – Вип. 3. – С. 105–114.

3. Шуліпа Є. О., Черниш Є. Ю.Процеси темнової ферментації для утилізації відходів з отриманнямкорисних біоосновних продуктів // Тези доповідей VII Всеукраїнської науково-технічної конференції«Сучасні технології у промисловому виробництв». – Суми: СумДУ. – 2020. - С. 246 – 247.

4. Куріс Ю. В. Метаногенез і технологічні схеми отримання біогазу / Альтернативные источники энергии. – 2011. – № 10 (92). – С. 41–48.

5. Панцирева Г. В. Технологічні аспекти виробництва біогазу з органічної сировини. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 199 «Механізація сільськогосподарського виробництва». 2019. С. 276–290.

ПЕРЕРОБКА ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

М'якаєв О. В., здобувач, СумДУ, м. Суми

Золошлакові відходи (ЗШВ) є цінними матеріалами, які використовуються у різних сферах виробництва будівельних матеріалів. На даний час в Україні зростає попит на теплоізоляційні матеріали, тому нами проводились дослідження по використанню золошлакових матеріалів у виробництві піноскла.

Золошлакові матеріали містять у своєму складі склоподібну алюмосилікатну фазу (40–65 %) у вигляді частинок у формі кульок розмірами до 100 мкм. Зола, яка має у своєму складі має значну частину вугілля, має велику питому поверхню. Добавка ЗШВ до склобою при виробництві піноскла призводить до зниження температури склоутворення за рахунок участі оксиду кальцію цих компонентів в процесі плавлення. Зразки ЗШВ були відібрані із тіла золошлаконакопичувача Сумської ТЕЦ. Для проведення дослідів відбирали фракцію шлакового піска. В якості матеріалу для отримання піноскла використовувався несортовий склобій. Брали суміш віконного, пляшкового зеленого, коричневого і білого скла в співвідношенні 1:1:1:1 (мас.). В якості пороутворювача використовувати фосфогіпс з відвалу фосфогіпсу ПАТ «Сумихімпром». Відібрані проби ЗШВ та фосфогіпс висушувались в сушильній шафі. Склобій промивався та висушувався. Матеріали змелювались у лабораторному кульовому млині та спікались у муфельній електропечі.

Вміст ЗШВ змінювали від 40 до 50 % з метою з метою виявлення максимального вмісту шлаку в композиції та заміни ним по можливості більшої частини склобою. У шихту з високим вмістом золошлакових відходів (40% по масі і більш) вводився матераіл-плавень: безводний тетраборат натрію ($Na_2B_4O_7$). Для якісного аналізу впливу різних типів пороутворювачів на структуру та властивості скломатеріалів були виготовлені дві серії лабораторних зразків: серія А, в якій в якості пороутворювача використовувався антрацит, серія Б – фосфогіпс. Було виготовлено по п'ять зразків кожного складу в серії.

В якості критеріїв оцінки теплофізичних і експлуатаційних властивостей виготовлених зразків визначались середня щільність, рівномірність розподілу, розмір пор та наявність дефектів пористої структури. Як показали результати експерименту, зразки із застосуванням в якості пороутворювача фосфогіпса мають більш крупні пори та меншу щільність, що вказує на їх високі теплоізоляційні властивості, також зразки з вмістом ЗШМ 50 % показали більш рівномірну структуру.

Таким чином, проведені дослідження свідчать про можливість комплексної переробки великотоннажних твердих промислових відходів.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ ЛЮДИНИ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Безкровна А. В., Захарова В. А., студенти; Рой І. О., ст. викл., СумДУ, м. Суми

Поглиблене дослідження процесів взаємодії суспільства і навколишнього середовища вимагає одночасного врахування широкого набору факторів. Значну роль відіграє вивчення у конкретних умовах місця і часу кількісної сторони закономірностей впливу природних, технологічних, економічних і соціальних факторів на умови життя та діяльності людини в системі «людина – навколишнє середовище».

Складність такої системи викликана формуванням великої кількості складних та різноманітних взаємозв'язків, сила та інтенсивність яких безперервно змінюються. Передбачити відповідні реакції системи на дію конкретних чинників можна лише через складний аналіз існуючих в ній закономірностей. Для вирішення такого роду завдань перспективним є застосування математичного моделювання як інструменту для вивчення та оцінювання впливу навколишнього середовища на людину.

Сучасні підходи до побудови математичних моделей базуються на двох основних завданнях: дослідження закономірностей функціонування систем та прогнозування їх розвитку. Сама по собі математична модель не є повноцінним відображенням досліджуваних процесів, але є зручним інструментом для їх поглибленого вивчення. Моделі допомагають виявити нові чинники, що визначають особливості перебігу досліджуваних процесів. Останнє особливо актуально під час вивчення масових процесів, які важко або неможливо дослідити в умовах експерименту, або ті процеси які вимагають спостереження протягом тривалого часу. У математичних моделях можна «розглядати» різні варіанти – виокремлювати та комбінувати різні чинники, спрощувати або ускладнювати структуру досліджуваних систем, змінювати послідовність і силу впливів.

Традиційно побудова достовірної математичної моделі потребує емпіричних знань, накопичених в польових спостереженнях і експериментах. Однак для поглибленого дослідження процесів взаємодії суспільства і навколишнього середовища актуальність отримують великі масиви статистичних даних, накопичених за тривалий період часу.

Розвиток наукових засад із встановлення і дослідження процесів взаємодії людини та навколишнього середовища з використанням математичних моделей, передбачає побудову достовірних моделей для діагностики стану навколишнього середовища, вивчення причино-наслідкових механізмів появи небезпек, прогнозування медико-екологічних тенденцій тощо. Необхідність впровадження такого підходу, обумовлена потребою у постійному удосконаленні механізмів забезпечення безпечних умов життя та діяльності людини.

ВПЛИВ АЕРОЗОЛЬНИХ ВИКИДІВ НА ДОВКІЛЛЯ

Вихрова А. Ю., студентка; Козій І. С., доцент, СумДУ, м. Суми

Сучасний розвиток виробництва і технологій супроводжується надходженням у навколишнє середовище великої кількості різноманітних аерозольних систем (тумани, дим, дрібнодисперсний пил та інше). Існуюче надходження аерозолів в навколишнє середовище характеризується довготривалим часом існування, демонструє високий ступінь забрудненості і широке розповсюдження на великі відстані, що говорить про значний регіональний і глобальний аспекти впливу на довкілля [1].

Зростаючий науковий інтерес до забруднення повітряного середовища аерозольними частками пояснюється їх важливим значенням для екологічної безпеки. Фактично, тверді частинки є однією з найскладніших проблем, що впливають на якість повітря, так і для досліджень в напрямку зміни клімату.

Навіть незначна кількість аерозольних часток впливає на більшість характеристик газового середовища, враховуючи життєво необхідне для існування людства якісне атмосферне повітря, як середовище існування. Як приклад, саме існування ядер конденсації, яких у повітрі не більше ніж атомів найбільш рідкого інертного газу – ксенону, визначає можливість утворення хмар, що дуже важливо для існування життя на Землі.

Аерозолі мають природні або антропогенні джерела походження (рис.1) і надходять у повітряне середовище у вигляді первинних аерозолів (викидаються безпосередньо в атмосферу) або утворюються в результаті вторинних процесів (шляхом складних фізико-хімічних перетворень первинних аерозолів).

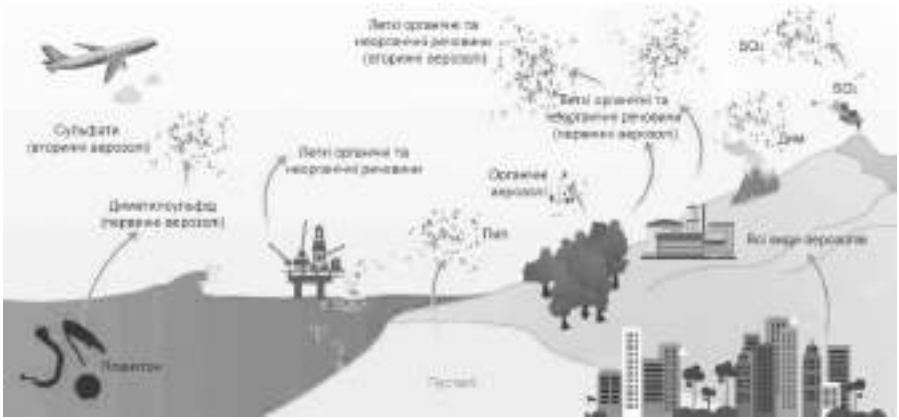


Рисунок 1 – Джерела надходження аерозолів у навколишнє середовище

Дослідження питання надходження аерозольних викидів у повітря і їх

ідентифікації засобами дистанційного зондування (AERONET, SKYNET, MODIS) займається багато науковців починаючи з кінця минулого століття.

Методи виявлення аерозольних часток в повітрі є лише інструментом їх аналізу і оцінки, які не вирішують проблему зменшення кількості аерозольних викидів. Тому, для розуміння напрямків зниження негативного впливу на довкілля від аерозолів, проведемо їх класифікацію.

Питанням класифікації аерозольних частинок і методам їх визначення присвячено роботу [2], яка містять традиційний підхід до класифікації але є роботи [3, 4], які мають більш вузьку специфіку дослідження. Можна виділити наступні категорії класифікації аерозолів:

1) за характером утворення;
2) за розміром;
3) за агрегатним станом дисперсної фази;
4) за морфологічними ознаками частинок;
5) за концентрацією частинок;
6) за характером впливу на людину;
7) за фізико-хімічними властивостями.

Існуюча класифікація аерозолів в повній мірі не дозволяє реалізувати підходи до реалізації технологічних рішень для підвищення рівня екологічної безпеки на рівні підприємств та регіонів в цілому. Крупні частинки легше осідають із газового потоку і можуть уловлюватися в апаратах найпростішого типу. Для очищення газу від дрібнодисперсних аерозолів (дим, туман), а також, який може містити різноманітні домішки (смоли, легкозлипливі речовини), зазвичай потрібно не один, а декілька апаратів, встановлених паралельно за рухом газової суміші. Тому, задача підбору високоефективного і надійного обладнання, здатного вловлювати дрібнодисперсний пил, є достатньо актуальною.

Список літератури

1. Hallquist M., Wenger J., Baltensperger U., Rudich Y., Simpson D., Claeys M., Dommen J., Donahue N., George C., Goldstein A. The formation, properties and impact of secondary organic aerosol: current and emerging issues. Atmospheric Chemistry and Physics 9, pp. 5155-5236, 2009; DOI: 10.5194/acp-9-5155–2009.

2. Аэрозоли – дисперсные системы: Монография / Чекман И. С., Сыровая А. О., Андреева С .В., Макаров В. А. / – Х.: «Цифрова друкарня №1», – 2013. – 100 с.

3. Verma S., Prakash D., Ricaud P., Payra S., Attié J.L. and Soni M. A new classification of aerosol sources and types as measured over Jaipur, India. Aerosol Air Qual. Res. 15, pp. 985–993, 2015.

4. Toledano C. et al. Airmass Classification and Analysis of Aerosol Types at El Arenosillo (Spain). Journal of applied meteorology and climatology, vol. 48, pp. 962–981, 2009.

ВИРОБНИЦТВО БІОДИЗЕЛЮ. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТУ В УКРАЇНІ

Багірова Ю. Р., студ.; Аблєєва І. Ю., ст. викл., СумДУ, м. Суми

На сьогоднішній день Україна має величезний потенціал для вироблення біопалива за рахунок поєднання кліматичних умов, аграрного сектору та доступної робочої сили. Для досягнення енергетичної незалежності Україна потребує збільшення виробництва нафти і газу, а біопаливо є екологічною альтернативою паливним природним ресурсам.

Під терміном біодизельне паливо розуміють екологічно чистий вид палива або суміш, яку отримують на основі рослинних або тваринних жирів (олій), а також продуктів їхньої (пере)етерифікації. Основною сировиною для біодизеля є жирні, рідше – ефірні олії таких культур: ріпак, соя, канола, кастор, ятрофа, пальма.

Технологія отримання вищезазначеного біологічного палива заснована на ефекті зміни їх фізико-хімічних характеристик за рахунок імпульсного багатофакторного енергетичного впливу. Тобто, до очищеної від механічних домішок олію додають метиловий спирт і луг, що є каталізатором реакції переетерифікації, а потім нагрівають отриману суміш. Після відстоювання та охолодження рідина розшаровується на дві фракції – легку і важку. Легка фракція є метиловим ефіром, важка – гліцерином. Для отримання 1000 кг (1136 л) біодизельного палива необхідно затратити приблизно 50 кВт теплової й 25 кВт електричної енергії. При цьому крім кінцевого продукту одержують 117 кг спрацьованої води й 200 кг сирого гліцерину, що застосовують у косметичній і фармацевтичній промисловості.

В Україні для виробництва біодизеля використовують переважно ріпак (хоча на внутрішній ринок йде лише 20 % врожаю). За оцінками Мінагрополітики, потенційні можливості України у вирощуванні цієї культури становлять орієнтовно 3 млн га, за середньої врожайності 15–30 ц/га. У масштабах нашої країни перероблення 75 % врожаю ріпаку забезпечить виробництво до 2,7 млн т біодизеля. Такі обсяги останнього еквівалентні за енергетичною цінністю 2,3 млн т звичайного дизельного палива, для одержання якого необхідно переробити 7,7 млн т нафти. Сприятливі умови для вирощування ріпаку є у Вінницькій, Житомирській, Івано-Франківській, Київській, Львівській, Волинській та інших областях [1].

Отже, біодизель має низку переваг порівняно з традиційними видами палива, як екологічних, так і експлуатаційних. Його застосування як моторного палива зменшує емісію практично всіх шкідливих речовин, тобто зменшується кількість викидів твердих часток, оксидів вуглецю та азоту порівняно з нафтовим аналогом. Також воно піддається практично повному біологічному розкладу, що дозволяє казати про мінімальне забруднення річок і ставків.

Список літератури:

1. Рябцев Г. Л., Бурлаков В. М., Литвиненко Є. Ю. Особливості виробництва біодизельного палива. Вісник НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського». Київ : НТУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2014. – Т. 1. – С. 1–6.

ПРОБЛЕМА УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ РОСЛИННИЦТВА

Гурець Л. Л., доцент; Фесенко О. А., студентка, СумДУ, м. Суми

Економічна та політична стабільність країни та матеріальний добробут її громадян значною мірою залежать від розвитку українського аграрного сектору. Забезпечення населення продовольством є одним з головних факторів на соціальному рівні.

На сільське господарство України припадає приблизно 10,3 % ВВП країни, і приблизно 13 % робочої сили (без сільських домогосподарств) працює у цій галузі. Станом на 2019 рік українські сільгоспвиробники постачають продукцію до 190 країн світу. Але великі обсяги виробництва відповідно спричинюють велику кількість відходів. В той же час, Національна стратегія управління відходами в Україні передбачає, що до 2030 року близько 70 % відходів має бути перероблено або повторно використано.

На сьогоднішній день відходи агропромислового комплексу не завжди знаходять застосування, хоча і є цінною сировиною.. Рослинництво України щорічно генерує великі обсяги різноманітних відходів та залишків. Частина з них використовується на внутрішні потреби сільського господарства (органічне добриво, підстилка та корм худобі), частина йде на інші виробництва, однак основна маса залишається незадіяною і підлягає утилізації. З аналізу статистичних даних можна зробити висновки про те, що основними відходами, які продукуються сільським господарством України є буряковий жом (2345800,170 т), сухі стебла кукурудзи (935878,95 т), лушпиння соняшника (792852,38 т) і солома (591 239,58 т). І лише після цих відходів за обсягами йдуть відходи переробки деревини – тирса.

Невідповідні заходи щодо поводження та врахування певних особливостей кожного виду відходів рослинництва та тваринництва можуть негативно вплинути на екологічну ситуацію в країні

В Україні існує попит на створення рекомендацій, щодо поводження з кожним видом сільськогосподарських відходів, описом Нами були розглянуті методи та технології утилізації рослинних відходів заснованих на досвіді європейських країн.

Основними напрямками були обрані: утилізація відходів в якості органічних добрив, використання відходів для відгодівлі домашніх тварин, переробка на біопаливо та використання в якості ресурсів для різних виробництв.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ПРИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ АКВАКУЛЬТУРИ

Трунова І. О., доцент; Мальцев О. Ф., студент, СумДУ, м. Суми

Аквакультура – це галузь достатньо нова в порівнянні з традиційними «наземними» галузями тваринництва, у неї більше можливостей для використання нових технологій, які сприяють подальшому збільшенню ефективності використання ресурсів.

В останні роки, аквакультура вважається найбільш швидкозростаючою світовою харчовою промисловістю, відіграючи вирішальну роль у задоволенні підвищеного попиту на тваринні білки. З огляду на той факт, що розведення риби в садках і штучних водоймах стає все більш привабливим підприємництвом, необхідно вести свою справу без шкоди для довкілля.

На сьогоднішній день екологія аквакультури направлена на збільшення продуктивності виробництва при зниженні негативного навантаження на природу. Для досягнення поставлених цілей застосовують технологічні засоби захисту довкілля або їх комплекси:

1. Запровадження штучної аерації води у водному об’єкті з метою покращення гідрологічного стану.

2. Відхід від годівлі риби зерновідходами, а вибір якісних кормів, що зменшить кількість відходів, які не вжиті рибою, а осіли на дно, призводячи до вторинного забруднення і погіршення якості води, зниження кисню та явище задухи і цвітіння.

3. Запровадження системи повторного використання води – циркуляції в системі ставок-річка.

4. Облаштування місць вилову твердим покриттям для попередження ерозійних процесів та руйнування берегів.

5. Перехід до розведення риби різних видів для комплексного використання штучної та природної кормової бази та мінімізації внутрішньовидової конкуренції з науковообгрунтованим прорахунком густини посадки кожного виду.

Останнім часом все більш популярним є напрямок аквакультури із застосуванням установок замкнутого водопостачання або рециркуляційних аквакультурних систем. Це високотехнологічний, сучасний та перспективний напрямок вирощування гідробіонтів, що дозволяє значно розширити видовий склад об’єктів аквакультури.

Одним із способів зменшення негативного впливу на довкілля є здійснення садкового риборозведення. Садкові господарства можна розміщувати безпосередньо у водоймах, у тому числі комплексного призначення, що дозволяє використовувати одні й ті ж водні ресурси як для рибництва, так і для інших галузей народного господарства. І при цьому не потрібно вилучення з обігу значних площ сільськогосподарських угідь для будівництва ставків.

ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ БУРІННЯ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ПОШУКОВИХ СВЕРДЛОВИН

Зимогляд І. А., студент; Фалько В. В., ст. викладач, СумДУ, м. Суми

Найбільш важливим завданням держави є збільшення власного видобутку вуглеводнів на основі розвитку нафтової та газової промисловості та суттєвого зростанням обсягів пошуковорозвідувального буріння свердловин, як це передбачено «Енергетичною стратегією України на період до 2035 р.». Для виконання даного завдання доцільним є розробка та застосування сучасних, ефективних методів поводження з відходами буріння.

Відходи, що утворюються при спорудженні свердловин класифікуються як «1110.2.9.01. Шлам буровий та відходи, які містять воду». Буровий шлам - дрібні частинки гірської породи, утворені при її руйнуванні в процесі буріння, які виносяться з свердловини в процесі її буріння на поверхню висхідним потоком промивної рідини, які відбираються для визначення літології розрізів свердловин і їх кореляції. Ці відходи відносяться до IV класу небезпеки - це найнижчий клас небезпечності. Втім, буровий шлам підлягає обов'язковій утилізації. Вчасна й оптимізована утилізація бурового шламу прискорює темпи будівництва, економлячи час та кошти на безперебійній роботі проммайданчиків.

Розробляються нові підходи та технології для мінімізації кількості бурового шламу та його негативного впливу. Застосування технології "фільтрувальний басейн" дає змогу повторного використання та утилізації відходів буріння. Технологія забезпечує розподіл відходів буріння на рідку та тверду фракцію, очищення розділених сумішей та їхню підготовку до повторного використання. Після флокуляційної станції буровий шлам потрапляє до фільтрувального басейну, в якому відбувається відділення води, нейтралізація токсичності хімічних речовин та утворення безпечного сухого залишку. У подальшому сухий залишок використовують для укріплення полігонів твердих побутових відходів або застосовують як сировину для ремонту дорожнього покриття, виготовлення керамічних плит т*а* інших будівельних матеріалів. Відфільтровану та очищену воду повторно використовують під час буріння нових свердловин або операцій з інтенсифікації видобутку тощо.

Таке поводження з відходами буріння знижує вплив на навколишнє середовище завдяки скороченню витрат на оренду земляної ділянки, проведення рекультивації, зменшення навантаження на родючий шар ґрунту, зменшення обсягу води для виробничих потреб, безпечний сухий залишок від бурового шламу можна повторно використовувати у інших виробничих сферах, скорочення витрат на застосування техніки, спеціального і важкого транспорту, забезпечення локалізації витоків бурового шламу розчину у разі виникнення аварійних ситуацій.

ЗАСТОСУВАННЯ БІОФІЛЬТРІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Беспала Б. В., студент; Васькін Р. А., доцент, СумДУ, м. Суми

У процесах біологічного очищення стічних вод широко застосовуються біофільтри. Очищення відбувається шляхом мінералізації органічних речовин аеробними бактеріями. Технологічно він являє собою резервуар, в якому стічні води фільтруються через завантажувальний матеріал, покритий біологічною плівкою, що складається з колоній мікроорганізмів. Активна біомаса (біоплівка) огортає окремі елементи завантаження гравію, гравію, керамзиту, тощо, у вигляді тонкого слизового шару. Проходячи зверху вниз, стічна вода являє собою тонкий шар струму навколо завантажуваного матеріалу, що контактує з біоплівкою. Повітря потрапляє в тіло біофільтра через природний протяг або він продувається вентиляторами. Знищення органічних сполук здійснюється мікроплівками з біоплівки.

Найпоширеніший тип фіксованого біоплівкового біореактора, що використовується для очищення стічних вод - крапельний. В даний час близько 70 % очисних споруд у Європі є крапельними біофільтрами. В основному це реактор з нерухомим шаром і потоком повітря та рідини. Біомаса росте на поверхні сопла у вигляді плівки. Характеристикою сопла або фільтруючого шару є велика питома поверхня для розвитку мікроорганізмів і висока пористість, що забезпечує необхідні газодинамічні властивості шару та полегшує проходження через нього повітря та рідини.

Під час просочування стічних вод через матеріал фільтруючого шару відбувається низка послідовних процесів:

1) контакт біоплівки, що розвивається на поверхні частинок фільтруючого матеріалу;

2) сорбція органічної речовини поверхнею мікробних клітин;

3) окислення стічних речовин у процесах мікробного обміну.

Забруднена вода, проходячи через фільтр, залишає нерозчинені домішки, які не осідали в первинному осаднику, а також колоїдні та розчинені органічні речовини, сорбовані біологічною плівкою. Колонії мікроорганізмів, харчуючись речовинами органічного походження, отримують енергію для життя. Деякі органічні речовини використовуються мікроорганізмами як матеріал для збільшення їх кількості. Таким чином, відбувається одночасно і очищення стічних вод і збільшення колонії. Необхідний для біохімічного процесу кисень повітря надходить у товщу завантаження шляхом природної та штучної вентиляції фільтра.

Мікрофлора біоплівки розкладає органічні речовини, використовуючи їх як джерело енергії. Мертву біологічну плівку відшаровують, промивають проточною стічною водою і видаляють. В якості завантаження використовуються матеріали з високою пористістю, низькою щільністю,

високою питомою поверхнею (щебінь, гравій, шлак, керамзит, металеві та пластикові решітки, загорнуті в ролики). Під час перерви між циклами зрошення ємність сорбенту біоплівки відновлюється.

У біофільтрі відбувається постійне зростання і вимирання біоплівки. Мертву біоплівку промивають струменем очищеної води і виймають з біофільтра. Очищена вода потрапляє в осад, де виділяється з частинок біоплівки, а потім скидається в резервуар. Процес окислення органічної речовини супроводжується виділенням тепла. Великі установки можуть працювати при негативних зовнішніх температурах. Однак температура всередині шару фільтра не повинна бути нижче 6°С.

Навантаження органічної речовини на фільтр становить 0,06-0,12 кг БПК $м^3$ на добу. Для збільшення навантаження без збільшення поверхні біофільтра використовується метод обробки з рециркуляцією відходів або подвійний режим фільтрації.

Мінерали в біофільтрах замінені пластиком з початку 1980-х років, що забезпечує високу пористість та кращі гідродинамічні властивості шару при високих значеннях питомої поверхні шару фільтра. Це дозволило побудувати біореактори великої та малої потужності та очистити промислові стічні води з високою концентрацією забруднюючих речовин. Питома площа пластикових форсунок, що використовуються для швидкої фільтрації, більша, ніж площа гравійних біофільтрів.

Важливою умовою ефективної роботи біофільтрів є ретельна попередня очистка стічних вод від зважених частинок, які можуть засмітити розподільчу установку. Несприятливим моментом у роботі біофільтрів є ймовірність затоплення, розмноження мух на поверхні, неприємний запах в результаті надмірного створення мікробної біомаси.

Основним недоліком конструкції є надмірне зростання мікробної біомаси. Це засмічує біофільтр і призводить до несправності системи очищення. Системи рециркуляції усувають негативні сторони біофільтрів. Нещодавно запропонована модифікація - це установка зі змінною подвійною фільтрацією.

На ефективність очищення стічних вод у біофільтрах впливають:

– величина БПК очищуваних стічних вод;
– характер забруднення;
– швидкість окислення;
– інтенсивність дихання мікроорганізмів;
– товщина біоплівки;
– склад мікроорганізмів;
– температура стічних вод.

Біофільтри можна рекомендувати застосовувати на міських очисних спорудах в якості додаткової ланки очищення стічних вод. Наприклад, нами було розраховано параметри крапельного біофільтра для очисних споруди м. Ромни Сумської області.

АНАЛІЗ ЗМІН КЛІМАТУ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Васькіна І. В., старший викладач, СумДУ; Мельник О. С., доцент;
Шерстюк М. Ю., старший викладач, СНАУ, м. Суми

На початку XXI століття зміни клімату було визнано головним викликом для глобального розвитку який несе потенційну загрозу світовій економіці та міжнародній безпеці: забезпечення їжею, питною водою, стабільне існування екосистем, ризики для здоров'я та життя людей. Наслідки зміни клімату є помітними вже сьогодні в багатьох куточках земної кули. Ці зміни торкаються не тільки природи, але й і значною мірою, впливають на життя, здоров'я та добробут людей. Питання впливу наслідків зміни клімату та ступеня вразливості екосистем до них мають велику актуальність для України, особливо у розрізі її Угоди про асоціацію ЄС.

Хоча зміни клімату є глобальною проблемою, їх вплив здебільшого помітний на місцевому рівні. Клімат Сумщини характеризується як помірно-континентальний (з коефіцієнтом континентальності 45 %) і відповідає рисам клімату лісостепової зони України. Однак, згідно проведених Сумським обласним центром з гідрометеорології в останні роки на Сумщині клімат змінюється.

Зміну клімату характеризують річною температурою повітря. Помірно-континентальний клімат нашої області поєднує в собі додатні і від'ємні середньодобові температури повітря протягом року. Середня річна температура повітря у 2019 році становила 8,5–9,5 ºС що на 2,5–3 ºС вище за річну норму. У середньому за останнє десятиріччя майже в усі місяці середня місячна температура повітря виявилася на 1–2,5ºС вищою за норму, лише в лютому – близькою до кліматичної норми. Найбільший приріст температури повітря на 2-2,8 ºС відбувся в січні та липні.

Кліматичні зміни відбулися і по сезонах року. Весна, як правило, настає на 2 тижні раніше, ніж звичайно, тривалість її в середньому також збільшилася, але наростання тепла на її початку відбувається повільно, часто повертаються холоди та інтенсивні снігопади. Літо зазвичай жарке, з меншою за норму кількістю опадів. В той же час у літній період збільшилася кількість меридіональних вторгнень холодного арктичного повітря, що спричиняє зростання інтенсивності таких явищ погоди, як шквали, сильні зливи, град. Осінь зазвичай довга і доволі тепла. Далі настає коротша ніж раніше, дуже нестійка, як правило, тепліша за норму, з частими відлигами і різкими коливаннями температури повітря зима. На загальному підвищеному температурному фоні зими з температурами повітря близькими або дещо нижчими за норму вже сприймаються людьми, як щось надзвичайне.

Середньорічна температура повітря за останні двадцять років у виросла на 0,6–1,0 ºС відносно кліматичної норми (1961–1990 рр). Найбільший внесок у зміну річної температури в регіоні мали зимовий та

літній сезони. Їх середня температура зросла, відповідно, на 1,6 ºС та 0,8 ºС. Середня температура весни на Сумщині виросла на 1,3 ºС.

Зростання середньорічної і місячної температури супроводжується збільшенням максимальної та мінімальної температури повітря впродовж усього року. При цьому в холодний період відмічається суттєве зростання мінімальної температури, а в теплий – максимальної. Така зміна екстремальних температур привела до зменшення місячної амплітуди температури і континентальності клімату у холодний період і збільшення в теплий.

Зміна термічного режиму в регіоні супроводжується зміною режиму зволоження. Річна сума опадів в регіоні не змінилась, але відбувся їх перерозподіл між сезонами: взимку на 10-20 % менше, а восени на 12-22 % більше. В той же час влітку спостерігається зростання посушливості, зумовлене значним підвищенням температури і зменшенням опадів, особливо на півночі Сумської області.

Підвищення температури і зменшення опадів у теплий період зумовило зростання кількості днів з надзвичайною пожежною небезпекою.

Зростання температури спостерігається не лише біля земної поверхні, а й в нижніх шарах тропосфери і супроводжується збільшенням вологовмісту. Ці зміни привели до зростання швидкості висхідних потоків, підвищення рівня конденсації та рівня конвекції, збільшення нестійкості атмосфери. Внаслідок таких змін зросла кількість та інтенсивність сильних злив, граду, шквалу, смерчів, збільшилося число днів з грозою. У холодний період значне підвищення температури привело до збільшення випадків з налипання мокрого снігу небезпечного діаметру.

За інформацією Сумського гідрометцентру, за коефіцієнтом температури і вологості ми перейшли в зону північного кордону напівпустелі або савани, характерну для турецької Анталії або американських Анд, зараз коефіцієнт дорівнює 0,5 (раніше дорівнював 1). Клімат і надалі буде змінюватися в екстремальну сторону. Кількість бур і шквалів буде збільшуватися. Дощів буде менше за кількістю, але не за обсягом вологи – величезні потоки будуть виливатися в короткі проміжки часу, приводячи до підтоплень та заторів на дорогах.

В Україні державна політика у сфері зміни клімату базується на Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року, схваленої Кабінетом Міністрів України в грудні 2016 р. З метою протидії кліматичним змінам та адаптації до них існує необхідність у розробленні та реалізації заходів на мфсцевому та глобальному рівні.

Даний аналіз проведено у рамках реалізації проєкту Erasmus+ Jean Monnet Chair «EU Climate Leadership» 620031-EPP-1-2020-1-UA-EPPJMO-CHAIR.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ БУРІННЯ ПІДПРИЄМСТВ НАФТОГАЗОВИДОБУВАННЯ

Лисянський В. С., студент; Фалько В. В., ст. викладач, СумДУ, м. Суми

Нафтогазова промисловість є енергетичною основою для сталого економічного і соціального розвитку держави. Україна має досить високу- понад 50 % - частку споживання нафти і газу в загальному балансі споживання первинних енергоресурсів [1].

Основним аспектом проведення робіт з видобутку нафти та газу є максимальне збереження стану навколишнього середовища. Нафтова промисловість за рівнем впливу на навколишнє середовище займає одне з перших місць серед провідних галузей зважаючи на утворення великої кількості гетерогенних відходів. Одним з них є нафтовий шлам (нафтошлам) – колойдная система з високомолекулярних сполук нафти, мінеральних частинок різного складу і пластової води. Це самий великотоннажний відхід нафтовидобувної і нафтопереробної промисловості, що відрізняється складністю хімічного складу і знаходиться в процесі постійної трансформації [2].

Нажаль, щорічно нафтогазовидобувними підприємствами утворюється понад 1 млн. т нафтошламів та нафтозабруднених ґрунтів, а всього в Україні понад 3 млн. т. Тому всі об'єкти по видобутку нафти та газу можна вважати об'єктами підвищеної екологічної небезпеки. Накопичений величезний обсяг нафтошламів не тільки займає значну площу, але і забруднює грунт, воду і повітря.

Відходи нафтогазвидобування займають десятки гектарів територій, які виведені з господарського обороту, і характеризуються екологічною, пожежною та санітарно-гігієнічною небезпекою. При попаданні нафтошламів в ґрунт відбуваються незворотні зміни його фізичних, фізико-хімічних і мікробіологічних властивостей. Це призводить до втрати забрудненими ґрунтами родючості і відторгненню площ із сільськогосподарського використання.

Утилізація нафтошламів впливає на навколишнє середовище, оскільки шлам може містити шкідливі компоненти, такі як патогенні організми, органічні сполуки, важкі метали і надлишок фосфору і азоту. Залежно від методу утилізації ці ефекти можуть бути негайними або з затримкою за часом і нелінійними. Переробка та утилізація нафтошламів спрямована на використання рентабельних та екологічно безпечних технологій, застосування типового обладнання та безвідходної технології очищення та утилізації [3].

Аналіз літературних джерел показав, що на сьогодні розроблено достатньо методів і технологій переробки нафтошламів, проте широкого практичного застосування вони не отримали. Вибір методу переробки і

знешкодження нафтових шламів, в основному, залежить від кількості нафтопродуктів, що містяться в шламі [1].

Використовується обмежене число методів утилізації, в основному біологічний і термічний.

Одним з найбільш ефективних і широко використовуваних способів переробки нафтовмісних відходів є термічний. Для спалювання нафтошламів широко застосовуються печі різних типів і конструкцій: камерні, барботажні, многоподові, обертові і печі з киплячим шаром. Термічний метод дозволяє спільно з нафтошламами спалювати забруднені фільтри, промаслене ганчір'я, тверді побутові відходи. Утворені при цьому вторинні відходи відносяться до 4 класу небезпеки і підлягають вивезенню на полігони поховання. Обсяг вторинних відходів порівняно з початковим зменшується до 10 разів [3].

Існує три основні методи високотемпературного знешкодження нафтошламу: спалювання, піроліз, газифікація.

Утилізація термічним способам нафтошламу проводиться на різних установках, призначена для утилізації нафтозабрудненого сміття, деревних відходів і невеликої кількості нафтошламу [4]. Так, установка безперервного піролізу вуглеводневмісних відходів здатна в автоматичному режимі переробляти великі обсяги нафтошламів незалежно від їх складу, переробці піддаються також мулові опади очисних споруд, нафтозабруднені грунти і грунти, замкнутий цикл охолодження продукту не вимагає постійного підживлення води.

Отже, термічні методи мають наступні переваги: відсутність дорогих стадій поділу; можливість переробки сировини з високою зольністю; відмова від використання розчинників і мікроорганізмів; відсутність відходів і продуктів, що вимагають утилізації.

Для дотримання вимог екологічної безпеки для утилізації відходів буріння на підприємствах нафтогазвидобування доцільне використання термічних методів.

Список літератури

1. Електронний ресурс – http://uazakon.com/big/text999/pg1.htm Довідково-методичні настанови щодо застосування ДК 005-96 «Класифікатор відходів».

2. Матвєєва О.Л., Д.О. Демянко, І.О. Огданська Аналіз проблем та перспектив використання методів очищення нафтовмісних стічних вод. Інститут екологічної безпеки НАУ, Київ, 2011. – с.181-186

3. Аблєєва І. Ю., Пляцук Л. Д., Будьоний О. П. Дослідження складу та структури бурового шламу з метою обґрунтування вибору методу його подальшої утилізації. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського, 2014. – с. 85-96.

4. Петрук В. Г., Васильківський І. В., Кватернюк С.М., Турчик П.М., Іщенко В.А., Петрук Р.В. Управління та поводження з відходами. Частина 2. Тверді побутові відходи : навч посіб. Вінниця, 2015. 100 с.

АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ДИГЕСТАТУ

Аблєєва І. Ю., старший викладач; Бережна І. О., аспірантка;
Бережний Д. М., аспірант, СумДУ, м. Суми

Сучасний розвиток сільськогосподарської галузі неможливий без використання добрив. Втрата органічної речовини та зменшення біологічного різноманіття є одними з основних загроз якості ґрунтів. Це спричинено невідповідною сільськогосподарською практикою, надмірним очищенням угідь від рослинності, зменшення її різноманітності, підвищеним рівнем виникнення посух, повеней, лісових пожеж, нерівномірним випадінням опадів за короткий проміжок часу, ущільненням та забрудненням ґрунтів. Натомість, земля без рослинності може розмиватися більш ніж у 120 разів швидше, ніж земля, вкрита рослинністю, які таким чином можуть втратити менше 0,1 тонни ґрунту на га за рік [1].

Нерідко, землекористувачі зупиняються на виборі саме мінеральних добрив. Це обумовлено простотою внесення в ґрунт, сталим хімічним складом, універсальністю, тобто можливістю використовувати для підживлення різних видів рослин, тощо. За даними Державної служби статистики України під урожай 2019 року внесено в ґрунт 21424,7 тис. ц мінеральних добрив, які переважно були імпортовані.

Дигестат біогазових установок (відпрацьований субстрат) може бути цінним ресурсом для підтримки або поновлення родючості ґрунтів в Україні та зробити значний внесок в заміщення імпортованих мінеральних добрив. Хімічний склад дигестату досить близький за складом до органо-мінеральних добрив, але слід брати до уваги той факт, що склад основних його елементів може суттєво змінюватися в залежності від складу субстрату.

Дигестат містить ряд поживних речовин, таких як: азот: 2,3–4,2 кг/т, фосфор: 0,2–1,5 кг/т, калій: 1,3–5,2 кг/т, ряд мезо- і мікроелементів, що грають істотну роль в розвитку культур (Ca, Mg, Mn, B, Fe). Окрім цього, дигестат містить органічний вуглець, у тому числі в складі гумінових речовин (1–3 % по масі), має високу частку доступного для рослин азоту (до +10…70 % у порівнянні з не зброженими матеріалами), оптимальне для ґрунту співвідношення C:N, оптимальне для ґрунту значення показника pH 6,8–7,5, містить активні популяції бактерій, що сприяють розпаду органіки в ґрунті.

Не зважаючи на високу цінність дигестату, у більшості випадків виникають складнощі з утилізацією та подальшим його застосуванням. Основною перешкодою на шляху подальшого застосування та комерціалізації дигестату є змінність його фізико-хімічних характеристик, що обумовлюється комбінацією різних факторів, наприклад, змінність складу вхідної сировини та обсягів їх внесення в біореактори протягом року, складність контролю біохімічних процесів анаеробного бродіння, постферментаційна біологічна та хімічна активність утворюваного дигестату,

зберігання та транспортування дигестату для використання на полях за межами розміщення установок.

Кількість дигестату, що утворюється неможливо використати виключно на сільськогосподарських угіддях одного підприємства-виробника, а у випадку продажу його іншим підприємствам необхідно проводити сертифікацію окремо для кожної партії дигестату. Більш того, у разі безперервного режиму роботи біогазових реакторів дигестат утворюється цілий рік, а вноситься у ґрунт переважно перед посівними роботами, що й обумовлює необхідність його довготривалого зберігання, тому ефективно проводити зменшення його об'єму.

Найпоширеніший з таких способів це розділення дигестату на тверду та рідку фази з подальшими перетвореннями окремої фази [2]. Рідка фаза реалізується на ринку складно, або вноситься у ґрунт без відповідних розрахунків. Рідка фракція потребує видалення зайвої вологи, наприклад, шляхом мембранної фільтрації, концентрування, центрифугування тощо.

А от його тверду фракцію можна використовувати як добавку до того ж компосту. Дигестат може бути висушений, гранульований. Також його зручно поєднувати з іншими відходами або органічними продуктами, як, наприклад, деревними стружками, тирсою.

З метою сприяння комерціалізації дигестату в Україні необхідно впровадити ряд заходів, серед яких:

– внесення терміну «дигестат» в українське законодавство, що охоплював би різні види сировини, та надання можливості розміщувати його на ринку;

– впровадження схеми добровільної сертифікації дигестату на основі європейської схеми ECN-QAS;

– встановлення державних норм та вимог щодо виробництва, торгівлі, застосування та рекламування органічних добрив загалом, і дигестату зокрема;

– розгляд можливості підтримки споживачів дигестату, за умови фактичного заміщення мінеральних добрив (програми субсидіювання, податкові пільги, та інше);

– популяризація використання дигестату серед потенційних груп споживачів, зокрема за допомогою програми навчальних заходів.

Список використаних джерел

1. A. Turbé, A. De Toni, P. Benito, P. Lavelle, P. Lavelle, N. Ruiz, W.H. Van der Putten, E. Labouze, S. Mudgal. Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, report for European Commission (DG Environment). 2010.

2. Аблєєва І.Ю., Бережний Д.М., Бережна І.О. Критичний аналіз технологій зневоднення дигестату. 6-й міжнародний молодіжний конгрес Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. енергоощадність. Збалансоване природокористування. 2021. С. 274.

ОЗЕЛЕНЕННЯ ЯК ЗАСІБ ПОЛІПШЕННЯ ПРИРОДНОГО КАРКАСУ УРБОЕКОСИСТЕМ

Бойко А. А., студентка; Пляцук Л. Д., професор;
Батальцев Є. В., асистент, СумДУ, м. Суми

У містобудуванні озеленення є складовою частиною загального комплексу заходів по плануванню, забудові та благоустрою населених пунктів. Сьогодні проблема озеленення міст стоїть досить гостро. В цілому, в усьому світі робляться значні зусилля з озеленення та благоустрою міських територій.

В Україні зелені зони знаходяться в катастрофічному стані. Озеленені території, як система озеленення міста в цілому, так і її окремі елементи, істотно впливають на планувальну структуру, на найважливіші показники якості навколишнього середовища, на психологічний та емоційний стан людини та її сприйняття як планувальних та об‘ємно-просторових архітектурних композицій, природного оточення місцевості. Зелені насадження активно очищують атмосферне повітря, кондиціонують його, знижують рівень шуму, перешкоджають виникненню несприятливих вітрових режимів. Крім того, зелені насадження в містах благотворно діють на емоційний стан людини. Виробнича діяльність людини, спрямована на поліпшення власних умов існування, досить серйозно відбивається на природних комплексах, таких як парки, сквери.

У зв‘язку з цим виникає потреба в практичних заходах. Для ефективного вирішення проблеми забезпечення чистоти повітряного басейну необхідний комплексний підхід. При цьому площа зелених насаджень загального користування залежить від типу міста та кількості населення.

Система озеленення розглядається як складова частина комплексу заходів щодо захисту та охорони благоустрою міст.

Поліпшити умови життєдіяльності зелених насаджень в містах, продовжити терміни їх ефективного функціонування можна, домагаючись збереження екологічної рівноваги, гармонійного і цілеспрямованого розвитку урбанізованих територій і природного середовища. Така рівновага заснована на відповідності ряду факторів: видового складу насаджень природно-кліматичним умовам; функціонального призначення озеленених територій – їх розмірам, характеру та особливостей; рівня благоустрою озелененого простору – інтенсивності його використання тощо.

Актуальність проблеми озеленення визначається несприятливою екологічною ситуацією в великих промислових центрах містах, що склалася під впливом техногенних навантажень, що визначають модифікацію навколишнього середовища. Це призводить до змін властивостей окремих біотичних компонентів і в підсумку – якості життя населення. Тому важливим елементом природного каркасу урбоекосистем і засобом поліпшення його містобудівних якостей виступає система озеленення.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АЕС

Батальцев Є. В., завідувач навчальної лабораторії, СумДУ, м. Суми

Атомні електростанції України забезпечують близько 55 % потреби нашої країни в електричній енергії, а в осінньо-зимові періоди цей показник сягає 70 %. За підсумками 2018 року вона посіла третє місце у світі за часткою електроенергії АЕС в загальному обсязі виробництва енергії в країні. Дотримання відповідних норм на цих підприємствах є необхідною умовою забезпечення екологічної безпеки, як України, так і інших країн, оскільки аварії на АЕС є глобальними катастрофами.

Екологічна безпека – стан захищеності навколишнього середовища, життя і здоров‘я громадян від можливого шкідливого впливу господарської, надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру.

Заходи, що знижують негативний вплив на навколишнє середовище на стадії будівництва АЕС:

- благоустрій будівельних кар‘єрів;
- пиловловлювання;
- зволоження відкритих складів і доріг в літній час;
- установка місцевої вентиляції і очищення викидів;
- розроблення оптимальної схеми руху транспорту тощо.

Основними факторами потенційного впливу АЕС на навколишнє середовище в період експлуатації є: радіаційне, теплове, хімічне (скидання солевмісних вод у відвідний канал діючої АЕС і випадання солей на ґрунт з градирень). Відзначається також незначний вплив електромагнітного випромінювання, шуму (в основному від транспорту), викидів в атмосферу домішок від допоміжних будівель і споруд, які не виходять за межі проммайданчика АЕС.

Основні цілі забезпечення екологічної безпеки:

– захист персоналу АЕС, населення та навколишнього середовища від радіологічної небезпеки за рахунок створення й підтримки на АЕС ефективних заходів захисту (зниження ризику);

– забезпечення при нормальній експлуатації і аваріях неперевищення доз опромінення на станції та викидів радіоактивних речовин на розумно досяжному низькому рівні (радіаційний захист);

– запобігання проектним аваріям і ослаблення наслідків проектних і запроектних аварій, необхідність контролю розвитку та наслідків таких аварій (технічний захист).

НАЕК «Енергоатом» (оператор українських АЕС) у своїй діяльності послідовно і цілеспрямовано виконує зобов‘язання, що випливають з Конвенції про ядерну безпеку, враховує рекомендації положень та настанов з безпеки МАГАТЕ, а також положення і принципи документів Міжнародної групи з ядерної безпеки.

ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МЕТОДОМ ЕКСТРАКЦІЇ

Науменко Л. С., студентка; Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

Робота присвячена актуальній проблемі очищенню стічних вод шляхом екстракції. Адже вода – є одним з найважливіших елементів зовнішнього середовища. Вона має велике значення для задоволення фізіологічних, санітарно-гігієнічних та господарських потреб людини. Екстракційний метод є одним із ефективних способів очищення стічних вод.

Екстракція – це фізичний метод розділення компонентів гомогенної суміші, що ґрунтується на неоднаковому рівноважному розподілі компонентів між двома фазами, які утворюються в разі введення допоміжного розчинника – екстрагента. Під час екстракції розчинник повинен перебувати в рідкому стані. Суміш, що підлягає екстракційному розділенню, в загальному випадку може бути газоподібною, твердою або рідкою.

Розділення стічної води на компоненти екстракційним методом принципово можна здійснити двома способами: 1) екстрагуванням розчиненої речовини (або групи однотипних речовин) з води; 2) екстрагуванням води з розчину. Як екстрагенти можуть застосовуватися органічні розчинники – етілацетат, бутілацетат, бензол, толуол.

При очистці води методом екстракції можлива рекуперація вилучених компонентів.

Для кожної речовини існує концентраційна межа рентабельності вилучення її зі стічної води методом екстракції. Загалом, для більшості органічних речовин можна вважати, що при концентрації вище 3–4 г/дм^3 їх доцільніше вилучати екстракцією, ніж методом адсорбції. При концентраціях менше 1 г/дм^3 екстракцію слід використовувати тільки в окремих випадках.

Очистка стічних вод методом екстракції складається з трьох стадій:

– дозування екстрагенту (органічного розчинника) та інтенсивне його перемішування з стічною водою (утворюються дві фази: екстракт, який містить речовину, що вилучається, і екстрагент, а також рафінат, який містить стічну воду і частину екстрагенту);

– розшарування екстракту і рафінату;

– регенерація екстрагенту із екстракту і рафінату.

Екстрагент, який використовується для очистки стічних вод, повинен відповідати таким вимогам: розчиняти речовину, яка вилучається, значно краще, ніж вода, тобто володіти високим коефіцієнтом розподілу ($k = C_o/C_B$); володіти високою селективністю розчинення необхідних речовин та високою розчинністю цих речовин; мати низьку розчинність у стічній воді і не утворювати стійких емульсій; густина екстрагенту повинна якомога більше відрізнятись від густини стічної води (для прискорення розшарування); володіти високим коефіцієнтом дифузії, що прискорює швидкість масообміну (а відтак і екстракції); регенеруватись простим і дешевим способом; мати температуру кипіння, яка значно відрізняється від

температури кипіння речовин, що вилучаються, а також мати невелику питому теплоту випаровування і невелику теплоємність; не взаємодіяти з вилученою речовиною; по можливості не бути шкідливим, вибухо- і вогненебезпечним, не викликати корозії обладнання, мати невелику вартість.

При наявності в стічних водах декількох домішок, доцільно вилучати екстракцією спочатку один компонент (найбільш цінний або токсичний), а потім, за необхідністю, інші. При цьому для кожного компоненту може бути використаний різний екстрагент.

Технологічний процес екстракції складається з двох послідовних операцій: 1) вилучення компонентів з очищуваної води (сама екстракція), 2) регенерація екстрагента (його відокремлення від екстрагованих речовин).

Для успішного протікання процесу екстракції екстрагент повинен мати наступні властивості: 1) мати гарну екстрагуючу здатність стосовно речовини, що вилучається, тобто високий коефіцієнт розподілу; 2) володіти певною селективністю - здатністю екстрагувати із складної водної системи одну або певну групу речовин; 3) відрізнятися малою розчинністю у воді (з іншого боку, вода повинна мало розчинятися в екстрагенті); 4) помітно відрізнятися щільністю від щільності води, що забезпечує швидкий і повний розподіл фаз; 5) мати температуру кипіння, що значно відрізняється від температури кипіння екстрагуючої речовини, що забезпечує легкість їхнього розділу; 6) не взаємодіяти з екстрагуючою речовиною, матеріалом апаратури і не піддаватися помітному гідролізу; 7) мати невелику питому теплоту випару й малу теплоємність, що дозволяє знизити витрати пари й охолодної води; 8) мати можливо меншу вогненебезпечність, вибухонебезпечність і токсичність; 9) мати низьку вартість.

Нами розроблений метод екстракції масел, у якості екстракту розчинник має параметри знебарвлення високого ступеня очищення. У подібних процесах в наш час використовується розчинник Нефрас-65, проведені дослідження дозволяє отримати розчинник пентан – гексанової фракції яка повністю відповідає параметру Нефрас-65. Однак отриманий результат по очищенню рослинної олії показав високий ступінь очищення і відсутності кольору в продукції.

Порівняно з іншими непрямими методами вилучення з водних розчинів органічних речовин, які ґрунтуються на використанні додаткових компонентів, – адсорбцією, іонним обміном, відгонкою з парою (азеотропна відгонка), – доцільність застосування екстракції визначається передусім економічними міркуваннями. Найчастіше доводиться вибирати між екстракцією та адсорбцією, оскільки ці процеси придатні для видалення зі стічних вод одних і тих самих речовин. Вибір того чи іншого методу повинен ґрунтуватися на зіставлянні технологічної ефективності двох процесів за конкретних умов. межа рентабельності екстракції визначається загальними витратами на процес, які залежать від вартості екстрагента, його витрати, цінності вилучених продуктів тощо.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ПРИ РОБОТІ МИЙОК САМООБСЛУГОВУВАННЯ

Трунова І. О., доцент; Бондаренко К. М., студент, СумДУ, м. Суми

Забруднення навколишнього середовища є одною з головних проблем екології міста. В даний час потужним джерелом забруднення навколишнього середовища є автотранспорт.

Автомобіль має значну потребу у сучасному житті. Як наслідок, кількість автомобілів значно збільшується з кожним роком, а з цим збільшуються й вимоги до технічного стану та зовнішнього вигляду автомобіля, тому кількість автомийок значно збільшується. В Україні понад 9,2 млн транспортних засобів, 6,9 млн з яких припадає на легкові машини.

Очисні споруди для автомийок самообслуговування є необхідними при відкритті будь-яких автомийок в Україні, так як склад стічних вод автомийки включає значну кількість таких забруднень як: механічні домішки; нафтопродукти; моторні масла; асфальт; пісок; солі важких металів; різні види палива; миючі речовини.

Якщо не проводити очистку стічних вод автомийки, то шкідливі речовини які утворюються під час мийки автомобіля можуть потрапити в водойми або навіть в системи центрального водопостачання. За одну добу на автомийках змивають десятки кілограм глини та піску з нафтопродуктами та маслами. Для змивання бруду використовують багато води зі спеціальним миючим засобом. Очищення стоків автомийок дозволяє використовувати оборотне водопостачання для миття машин.

При виборі або проектуванні очисних споруд стічних вод від забруднюючих речовин для автомийок самообслуговування керуються такими критеріями:

1. Обсягом води яка застосовується під час мийки автомобіля.
2. Розмірам приміщення де буде знаходитись обладнання, особливостями території і ґрунту. Залежно від цих показників підбираються або індивідуально розробляються системи водоочищення.
3. Куди будуть скидатися стоки. Якщо вода скидається в каналізацію, то очисні установки для автомийки можуть складатися із звичайних відстійників і простих фільтрів. При повторному використанні води буде потрібно додатково встановити систему зворотного осмосу або фільтри для очищення, знешкодження і дезодорування відпрацьованого середовища.
4. Місце монтажу. Відстійники встановлюються нижче рівня землі, флотаційні апарати монтуються на поверхні.
5. Технологія очищення води для автомийки (реагентна, флотація, фільтрація).
6. Наявність антикорозійного покриття на обладнанні мийки так як під час реакції хімічних реагентів вода буде чинити негативний вплив на поверхні обладнання.

МАЛІ ГЕС І ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА

Кузьміна Т. М., доц.; Плужник О. М., студент, СумДУ, м. Суми;
Бабко Р. В., с.н.с., Інститут зоології НАНУ, м. Київ

Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) є важливою складовою забезпечення сталого розвитку країн і одним з пріоритетних напрямків розвитку світової енергетики. Джерелами відновлюваної енергії є природні ресурси, які відновлюються природним шляхом – сонячне світло, вітер, геотермальні джерела, потоки води. Однак не всі з наведеного вище переліку джерел енергії можна з рівними підставами вважати відновлюваними, якщо оцінювати наслідки їх використання з застосуванням *екологічних* критеріїв. Передусім це стосується гідроенергії, джерела якої є дуже різноманітними і в різній мірі вразливими до впливу людської діяльності, зокрема, до використання їх для отримання електроенергії. Якщо, наприклад, використання енергії припливів-відпливів у морях не призводить до значного впливу на їх екосистеми через дуже велику різницю розмірів екосистем і зон впливу гідроспоруд, то у випадку експлуатації річок як джерел гідроенергії має місце вплив, що докорінним чином змінює річку.

Інформація про зміни річкових екосистем внаслідок зарегулювання річок греблями – втрата рибних запасів, зниження якості води – вже понад півстоліття публікується у статтях, підручника і т.п. Проблема полягає у відсутності комунікації між екологами з одного боку і представниками технічних наук, влади та бізнесу – з іншого. Для перших доведеним фактом є незворотні втрати річковими екосистемами їх якості (поки річка залишається зарегульованою, триває процес деградації річкової екосистеми). Для других залишається істиною «відновлюваність» річок, хоча зменшення їх водності, яке відзначається протягом останніх років, дає підстави для сумнівів і зменшує інвестиційну привабливість проектів малої гідроенергетики.

У цивілізованому світі відбуваються поступові переоцінки цінностей і наближення до розуміння необхідності збереження та відновлення природного стану річкових екосистем. Екологічна політика країн Євросоюзу диктує необхідність запровадження дружніх до довкілля технологій. Це, в свою чергу, вимагає додаткових витрат, що робить реалізацію проектів, таких як спорудження малих ГЕС, недоцільною, або повністю перешкоджає їх розробці [1].

Україна, приєднавшись до Європейського Енергетичного співтовариства, взяла на себе міжнародні зобов'язання розвивати відновлювальну енергетику. Водночас, процес євроінтеграції України передбачає і забезпечення екологічно збалансованої політики щодо використання водних ресурсів. Зокрема, Україною почали впроваджуватися принципи, закріплені у Водній рамковій директиві ЄС, згідно з якими метою політики у галузі управління водними ресурсами є досягнення їх доброго і відмінного екологічного стану. На відміну від країн Євросоюзу, де

визнається, що гідроенергетика є потенційно небезпечною для навколишнього середовища технологією електрогенерації і тому її розвиток має обмежуватися [1], в Україні в останні десятиліття стимулюється відновлення малої гідроенергетики, яке базується на даних щодо гідроенергетичного потенціалу малих та середніх річок, отриманих ще в 1960-х роках, і не супроводжується ні науковими дослідженнями малих і середніх річок, ні аналізом впливу діючих малих ГЕС на довкілля [2].

Наслідки впливу малої ГЕС на екосистему річки добре простежуються на прикладі річки Псел на ділянці русла між смт. Низи та м. Суми, яка з 1957 р. перебуває під впливом Низівської ГЕС і являє собою руслове водосховище (табл. 1).

Таблиця 1 – Оцінка стану річки Псел на ділянці, яка перебуває під впливом Низівської ГЕС. За референційні значення прийнято величини показників, зареєстровані на ділянці вище руслового водосховища.

Показник	Відхилення від референційного значення	Стан екосистеми річки
Чисельність організмів макробентосу (молюски)	92 %	дуже поганий (V клас)
Швидкість течії	86 %	поганий (IV клас)
Прозорість води	75 %	поганий (IV клас)
Концентрація O_2 у придонних шарах води	67 %	поганий (IV клас)

Таким чином, створення малоефективної (з точки зору отримання електроенергії) Низівської ГЕС за понад 60 років її існування на річці Псел виявилося дуже ефективним з точки зору впливу на екосистему річки, оскільки призвело до зниження показників екологічного стану з відмінного (I клас) до поганого (IV клас) і дуже поганого (V клас), що має прояв у падінні якості води, втраті водних біологічних ресурсів і зниженні самоочисної здатності екосистеми річки. Отже, враховуючи незначний внесок малої гідроенергетики у загальну кількість отриманої електроенергії (в Україні за прогнозними оцінками частка малої гідроенергетики до 2050 року складатиме від 0,16% до 0,28%), а також значний негативний вплив ГЕС на екологічний стан річок, політика підтримки розвитку малої гідроенергетики в Україні виглядає невиправданою і потребує перегляду.

Список використаних джерел

1. Гідроенергетика в енергетичній політиці Європейського Союзу / Д.В. Гулевець, Г.К. Веремійчик та ін. – Київ: Вид-во «Фенікс», 2018. – 24 с.

2. Власюк Ю.С., Стефанишин *Д.В*. Про проблеми та перспективи малої гідроенергетики *в* Україні // Математичне моделювання в економіці. – 2018, № 1. – С. 126-138.

АДСОРБЦІЙНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Білоус О. О., Захарова В. А., студенти;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

Погіршення якості води в поверхневих і підземних джерелах і підвищення вимог до води, що подається для питних потреб населенню, примушує шукати можливість вдосконалення методів її очищення. Водний чинник відіграє важливу роль у формуванні здорового місця існування людини. Від його прямої або непрямої дії залежать умови життя і здоров'я населення. Основну кількість питної води для забезпечення населення міста отримують з річок і інших природних водойм. Із-за антропогенного впливу більшість поверхневих джерел води виявляються забрудненими. В результаті скидань промислових і зливових стоків, у воді водойм з'являються важкі метали. Причому йдеться про істотні перевищення встановлених нормативів (ГДК). Адсорбційні технології є одним з найперспективніших і прогресивніших напрямів водоочищення. Ці процеси включають підбір сорбентів, які дозволяють досягти необхідного ступеня очищення, дослідження (за необхідності) процесів їх модифікування, встановлення оптимальних умов адсорбційного очищення стоків, визначення методів відділення та регенерації відпрацьованих сорбентів.

Активоване вугілля. Органічні речовини з води можна вилучати за допомогою активованого вугілля: вода проходить крізь плівку вугілля або до води додають подрібнений порошок. Вугілля використовують для вилучення домішок, що надають невластивий смак та запах, а також пестицидів, нафтопродуктів. Ефект від використання порошкоподібного активованого у статичних умовах малий – це пояснюється малим проміжком часу контактування речовини з вугіллям. Адсорбату необхідний час, щоб потрапити до пори зерна вугілля. Звідси випливає, що на здатність сорбування впливає розмір зерен порошку.

Особливості використання активованого вугілля:

1) порошок вугілля у сухому вигляді вибухонебезпечний та пильний;

2) його неможливо регенерувати.

Безкарбонові сорбенти. Такі сорбенти найпоширеніші в технологіях водоочищення. Вони бувають природного і штучного виробництва. Їх переваги: велика ємкість, можливість обмінюватися катіонами, невелика ціна.

Окрім стандартного активованого вугілля існує і інші способи фільтрації сорбентами. Це можуть бути без вуглецеві речовини. Наприклад, глина або цеоліти. Вони, як і вугілля мають прекрасні всмоктуючі властивості, низьку ціну і механічну стійкість. Хорошим сорбентом є глина.

Глинисті породи. Вони широко використовуються в процесі очищення води. Їх структура добре розвинена, вони мають безліч мікропор різного

розміру, шарувату жорсткість і здатні розширюватися. Процес сорбції із застосуванням глинистих порід складний. У нього входять Вандерваальсові реакції. Вони добре знебарвлюють воду, прибирають зважені частинки і токсичні органічні сполуки хлору і гербіцидів, ПАР.

Цеоліт. Являє собою алюмосилікатний каркасний матеріал. Характеризуються тривимірним алюмосилікатним каркасом з правильною тетраедричною структурою і негативним зарядом. Гідратовані іони лужних і лужноземельних металів розташовані в порах каркасу створюють позитивний заряд, що компенсує заряд каркасу. Цеоліти можна використовувати тільки для речовин, у яких розміри молекул менше вхідного отвору. Їх ще називають ситом для молекул. Існує більше 30 видів. Найбільш вживані: шабазит, морденіт, кліноптилоліт. Їх легко добувати і переробляти. Після видобутку їх прожарюють в печах при 1 тис. градусів з хлористим карбонатом натрію. Застосування силікато-органічних сполук на поверхні цеолітів надають їм гідрофобних властивостей. Використовують у порошкоподібній формі. Цеоліти здатні вловлювати: ПАР, барвники, пестициди, бактеріальні забруднення, органічні сполуки.

Сорбційне очищення води є популярним і ефективним методом. Сорбенти дозволяють очистити будь-який тип води і у будь-яких сферах виробництва. Деякі типи речовини здатні очищати як холодною, так і гарячу воду. Окрім основного завдання, сорбція дозволять знезаражувати воду і поліпшити її смак і колір. Сорбенти не є хімічно активними речовинами, тому можуть використовуватися для очищення питної води. Побутова і промислова комплектація матимуть відмінності. На швидкість фільтрації впливає в першу чергу, міра забрудненості води. По-друге, вбирана здатність завантажувального матеріалу. Оптимальним варіантом подання води буде від низу до верху. В цьому випадку завантаження наповнюється домішками більше рівномірно і залишки повітря виходять швидше.

Отже, використання одного з методу залежить від складу забруднень у воді, подальшого її використання та виділених речовин. Адсорбційний метод очищення найбільш ефективний, його можна застосовувати як самостійний метод, так і разом з біологічним. Експериментальні дослідження показали, що активоване вугілля є доволі ефективним сорбентом, проте, зважаючи на його високу вартість, можна надати перевагу алюмосилікатам – синтетичним та природним цеолітам.

Література:

1. Сорбенты для очистки воды. URL: http://vse-o-vode.ru/industry/ochistka/sorbenty-dlya-ochistki-vody/#i-2

2. Василінич Т.М., Сакалова Г.В. Дослідження ефективності очищення стічних вод від іонів хрому (III) на природних адсорбентах // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – №4. – С. 12–15.

ЕКОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДУ АЗОТУ

Безкровна А. В., Майборода В. С., студенти;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

Згубність впливу оксидів азоту на навколишнє середовище і в кінцевому рахунку на людину, велика. Тривала дія навіть порівняно невеликих концентрацій NO x в повітрі збільшує кількість гострих і хронічних респіраторних захворювань, негативно діє на рослинний і тваринний світ. Тому зниження їх вмісту в газових викидах паливо використовуючих агрегатів – одна їх важливих турбот технологів.

Метод рециркуляції димових газів. Зазвичай димові гази з температурою 300–400 °С відбираються перед повіряпідігрівачем і спеціальним рециркуляційним димососом подаються в топку. Тому максимальна температура в топці знижується на 120–130 °С і падає концентрація кисню в зоні горіння, також зменшує утворення паливних NO_x. ККД котла знижується мало (0,01–0,03 % на 1 % рециркулюючих газів).

Ступеневе спалювання палива. Сутність цього методу придушення утворення оксидів азоту полягає в тому, що в первинну зону горіння подається повітря менше, ніж необхідно теоретично (α = 0,70–0,95), решта повітря, необхідного для повного спалювання палива, подається далі на одному або декількох рівнях по довжині факелу, в результаті чого знижуються максимальна температура в зоні горіння, вміст кисню в ядрі факела, зменшуються швидкості реакції утворення оксиду азоту, збільшується довжина та світність факела [1, 2].

Введення невеликих кількостей води або пари в зону горіння. Введення води або пари в кількості більше 5–6 % маси повітря, що подається в пальники, може справити негативний вплив на повноту згоряння та знизити ККД на 4–5 % через істотне зниження температури [1, 3].

Пальники зі зниженим виходом оксидів азоту. У пальниках енергетичних котлів зазвичай тільки частина повітря змішується з паливом до надходження в топкову камеру, тому швидкість процесу горіння на різних етапах розвитку факела може визначатися або кінетикою процесу, або швидкістю дифузії кисню. У зв'язку з цим проблема створення малотоксичних пальників – це в першу чергу проблема створення паливоповітряної суміші.

Процеси хімічного відновлення оксидів азоту. Оксид азоту здатний відновлюватися до N_2 або до N_2O метаном, воднем, оксидом вуглецю та аміаком [4]. З цих відновників тільки аміак здатний реагувати з діоксидом азоту в присутності кисню, який завжди міститься у викидах паливоспалюючих пристроїв. Решта відновлювачів в першу чергу реагують з киснем, тому їх використання у ряді випадків неефективне [4, 5].

Ще одним напрямком в очищенні димових газів від оксидів азоту є пряме вдування аміаку в топкову камеру, що дає найбільший ефект в області

температур 950–1000 °С [5].

На початковому періоді використання жаротрубно-димогарних котлів у якості опалювального обладнання, удосконалення технологій топкових процесів головним чином були націлені на покращення механічних характеристик топок, інтенсифікацію топкового теплообміну та зниження недопалу. Однак, у зв'язку із підвищенням екологічних вимог, починаючи із середини 70-х років, все частіше стали появлятися роботи, спрямовані на дослідження процесів горіння, удосконалення топок і пальникових пристроїв з метою скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу [1].

На даний час технології із скорочення викидів у практиці конструювання і експлуатації котлів малої потужності, зведені до технологічних заходів, які здійснюються з метою організації особливих режимів горіння, зменшують утворення оксидів азоту в топках.

Перспективним методом у боротьбі з викидами оксидів азоту, особливо в теплоенергетиці є управління температурним режимом в зоні горіння. Проведені нами поставлені експерименти підтверджують припущення ,що при температурі деструкції палива 900 °С викиди оксидів азоту не спостерігаються [5].

Запобігання утворенню стехіометричних умов, а саме, хімічно точного співвідношення необхідної кількості палива і повітря, веде до зниження максимальної локальної температури у факелі. Цей метод дозволяє зменшити швидкість перебігу реакції окислення палива і запобігти появі максимальної локальної температури. Використання збагачених паливних сумішей, тобто обмеження доступу кисню, так само як і використання збіднених паливних сумішей, рециркуляції димових газів (у тому числі при додаванні продуктів згорання в потік природного газу), уприскування в зону горіння водяної пари або води знижують рівень максимальної температури у факелі.

Ці методи мають свої нюанси, але на даний час вони є найбільш екологічними у боротьбі з зниженням викидів оксидів азоту.

Література:

1. Котлер В.Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов. / М.: Энергоатомиздат, 1987. – 144 с.

2. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. / 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Недра, 1988. – 321 с.

3. Жабо В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС: учебник. / М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.

4. Беликов С.Е. Снижение вредных выбросов в атмосферу от пылеугольных котлов промышленной ТЭЦ / Теплоэнергетика. 2001. № 9. С. 49–52.

5. Зельдович Б.Я., Садовников П.Я., Франк-Каменецкий Д.А. Окисление азота при горении . - М.: Наука, 1947. - 146 с.

6. Harries R.S., Nafall M., Formation on oxides of nitrogen in high temperature CH_4-0_2-N_2-flame / Combustion Science and Technology. 1976. P. 85.

ТРАДИЦІЙНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ЕКСТРАКЦІЄЮ

Науменко Л. С., Безкровна А. В., студентки;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

Економічна та екологічна ефективність виробництва – два основних напрямки розвитку сучасного підприємства. Вода, при цьому, найчастіше найважливіший ресурс, адже вона бере участь у всіх технологічних процесах. Тому важливо дбати про збереження цього ресурсу і можливості його повторного використання.

Очищення промислових стічних вод - головна складова кожного підприємства, яке дбає про екологічну безпеку та ефективність виробництва. Правильно організоване промислове очищення води дозволяє не тільки очистити стічні води від шкідливих домішок, але і дає можливість повторно використовувати її в технологічних процесах, тим самим знижуючи споживання чистої води і зменшуючи обсяги стічних вод.

Екстракційний метод широко застосовується для очистки стічних вод від органічних домішок, особливо фенольних стічних вод. Використання екстракції економічно доцільно у випадку значної концентрації органічних домішок або високої вартості речовини, що вилучається. Для добування фенолів зі стічної води раціонально при їх концентрації не менше 2–4 г/л.

Технологічна схема очистка стічних вод екстраційним методом залежить від кількості і складу стічних вод, властивостей екстрагента, способу його регенерації й ряду інших факторів. Швидкість подачі екстрагенту в стічну воду повинна бути мінімальною і вона залежить від необхідного ступеня очистки і коефіцієнту розподілу речовини.

До складу установок підготовки води для екстракційної очистки звичайно включають відстійники, флотатори, фільтри для механічної очистки; нейтралізатори для доведення pH до необхідної величини; карбонізатори для обробки стічних вод, що містять аміак; поверхневі холодильники для охолодження стічної води до температури не вище 30–40 °С. Екстракція має три методи очищення. Це рідинна екстракція, газова екстракція та екстракція з твердих родючих копалин.

Обробка ТГК розчинниками в екстракторі Сокслета основана на тому, що сконденсовані пари киплячого розчинника подають в гільзу з пробою ТГК, що досліджується, де холодний або теплий розчинник взаємодіє з нею, утворюючи розчин, який періодично або постійно перетікає по сифонній трубці в колбу екстрактора. Екстрактор Грефе відрізняється тим, що ТГК в гільзі з фільтрувального паперу роміщується всередині колби, в парах киплячого розчинника.

Для ефективної екстракції необхідно забезпечити якомога більшу поверхню контакту водної та органічної фаз і подальше розділення фаз. У практиці екстракції використовуються три типи апаратів: змішувачі-відстійники, колонні апарати і відцентрові екстрактори.

КАПСУЛЮВАННЯ ГРАНУЛ ЯК СПОСІБ СТВОРЕННЯ ДОБРИВ З РЕГУЛЬОВАНИМ ВИВІЛЬНЕННЯМ ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН

Макаренко Н. О., асистент; Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

Для підвищення кількості поживних речовин в ґрунті застосовують різні органічні та неорганічні добрива. Одним з перспективних типів добрив є добрива пролонгованої дії або добрива з регульованим вивільненням поживних речовин.

Виробництво повільно діючих азотних добрив здійснюється різними шляхами:

1) отриманням сполук з обмеженою розчинністю у воді (карбамідформальдегідні сполуки, оксамід);

2) покриттям часток добрив різними речовинами (пластифікаторами);

3) виробництвом добрив, що містять інгібітори нітрифікації.

При капсулювання водорозчинних мінеральних добрив гранули покриваються захисними плівками, що володіють низькою проникністю для водних розчинів (повільно діючі комплексні добрива). Як покриття використовують сірку, парафін, емульсію поліетилену, акрилову смолу, поліакрилову кислоту, сополімери гліцеринового ефіру ненасичених кислот з діціклопентадієном, поліуретани і полістирол та інші речовини [1].

Гранульовані добрива, вкриті плівками, мають кращі фізико-механічними властивості: вони менш гігроскопічні, механічно більш міцні, не злежуються при зберіганні. Підбором складу і товщини покриттів можна отримувати добрива з різною інтенсивністю віддачі поживних речовин, тобто пролонгованої дії з урахуванням біологічних вимог і періодичності споживання азоту сільськогосподарськими культурами [1].

Полімерні покриття мають певні переваги, а саме забезпечують більш тривалий період дії добрив, мають гарні механічні характеристики, є біологічно інертними і не руйнуються під дією мікроорганізмів. Вивільнення поживних речовин відбувається в результаті дифузії через оболонку, а не через дефекти, макропори і не в результаті руйнування покриття, що дозволяє забезпечити рівномірне і прогнозоване виділення поживних речовин [2].

Список літератури

1. Брук М. А., Янушин Ф. С. Использование полимерных материалов для капсулирования минеральных удобрений // Итоги науки и техники. Химия и технология высокомолекулярных соединений. Т.13. М.: ВИНИТИ, 1980. С. 210–241.

2. Кондратов А. П., Громов А. Н., Манин В. Н. Капсулирование в полимерных пленках. М.: Химия, 1990. 192 с.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОВОДЖЕННЯ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВІДХОДАМИ У СКЛАДІ ПОБУТОВИХ

Черняк Д. С., студент; Васькіна І. В., старший викладач, СумДУ, м. Суми

На сьогодні одна з найважливіших і найактуальніших серед проблем забруднення навколишнього середовища є проблема накопичення твердих побутових відходів. На полігонах знаходиться більше 152 млн т відходів. Об`єм утворення твердих відходів в Україні в 6,5 разів більший ніж в США і в 3,2 рази більший ніж в країнах ЄС.

Проблема відходів це в основному, проблема міст, чим більше місто, тим більше відходів. Станом на 01.01.2020 в Сумській області накопичено 35794558,401 т відходів I–IV класів небезпеки. Загальний обсяг відходів I-IV класів небезпеки, накопичених протягом експлуатації у місцях видалення відходів по Сумській області, складає 0,2 % до загальної кількості по Україні. Структура накопичення відходів в області наведена у табл.1.

Таблиця 1 – Накопичення відходів у м. Суми станом на 01.01.2020 р. (таблицю набрати самостійно, такі фото не можна)

	Показник	Одиниця виміру	Кількість
1	Накопичено відходів, усього	т	35794558,401
	у тому числі:		
2	відходи I–III класу небезпеки	т	2345138,956
3	відходи IV класу небезпеки	т	33449419,445

Тверді побутові відходи містять у своєму складі небезпечні (токсичні) компоненти – відпрацьовані елементи живлення (батарейки), люмінесцентні та енергозберігаючі лампи, непошкоджені ртутні термометри. Експерти відзначають, що у побутовому смітті частка батарейок незначна – менше 0,5 %, проте 50 % токсичних речовин, які утворюються у твердих побутових відходах, надходять саме від батарейок. За даними Всеукраїнської екологічної ліги, одна відпрацьована «пальчикова» батарейка, потрапляючи до загальних відходів, забруднює 400 л води або 20 м^2 ґрунту.

Батарейки являють собою хімічні пристрої, елементи яких вступають в реакцію за рахунок чого виникає електричний струм. Корпус елементу живлення зроблений із металу, який ізолює батарейки, до того часу поки корпус не піддався корозії. Вміст їх складається не менш як з 10 високотоксичних елементів і розчинних важких металів – літій, ртуть, плюмбум, кадмій. Анод елементів живлення являє собою порошок цинку просочений електролітом, а катод – двоокис магнію в суміші з двоокисом титану.

Підлягають утилізації акумулятори, літієві, літій-іонні та цинкові батарейки. Крім цього, необхідно утилізувати стандартні акумулятори АА

або ААА, які використовуються у побутових приладах: фотоапаратах, мобільних телефонах, ноутбуках та електроінструментах. Переробка батарейок відбувається з нейтралізацією небезпечних речовин і вилученням металів для вторинного використання: вуглецю, цинку, заліза, марганцю. З 1 т батарейок можна отримати 288 кг марганцю, 240 кг цинку, близько 47 кг графіту. Вміст марганцю (28,8 %) і цинку (24 %) в батарейках вищий, ніж у природних покладах найбагатших руд (до 26%).

Технологія утилізації батарейок включає такі наступні етапи:

1. Сортування елементів живлення за технологічними групами;
2. Подрібнення на спеціальному шредері із отриманням шихти;
3. Розділення шихти на вібросепараторі, при якому відсіюється порошок – карбон, насичений хлорним сполуками цинку. Це вже готовий матеріал для металургії, де цинк з вугіллям використовуються при плавленні металу (цинк покращує плинність металів при плавленні).
4. Шихта, яка пройшла вібровідсіювання, поміщається в магнітний барабан, з метою розділення заліза та цинку .
5. Отримана поліметалева суміш піддається декільком етапам вилуговування під час яких витягують марганець і цинк (у вигляді солей), а також графіт.

В цілому на чотири видобутих елемента припадає 80% маси батарейок.

Отже, відпрацьовані батарейки – це сировина з високим рівнем концентрації цінних елементів – цінних кольорових металів та мінералів. В результаті переробки батарейок з їх компонентів можна отримати сухі розподілені хімічні елементи, а також відсортовані відходи з упаковки (картон і пластик). За оцінками європейських експертів, батарейки – це ресурс, який на 97 % можна використовувати повторно. Окупність процесу переробки елементів живлення оцінюється ними у 80 %. На жаль, на сьогодні в Україні не існує підприємства яке б реально здійснювало переробку батарейок.

Досвід країн ЄС засвідчує, що перероблення відпрацьованих батарейок і акумуляторів доцільно здійснювати на великих механізованих та автоматизованих підприємствах. Оскільки відпрацьовані батарейки та акумулятори добре зберігаються, їх можна накопичувати у великі товарні партії і перевозити на великі відстані.

Саме таким шляхом зараз відбувається утилізація цього типу відходів в Україні – накопичені відходи передаються на утилізацію на завод GreenWEEE (Румунія). Така гарантована переробка стала можливою завдяки діяльності ГО «Батарейки, здавайтеся!». Протягом 2020 р. завдяки цій діяльності на переробку було відправлено 140 т батарейок (за участі таких виробників як Varta, Duracell, Hausmark, Panasonic).

ТРАНСКОРДОННА РІЧКА СУМЩИНИ

Шерстюк М. М., аспірант; Саєнков Д. М., аспірант;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

Транскордонна річка Псел тече на території України та Росії, ліва притока Дніпра, басейн Чорного моря. Свій початок р. Псел бере на території Росії на кордоні Курської та Білгородської областей на західних схилах Середньоруської височини. На території країни річка тече в межах Сумської, Полтавської областей по Придніпровській низини. Псел впадає в річку Дніпро, а саме в Кам'янське водосховище. Довжина річки 717 км, долина у верхній частині вузька, глибока, з крутими схилами, нижче її ширина досягає 10–15 км, у пониззі – 20 км. Басейн річки становить 22890 км^2 , витрата води 55–60 м^3/с. Русло річки зарегульовано дамбами ГЕС і саме найголовніше шлюзами-регуляторами на території Росії. Вода використовується для сільськогосподарських, побутових та промислових потреб.

В прикордонній частині басейну р. Псел на російській частині головним джерелом забруднення вод є підприємства комунального господарства, аграрного сектору, підприємства енергетики. У той же час обов'язок збереження природної та ландшафтної цінності долини Псла покладено на держави, які знаходяться в його басейні.

Усвідомлюючи, що захист та використання транскордонних водотоків є важливим завданням, ефективне вирішення якого може бути забезпечене лише шляхом тісної співпраці державних органів. Кожна із сторін транскордонної річки зобов'язані виконувати відповідні заходи:

– недопущення, обмеження та скорочення забруднення вод, які викликають або можуть бути причиною транскордонного впливу;

– забезпечення використання транскордонних вод з метою екологічно обґрунтованого та раціонального управління водними ресурсами, збереження водних ресурсів та охорони навколишнього середовища;

– забезпечення збереження та відновлення екосистем.

На даний час ускладнена можливість спільного контролю за станом екосистеми.

Вирішення цієї проблеми можливо за рахунок створення системи моніторингу з послідуючим чітким аудитом стану басейна р. Псел.

Робота, що проводиться у цьому напрямку дозволяє узагальнити проведені дослідження та проаналізувати інформацію щодо класифікації техногенного впливу вод, виходячи із біологічних (склад та різновид водної флори та фауни) та гідрологічних показників (витрата води, ширини та глибини русла, структура та склад донних відкладень)

Проведені заходи дозволяють в певній мірі зберегти та попередити негативний вплив на екосистему транскордонної річки Псел.

ВИБІР МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБЛЕННЯ ВІДХОДІВ

Лазненко Д. О., доцент, СумДУ, м. Суми

Національною стратегією управління відходами в Україні до 2030 року, схваленою Розпорядженням КМУ від 8 листопада 2017 р. № 820-р, визначається необхідність розроблення в Україні регіональних планів управління відходами (РПУВ). Серед іншого, РПУВ повинні містити рішення щодо створення об'єктів з оброблення відходів.

При визначенні методів та технологій оброблення відходів при розробленні РПУВ рекомендується враховувати наступні параметри.

Технологічні параметри:

– технологічна придатність (у т.ч. забезпеченість необхідними обсягами відходів);

– стійкість по відношенню до зміни параметрів системи поводження з відповідними відходами;

– досвід реалізації певної технології в світі та в Україні;

– доступність технологічного рішення;

– наявність споживачів продукції оброблення / перероблення (вторинної сировини, компосту тощо).

Екологічні наслідки:

– місце в ієрархії методів управління відходами;

– потенціал зниження навантаження на довкілля;

– потенційні екологічні ризики.

Інфраструктурні вимоги та обмеження:

– вимоги до виробничого майданчику, будівель, комунікацій;

– наявність споживачів отриманої продукції та відстань до їх розташування.

Фінансово–економічні показники:

– економічна життєздатність;

– необхідні витрати на впровадження;

– можливість покриття витрат без залучення інвестиційних коштів;

– вплив на величину тарифу;

– нормативно–правові вимоги.

Інституційні аспекти:

– наявність сталого функціонування системи збирання відходів (де потрібно) і логістики доставлення відповідних категорій відходів до об'єкту з оброблення відходів;

– спроможність виконавців.

Додаткові фактори:

– час необхідний на впровадження рішення;

– сприйняття рішення з боку населення, зокрема мешканцями прилеглих територій.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ТЕКСТИЛЬНІЙ ІНДУСТРІЇ

Бурла О. А., асистент; Бурла А. О. старший викладач, СумДУ, м. Суми

Сучасний етап економічного розвитку в Україні об’єктивно потребує пошуку нових форм господарювання, спрямованих на підвищення ефективності використання усіх видів ресурсів. Найбільш ефективною серед них є розвиток безвідходного виробництва.

Текстильна індустрія щорічно споживає 132 000 000 тонн вугілля і від 6 до 9 мільярдів літрів води, а 60 з більш ніж ста мільярдів предметів одягу, які випускаються щороку, люди викидають протягом 12 місяців після покупки. Це негативно впливає на навколишнє середовище.

Міжнародна експансія швидкої моди посилює проблему в глобальному масштабі. Fast fashion фокусується на швидкості і низьких витратах, для того щоб знову і знову представляти нові колекції, копіюючи образи знаменитостей або низчих брендів. Виробляючи дешево і багато, мас-маркет робить одяг «одноразовим». Це особливо небезпечно для навколишнього середовища, оскільки тиск на зниження вартості і часу, необхідного для отримання продукту від дизайну до цеху, означає, що буде багато екологічних наслідків (забруднення води, використання токсичних хімікатів та рівня текстильних відходів).

Поліестер – найбільш популярну тканину в індустрії моди. Коли поліефіри одягу з поліестеру промиваються в побутових пральних машинах, вони відокремлюють мікрофібри, які додаються до зростаючого рівня пластику в океанах. Ці мікрофібри дуже дрібні і можуть легко проходити в каналізацію, а також в очисні споруди. Вони не є біологічними, і тому вони являють собою серйозну загрозу для водного життя.

В харчовому ланцюжку це виглядає так: маленькі істоти, такі як планктон, їдять мікрофібри -> риба і молюски -> людина. Текстильне виробництво використовує величезну кількість води, більша частина якої змивається у водні шляхи, навантажені забруднюючими речовинами, такими як відбілювачі, кислоти, фарби і барвники.

Усвідомлена мода передбачає відповідальне ставлення до планети, природи та до людей. При виробництві і споживанні речей екосистемі планети не наноситься шкоди. Але реальність така, що за рік текстильна індустрія споживає сто тридцять два мільйони тонн вугілля і від шести до дев'яти мільярдів літрів води, а шістдесят з більш ніж ста мільярдів предметів одягу, які випускаються щороку, люди викидають протягом дванадцяти місяців після покупки.

Суспільство повинно замислитися над екологічними проблемами і зробити кроки для їх мінімізації. Це відноситься до кожного з нас, адже всі ми є споживачами тих чи інших брендів і своїми покупками підтримуємо систему надспоживання і швидкої моди.

Згідно правилам, дизайнер повинен:

– вибирати екологічні матеріали або тканини, зроблені з перероблених волокон, піклуватися про переробку відходів;

– використовувати поновлювані і такі ресурси і матеріали, що переробляються;

– вибирати тільки найнеобхідніші та безпечні процедури, пов'язані з фарбуванням, пранням;

– використовувати безвідходний крій, прозору організацію праці, справедливу оплату, прозорі ланцюги поставок;

– брати участь у соціально значущих проектах, застосовувати партисипаторний дизайн;

– прозоро вести бізнес;

– економити ресурси, застосовуючи різні способи продовження життя речей, використовувати місцеві ресурси, щоб не витрачати ресурси на транспортування.

Пластик в океанах, «шостий континент» зі сміття, маса текстильних відходів, низька заробітна плата у працівників текстильної промисловості. І коли розумієш, що виробництво одягу і модна індустрія другі за рівнем забруднення навколишнього середовища після нафтопереробної промисловості, вже дивишся на речі інакше.

Технологічні інновації пропонують альтернативні варіанти виготовлення одягу, тканин, взуття, аксесуарів. «Веганські куртки зі шкірки яблук, тканина, що накопичує сонячну енергію вдень, щоб її можна було використовувати вночі, сумки з пальмового листя. І всі ці ідеї об’єднує поняття, котре стає головним трендом у світі моди – Sustainability.

Така майже етична мода передбачає безпечне використання природних ресурсів, розраховане на тривалу перспективу і забезпечує екологічну стабільність і соціальну безпеку (бережливе використання природних і людських ресурсів, повторне використання готових речей і переробка відходів і речей для виготовлення нових).

Новітня індустрія сьогодні намагається слідувати не лише умоглядним та абстрактним ідеям, вона прагне перестати бути токсичною, підтримувати екологічно орієнтовані стартапи, виховувати своїх клієнтів, а ті, своєю чергою, виявлятимуть прихильність екологічним трендам зокрема у фінансовому еквіваленті.

АНАЛІЗ ДОСВІДУ КРАЇН ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ В ПОВОДЖЕННІ З ВІДХОДАМИ

Трунова І. О., доцент; Бова А. О., студентка, СумДУ, м. Суми

На сьогодні екологічна політика Європейського Союзу сформувала чіткі підходи до вирішення проблем навколишнього середовища, а це, в свою чергу, сприяло становленню ЄС в якості впливового суб'єкта міжнародної екологічної політики. Україна є частиною Європи і має враховувати великий досвід Євросоюзу у забезпеченні екологічної безпеки.

В Італії найбільше проблем було пов’язано з переробкою великих обсягів відходів, тому вже зараз на вулицях стоять великі контейнери для різних видів сміття: скло, пластик, папір, метал, органічні відходи і сміття, що не піддається сортуванню. Передбачають штраф за викинутий в недозволеному місці недопалок.

Швеція є безумовним лідером у галузі поводження з відходами серед інших європейських держав. На спеціальних підприємствах відходи спалюються, за рахунок цього нагрівається вода, яка обігріває житлові і адміністративні будівлі. Щорічно забирає у сусідів приблизно 800 тис. тонн сміття. Більшу його частину поставить Норвегія.

В Німеччині широко поширена система сортування побутових відходів. Відповідні контейнери («біле скло», «темне скло», «папір, картон», «залишкове сміття») не тільки встановлені в громадських місцях, автостанціях, державних установах, розважальних комплексах, активно впроваджені німцями у власних житлових приміщеннях. Щодня майже 300 установок по спалюванню сміття знищують в середньому 30 тис. твердих побутових відходів по всій території Франції. На найбільших з них енерговитрати поповнюються одержуваною при спалюванні сміття тепловою та електричною енергією. Основне завдання полягає в зниженні обсягу вироблених відходів в цілому і утилізації наявних.

Польща сьогодні є гарним прикладом для України щодо ефективного використання економічних важелів у реалізації екологічної політики, як засвідчує досвід Польщі, завдяки диференціації цін на екологічно забруднену та екологічно чисту продукцію можна досягти позитивних результатів у зменшенні забруднення довкілля. Сума штрафу за викиди забруднюючих речовин у повітря в 10 разів перевищує суму плати за нормоване забруднення. Сама загроза можливого великого штрафу значно посилює його функцію як запобіжного економічного регулятора природокористування.

Саме завдяки активній позиції країн північної та північно-західної Європи за останні 20 років вдалося досягти відчутного покращення екологічних показників в усьому ЄС. Для зменшення техногенного навантаження необхідні спільні зусилля всіх країн, лише узгоджена екологічна політика європейських держав, участь громадськості є потужним засобом захисту навколишнього середовища і безпеки людей.

ВПЛИВ МАГНІТНОЇ ОБРОБКИ НА ПРОЦЕСИ АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

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

Ефективним методом обробки потоків органічних відходів є анаеробне зброджування, оскільки одночасно зі скороченням відходів відбувається виробництво відновлювальної енергії. Рослинні та тваринні відходи можуть бути утилізовані, в якості субстрату під час їх сумісного анаеробного зброджування з додатковою магнітною обробкою, що забезпечує збільшення об'єму виходу біогазу. Вплив магнітних полів на життєво важливі функції мікроорганізмів є спірним, проте правильно розрахована сила магнітного діапазону може сприяти бродінню анаеробних бактерій.

Зростання вмісту та виходу метану в процесі анаеробного зброджування відходів тваринного походження [1] помічено при впливі магнітного поля з індукцією 10–50 мТл та зниження продуктивності за умови перевищення 90 мТл. В інших дослідженнях впливу електромагнітного поля у випадку сумісного анаеробного зброджування тваринних та рослинних відходів магнітне поле індукцією 5 мТл сприяло процесу метаногенезу [2]. Вплив магнітного поля на якісний склад біогазу також різний. Дослідження [3] демонструє, залежність часу виходу метану від часу впливу магнітного поля. Збільшення часу призводить до зменшення вмісту метану в біогазі.

Вплив магнітних полів на анаеробне зброджування підтверджено експериментами, але детальних досліджень напруженості магнітного поля бракує. Тим не менш, узагальнюючи наявні дослідження прослідковано, що занадто висока або занадто низька індукція магнітного поля, не є сприятливою для анаеробного зброджування органічних решток. Активність метанових бактерій може бути пригнічена, якщо індукція магнітного поля перевищує певне значення та час впливу. Тож, специфічні умови магнітного поля мають вплив на активність мікробного консорціуму. Магнітне поле може прискорити розкладання сировини в процесі анаеробного зброджування та відігравати важливу роль в процесах інтенсифікації технології виробництва біогазу.

Список літератури

1. Wang H., Xu J., Sheng L., et al. Anaerobic digestion technology for methane production using deer manure under different experimental conditions. Energies. 2019. Vol. 12. No. 9.1819.

2. Abbas Y., Yun S., Wang K., et al. Static-magnetic-field coupled with fly-ash accelerant: A powerful strategy to significantly enhance the mesophilic anaerobic-co-digestion. Bioresource Technology. 2021. Vol. 327. 124793.

3. Debowski M., Zielinski M., Kisielewska M., Hajduk A. Effect of constant magnetic field on anaerobic digestion of algal biomass. Environmental Technology. 2016. Vol. 37. P. 1656–1663.

ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ АГРОХІМІКАТАМИ

Давидова С., студент; Яхненко О. М., асистент; СумДУ, м. Суми

Інтенсифікація землеробства в Україні на сьогодні є актуальним питанням у контексті сталого розвитку країни. Але розвиток сільського господарства майже не можливий без використання агрохімікатів, які значно збільшують родючість ґрунтів і врожайність та дозволяють боротися зі шкідниками. Використання мінеральних добрив та пестицидів призводить до забруднення ґрунтів важкими металами, виникнення явища вторинної кислотності, токсикозу ґрунту, зміни ґрунтових угруповань мікроорганізмів та деградації ґрунтів. Аби запобігти проблемі, доцільно відмовитися від використання звичних агрохімікатів та перейти до технології використання біопрепаратів та біодобрив. В основному біопрепарати представляють собою культуру природно чи штучно отриманих штамів бактерій або спор міцелію грибів, які вносяться в ґрунт чи на поверхню насіння рослин, а в грунті починають взаємодіяти з ризосферою рослин, сприяють або полегшеному і ефективному засвоюванню рослинами поживних елементів (біологічні добрива), або здатні захищати рослини від впливу природних шкідників (біофунгіциди, біоінсектициди).

В ролі біодобрив виступають штами специфічних ґрунтових мікроорганізмів (міко- або бактеріальні препарати), які, в ході мікробного метаболізму синтезують біологічно-активні речовини, що сприяють забезпеченню рослинної культури доступними формами азоту, фосфору та калію, а також стимуляції їх росту і розвитку, збільшенню урожайності та покращення якості продукції. Такими є препарати азогран, азаотофіт, нітрагін, азотобактерин, фосфобактерин тощо. Для пришвидшення розкладання існуючих в ґрунті органічних решток доцільно використовувати створені штами біологічних деструкторів.

З метою захисту рослин від шкідників доцільно використовувати не тільки бактеріальні, а й вірусні біопрепарати, що дозволяє надати препарату властивостей видоспецифічності до певного шкідника. Це особливо актуально для боротьби з комахами-шкідниками, бо існуючі широковикористовувані хімічні інсектициди спричиняють загибель шкідників та корисних комах-запилювачів. Доречним є використання і біологічних фунгіцидів.

Отже, використання біопрепаратів дозволить відновити і підтримати родючість ґрунтів природним шляхом, підвищити врожайність сільськогосподарських культур, зміцнити імунітет, знизити ураження рослин патогенними організмами, покращити якість і збереження виробленої продукції, знизити потреби в мінеральних добривах і отрутохімікатах і захистити сільськогосподарську продукцію, ґрунт і екосистеми від хімічного забруднення.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗМЕНШЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ ПЕСТИЦИДАМИ

Левенець К. Р., студент; Яхненко О. М., асистент, СумДУ, м. Суми

Інтенсивне застосування пестицидів призводить до щорічного надходження в ґрунт стійких токсичних речовин. Залежно від умов ґрунтового середовища та фізико-хімічних властивостей пестициди можуть залишатися в незмінному стані і зберігати свою токсичність протягом тривалого часу. Проблема загострюється тим, що на території України ще зберігаються значні об'єми невикористаних, некондиційних препаратів пестицидів, які назараз заборонені для використання з причини своєї токсичності і високої резистентності. Зберігаючись у корозійнонебезпечній тарі у напівзруйнованих сховищах вони з часом перетворюються на небезпечну суміш і при неналежному поводжені можуть становити загрозу.

Серед основних негативних наслідків використання пестицидів слід зазначити: здатність накопичуватися в ґрунті і призводити до зниження біологічної продуктивності мікробіоценозів ґрунтів, зменшення інтенсивності процесів самоочищення ґрунту, гальмування процесів відновлення родючості, піддаватися біоакмуляції і транспортуватися трофічними ланками організмів.

Розробляються технології та методи для зменшення забруднення ґрунтів пестицидами, серед яких на увагу заслуговують різноманітні варіанти фітомеліорації, а саме фітоекстракція, фітотрансформація, фітоволоталізація, фітогідравліка спрямована на очищення ґрунтових вод від забруднення, фітостабілізація, різофільтрація, різодеградація.

Зважаючи на те, що пестициди в ґрунті піддаються повільній мікробній трансформації, доцільним є створення і використання природних або створених штучно штамів мікроорганізмів, здатних прискорювати деградацію пестицидів в ґрунті. Внесені мікроорганізми та їх ферменти стимулюють процеси гідролізу, окиснення та відновлення, виконують провідну роль у біотрансформації пестицидів, в результаті чого продукти розкладання пестицидів можуть використовуватись як джерело вуглецю, азоту, фосфору та енергії для інших живих організмів і, насамперед, вищих рослин. Це сприяє виникненню стійкого біоценозу на забруднених ґрунтах і їх поступовому очищенню.

Практичне застосування кожної конкретної стратегії очищення ґрунтів в істотній мірі визначається властивостями забруднювачів та характеристиками ґрунтів - гранулометричним складом, співвідношенням піщаних і глинистосуглинкових частинок, вмістом гумусу тощо. Значення має також ступінь однорідності фізико-хімічних властивостей вздовж ґрунтового профілю та розподіл небезпечних речовин по ґрунтовим горизонтам. Використання мікробо- і фітотехнологій очищення грунтів здатне не лише послабити забруднення ксенобіотиками, а й повернути землі до системи землекористування.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗАХОРОНЕННЯ СМІТТЯ

Ізмалкова М. А., студент; Яхненко О. М., асистент, СумДУ, м. Суми

Десять відсотків усієї площі України займають сміттєві полігони, вагома частина яких заповнена твердими побутовими відходами (ТПВ). Відповідно до державних будівельних норм, на полігонах ТПВ повинні приймати лише сміття житлових і громадських установ, садово-паркові та будівельні залишки. Насправді ж, на територію полігонів, крім передбачених відходів, потрапляють ще харчові, хоча є теоретична можливість їх компостувати з отриманням корисного продукту для сільськогосподарської галузі, і пластикові компоненти сміття.

Згідно з соціологічними дослідженнями, більшість людей не купували б будинок в селищі поблизу сміттєзвалищ. Основними причинами такого рішення опитані називають: можливе забруднення ґрунтових вод, потрапляння до повітря небезпечних газів та наявність неприємного запаху. Учасники дослідження повідомили, що сумніваються в правильності проектування та експлуатації сміттєвих полігонів.

Станом на 2019 кількість перевантажених звалищ на території нашої держави становили 258 од., а 905 од. не відповідали екологічним нормам безпеки. Цифри щороку збільшуються і причиною цьому є не конструкція полігону, а в кількості і якості сміття, яке потрапляє на них за вини людини.

Люди продовжують викидати несортоване сміття, хоча і сумніваються, а деякі навіть не замислюються, наскільки правильно його потім можна утилізувати. Прикладом того може стати Сумський полігон твердих відходів, створений менше 10-ти років тому. Будова полігону відповідає всім стандартам проектування: основа днища котловану на 2 м вище рівня ґрунтових вод, кар'єр містить спеціальний глиняний прошарок з протифільтраційними властивостями, траншея розрахована витримати, як плюсові, так і мінусові температури і т.д. Загалом полігон має все необхідне, щоб вберегти підземні джерела і забезпечити зручність трамбування. Але, на жаль, цього не достатньо. На ділянках складувань лежить не сортоване сміття. Багато харчових залишків в перемішку з синтетичними об’єктами, що важко і довго розкладаються, створює в процесі гниття неприємний запах, в літку підвищує ризик самозаймання.

Процес їх розкладання і взаємодії з бактеріями, що живуть на несортованих побутових відходах під відкритим небом в умовах потрапляння атмосферної вологи лише підвищує концентрацію хімічно небезпечних речовин у фільтраті та атмосферному повітрі.

Досконалість інженерної споруди не рятує полігон від перевантажень і неприємних запахів. Загалом по області закуплено 130 контейнерів для роздільного збирання, але недостатність популяризації сортування і необхідної сортувальної інфраструктури в місті створює основну проблему для екологічно оптимального функціонування сміттєвих полігонів в Україні.

ОРГАНІЧНЕ СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО ЯК СПОСІБ ЗМЕНШЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

Данилов Д. В., студент; Пляцук Л. Д., професор;
Батальцев Є. В., асистент, СумДУ, м. Суми

У всьому світі сільське господарство створює більший вплив на природне середовище, ніж будь-яка інша галузь народного господарства. Ця галузь займає величезні площі, створюючи нестійкі ландшафти. При цьому знищується природна рослинність, порушується водний баланс внаслідок меліорації. В аграрному секторі України переважає інтенсивний шлях розвитку, націлений на отримання максимальної врожайності за допомогою широкого застосування пестицидів, гербіцидів, інсектицидів, фунгіцидів, стимуляторів росту, добрив. Інтенсивне агровиробництво вимагає значних витрат робочої сили і техніки, а також пального.

У порівнянні з традиційним землеробством органічні технології вимагають на 50 % менше енергії, а викиди парникових газів зменшуються на 35–50 % за рахунок використання місцевих кормів та переробки продукції та відмови від застосування синтетичних мінеральних добрив, пестицидів.

В рамках ведення органічного (екологічного, біологічного) сільського господарства для збільшення врожайності, забезпечення культурних рослин елементами мінерального живлення, боротьби з шкідниками та бур‘янами, активніше застосовуються сівозміні, органічні добрива (компост, пожнивні залишки, сидерати та ін.), різні методи обробки ґрунту тощо.

При органічному сільському господарстві підтримка ґрунтової родючості та повернення в ґрунт винесених з урожаєм елементів живлення досягаються здебільшого завдяки використанню органічних добрив. При цьому увага приділяється створенню умов для функціонування ґрунтової біоти, особливо мікроорганізмів, що руйнують органічні сполуки і вивільняють елементи живлення рослин.

Для боротьби з бур‘янами і шкідниками застосовуються біологічні методи: внесення природних ворогів і специфічних патогенів. Також застосовуються сівозміни, складені з урахуванням циклу розвитку шкідника, обробка ґрунту, що призводить до знищення бур‘янів або глибокого закладення їх насіння.

Розвиток органічного землеробства в Україні стримується відсутністю нормативно-правової бази, недостатньою підтримкою з боку держави, низькою інформованістю споживачів і потенційних виробників.

Органічне сільське господарство дозволяє не тільки уникнути негативних наслідків, а й відновити порушені екосистеми за рахунок використання біологічних методів підвищення родючості ґрунту та захисту рослин, а також методів збільшення біорізноманіття, що сприяє процесам самовідновлення екосистем. Органічне сільське господарство – це ефективний метод вирішення екологічних проблем в аграрному секторі.

УПРАВЛІННЯ ВОДНИМ РЕСУРСАМИ

Шерстюк М. М., аспірант; Саєнков Д. М., аспірант;
Бєлов А. В., аспірант; Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

Управління водними ресурсами обумовлено державною політикою, яка проводиться в галузі раціонального використання та охорони водних ресурсів.

Басейновий принцип управління водними ресурсами прийнятий як основний в Україні. Розвиток та становлення управління водними ресурсами за басейновим принципом із залученням у процес усіх зацікавлених споживачів, забезпечує економічний розвиток країни, покращення життєдіяльності населення.

Виділення територій як об'єктів управління на основі басейнового принципу дозволяє вирішити декілька основних задач: впорядкувати систему моніторингу водних об'єктів, визначити основні напрями розвитку регіональної водної політики, створити та удосконалити стратегію щодо реалізації водної політики.

Однією з основних проблем для нашого регіону є транскордонні водні об'єкти, зокрема річки. Басейн річок являє собою єдину природно-техногенну територіальну систему, яка обумовлена природними зв'язками.

Техногенні процеси в басейнах річок розвиваються від витоку річки до її гирла. Джерела техногенезу розташовані у верхів'ї річки та здійснюють значний або максимальний вплив на формування екологічної ситуації. Як наслідок, техногенний вплив на середню частину річки та поблизу гирла річки.

Басейн річок характеризують неоднорідною складною господарчою структурою. Значна частина басейнів річок охоплює територію кількох регіонів та держав, а також є заручником економічних інтересів господарської діяльності цих об'єктів.

При адаптації водного господарства до ринкових умов економіки необхідно проведення цілого ряду змін в системі управління водного господарства. Створення ефективного механізму плати за користування водними об'єктами, реалізація басейнового підходу управління водним фондом регіону дозволить забезпечити свободу економічного вибору розміщення та розвитку господарюючих об'єктів та попиту на водні ресурси.

Для басейнів транскордонних річок дуже важлива організація та проведення постійного моніторингу, який буде визначальним в управлінні водними ресурсами суміжних держав.

Комплексна еколого-економічна оцінка екологічного стану повинна передбачати екологічний аудит, екологічну експертизу проектів створення, реконструкцію усіх промислових об'єктів басейна, і я к наслідок оцінка впливу на водні об'єкти суміжних держав.

СОРБЦІЙНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ЙОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Циганчук А. Б., аспірантка, СумДУ, м. Суми

Стічні води, що містять йони металів, утворюються в гальванічних цехах багатьох підприємств різних галузей, а також при хімічній та електрохімічній обробці металів, а також чорної і кольорової металургії. На підприємствах радіоелектронної промисловості використовуються значні кількості сполук міді та цинку. При нанесенні мідно-цинкового покриття утворюються стічні води, що містять до 20–25 мг/л йонів міді і 40–45 мг/л йонів цинку. Стічні води машинобудівних заводів можуть містити хром і мідь в концентрації до 400-500 мг/л, а нікелю – в концентрації в кілька десятків міліграмів на літр.

Для очищення стічних вод від йонів важких металів застосовують такі методи, як: хімічне осадження, мембранні процеси, коагуляція/флокуляція, адсорбція, йонний обмін, флотація, електрохімічні процеси, екстракція розчинниками, зворотний осмос.

Вибір методу очищення стічних вод більшість підприємств здійснюють виходячи з концентрації і складу забруднень, можливості утилізації цінних компонентів і повернення води в виробництво, необхідного ступеню очищення, інших конкретних умов. Для очищення стічних вод від йонів важких металів може застосовуватись адсорбція, адже завдяки цьому методу досягається високий ступінь очищення води. Цей вид очищення належить до найкращих доступних технологій [1, с. 86].

Найкращі доступні технології (НДТ) – термін, що прийшов в Україну з ЄС. Широке розповсюдження «Найкращі доступні технології» (BestAvailableTechniques – IPPCBATEU) отримали в Європейському Союзі, починаючи з середини 90-х, відповідно до Директиви Ради Європи 96/61/ЄС про комплексний контроль і запобігання забрудненням.

Основною метою «НДТ» – є вдосконалення систем управління і контролю виробничих процесів на промислових підприємствах для забезпечення комплексного підходу до захисту довкілля. Застосування НДТ дозволяє підвищити технологічну ефективність і екологічну безпеку на промислових об'єктах. Керівні документи по найкращих доступних технологіях постійно модифікуються відповідно до передових і найбільш ефективних на сьогодні виробничих процесів і устаткування.

Адсорбція – це перенесення речовин з фази стічних вод на поверхню твердих високопористих частинок (адсорбент). Існує поняття «адсорбційна ємність» – це максимальна кількість адсорбенту, яка може бути поглинута адсорбентом. Коли ємність повністю вичерпана, адсорбент повинен бути замінений свіжим матеріалом. Відпрацьований адсорбент повинен регенеруватися або спалюватися. Потенційні адсорбенти для очищення

стічних вод наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Адсорбенти, що зазвичай використовуються [2, с. 246]

Адсорбент	Форма	Питома площа поверхні ($м^2/г$)	Об'єм пор ($см^3/г$)	Насипна густина (г/л)
Активоване вугілля	Гранули	500–1000	0,3–0,8	300–550
	Порошок	600–1500	0,3–1,0	
Буре вугілля	Гранули, порошок	200–250	<0,1	Приблизно 500
γ-Оксид алюмінію	Гранули, порошок	300–350	0,4–0,5	700–80
Йонообмінні смоли	Гранули	400–1500	Пористість 35–65 %	350–700

В таблиці 2 наведені переваги і недоліки адсорбційного очищення стічних вод.

Таблиця 2 – Переваги і недоліки адсорбції [2, с. 252]

Переваги	Недоліки
− Висока ефективність видалення − Забезпечує видалення токсичних органічних сполук (гранульоване активоване вугілля, порошкоподібне АВ, лігнітний кокс, смоли) − Зазвичай низькі вимоги до місця розташування − Системи автоматизовані − Можливе відновлення сполук (переважно з цеолітами)	− Суміші органічних сполук можуть призвести до зниження адсорбційної ємності − Високий вміст високомолекулярних сполук знижує ефективність і може призвести до незворотного блокування активних ділянок − Ефект промивання в установці з активованим вугіллям, що викликає серйозні проблеми з ерозією − Відпрацьований адсорбент повинен бути регенерований (високе споживання енергії) або утилізований (що призводить до спалювання відходів)

Отже, сорбційне вилучення металів зі стічних вод отримало досить широке поширення внаслідок високої ефективності і відсутності вторинних забруднень. Сорбенти поглинають з водних розчинів метали практично до будь-яких залишкових концентрацій.

Список літератури

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Режим доступу: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/201911/CWW_Bref_2016_published.pdf.

ШУМ ЯК ЧИННИК ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ТА ЗАХОДИ ЩОДО ЙОГО ЗМЕНШЕННЯ

Денисенко М. Д., завідувач навчальної лабораторії, СумДУ, м. Суми

Шум – це один із чинників забруднення довкілля, який, по своїй суті має фізичну (тобто хвильову) природу походження. Поява його – це як правило, скупчення неприємних звуків, які, по своїй суті, мають різні частоти а також інтенсивності різної і призводять до дискомфорту як людей, так і оточуючу природу (тварин, птахів, рослин тощо). З'являється він від коливання змін тиску повітря і може бути різного прояву (постійний, непостійний, періодичний, переривчастий, імпульсний).

Шум – це шкідливий чинник, який згубно впливає на здоров‘я людей. З його появою у людини знижується активність до праці погіршується слух (тобто з'являється глухота), виникають захворювання серцево-судинної системи (мається на увазі гіпертонія), нервової системи (порушення психіки, коли людина стає більш роздратованою), а також ендокринної системи. Для того, щоб людина добре себе почувала і працездатність була у неї високою, треба щоб шум знаходився в межах 45–70 дБ.

З шумом необхідно боротися не тільки на виробництві, а і в побуті. Адаптуватися до шумового впливу людина зазвичай не може, тож проведення заходів щодо регулювання і обмеження шумового забруднення оточуючого середовища – найголовніша мета. Шум приносить шкоду не лише людям. Рослини, під впливом шуму, ростуть дуже повільно. У них занадто сильно виділяється волога на листях, що може привести до їх загибелі, також можуть спостерігатися руйнування клітин.

Також шум негативно діє і на тварин. Від нього гинуть личинки бджіл, а самі бджоли перестають орієнтуватися в просторі. Від сильного шуму лопається шкарлупа яєць в пташиних гніздах, що призводить до їх загибелі. Знижуються надої у корів, овець, кіз, кури перестають добре нестись. Риби теж почувають себе дуже погано, від шуму, особливо коли настає у них нерест.

Шум вимірюється одиницею, такою як бел (Б). Бел – це відношення діючого значення звукового тиску до мінімального значення і яке сприймається вухом людини. Для того, щоб людина чула звук, треба щоб діапазон енергії знаходився в межах тринадцяти або чотирнадцяти белів. Як показує практика, в вимірах використовують таку одиницю, як децибел, бо вона в десять разів менша від бела.

Шум навколишнього природного середовища становить 30–60 децибел. В наш час до природного фону додаються, як правило, виробничі і транспортні шуми, рівень яких нерідко вище 100 децибел. Джерелами шумів на вулицях міст, селищ, і в побуті є різний транспорт (автомобілі, автобуси, літаки, потяги тощо), об'єкти промислового значення, телевізори, комп'ютери, магнітофони, радіоприймачі, інструменти музичного походження, різні види звукової сигналізації, натовпи людей тощо.

До засобів які мають захисну силу від шумового забруднення і які використовуються на підприємствах металургійного, машинобудівного, хімічного, деревообробного та іншого значення, відносять засоби колективного та індивідуального захисту.

До колективних засобів протидії від шумового забруднення можна віднести:

– архітектурно-планувальні;

– акустичні;

– організаційно-технічні.

Зокрема до акустичних засобів. відносяться:

– звукоізоляція (огородження, кабіни, пульти, кожухи, екрани);

– звукопоглинання (облицювання, штучні звукопоглиначі);

– глушники (абсорбційні, реактивні, комбіновані).

До індивідуальних засобів захисту від шуму, відносять (навушники, протишумові вкладки, шумозаглушувальні шоломи).

Для боротьби з автотранспортними шумами, які найбільш розповсюджені в великих і середніх містах, де зазвичай найбільше скупчення різного виду автотранспорту, необхідне щільне насадження рослин біля автотраси. Вони мають властивості поглинати шум (зокрема, такі дерева як липи, тополі, клени можуть поглинати від десяти то двадцяти децибелів різних звуків). Щільність зелених насаджень біля автотрас, призводить до зменшення шумового забруднення десь у десять разів.

Для того щоб зменшити шум в побуті треба:

– налаштувати звук дзвоника на вхідних дверях, в мобільному та стаціонарному телефонах треба таким чином, щоб він був несильний;

– змазувати машинним мастилом петлі дверей, для того, щоб вони тихо як відчинялись, так і зачинялись, обкласти гумою дверну раму, щоб не виникало стукоту при зачиненні дверей;

– у ванну кімнату треба ставити пластикові або дерев'яні двері, так як вони щільно зачиняються і утримують шум;

– телевізор а також магнітофон, треба вмикати тихіше, щоб гучність звука не завдавала неприємних відчуттів як самим, так і сусідам, щільно зачиняти двері до кімнаті;

– ставити пластикові вікна в кімнатах, вони зменшують проникаючу силу шуму ззовні;

– зробити облицювання стін пінопластовими і гіпсокартонними плитами, а також облицювання підлоги прокладками із натуральної пробки, закріпивши їх під лінолеумом чи паркетом.

Отже, боротьба з проблемами забруднення навколишнього середовища – завдання не тільки технічне, а й суспільне. Важливе місце у вирішенні проблемі взаємодії людського суспільства і природи, віддається перш за все боротьбі з шумовим забрудненням оточуючого середовища.

НАПРЯМКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Шалда О. С. студент; Бурла О. А., асистент, СумДУ, м. Суми

Дослідження на тему безвідходного виробництва актуально у тому, що на даний час в сховищах Україні кожен рік, накопичується більш як 1,5 млрд. тонн відходів. В країні у розрахунку на 1 км^2 її території накопичено більше 5 тис. тонн токсичних відходів. Низький технологічний рівень промисловості України, багаторічна енергетико-сировинна спеціалізація висунули її до числа країн з найбільш високими абсолютними обсягами накопичення і утворення відходів.

На даний час акцент зроблено на дослідження важких металів, металлоидов не в міських, а в сільськогосподарських грунтах, з яких надходить забруднена продукція, що отруює тварин і людини. Основними джерелами забруднення ґрунтів небезпечними важкими елементами є: аерального випадання з стаціонарних джерел і засобів пересування; гідрогенного забруднення від надходження промислових стічних вод у водойми; осади стічних вод; органічні і мінеральні добрива та засоби захисту рослин; відвали золи, шлаку, руд, шламів.

Економічний розвитк на сучасном етапі об'єктивно потребує пошуку нових форм господарювання, спрямованих на підвищення ефективності використання усіх видів ресурсів. Серед них, найбільш ефективною є розвиток безвідходного виробництва. Велике значення, має скорочення відходів, та їх використання як вторинних ресурсів. На даний час майже не залишилося таких відходів, які не могли б бути знешкоджені або перетворені в корисні для суспільства продукти.

Найважливішим напрямом збереження природних ресурсів є використання вторинних ресурсів. При виробництві паперу, переробка макулатури економить понад 25 % основної сировини. Потребує коштів використання відходів у виробництво, але витрати в кілька разів менше витрат, які нвідбуваються при видобутку природних ресурсів [1].

Присвячені праці проблемам технологій безвідходного виробництва вітчизняних та зарубіжних вчених, таких як Хомяков В. І., Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А., Мельничук Д., Карл Тетцлав у яких вони досліджують як теоретичні аспекти так і практичні напрямки застосування безвідходного виробництва. Урядом України прийнято ряд заходів для вирішення цієї проблеми.

До проблеми відходів можна звести практично всі антропогенні навантаження на природу. Абсолютно безвідходне виробництво неможливе – вони завжди будуть. Якість і кількість відходів повинна бути такою, що їх зможе переробити, без шкоди жива природа. Вихід з такої ситуації полягає в у впровадженні екологічних технологій у сільськогосподарські виробництва [4].

Компостування є найпоширенішим методом переробки відходів

сільського господарства, а саме птахівництва, також переробка відходів на корм, використання біоенергетичних методів та нових технологій утилізації, та ін. [2; 3].

Переробка на кормові домішки для великої рогатої худоби, ще одним з видів переробки органічних відходів. Біля 40% поживних речовин корму не перетравлюється птахами, виникла ідея використовувати його для годівлі тварин та птахів. Поживні речовини мають перероблені відходи птахівництва. Вони здатні замінити синтетичні кормові домішки, якими годують тварин. В розвинутих країнах інтенсивно використовують біоенергетичні методи утилізації відходів. Біоенергетичні методи вирішують одразу декілька задач: збору та переробки відходів птахофабрик з уловлюванням та нейтралізацією шкідливих біогазів, отримання екологічно чистих добрив, а також метану для міні-ТЕЦ.

Під час оцінки економічну ефективність переробки біомаси, слід враховувати і те, що біогазові установки є також обладнанням для переробки гною та інших органічних відходів. Тому економічні витрати на їх створення й експлуатацію потрібно розглядати комплексно. При підрахунку собівартості біогазу необхідно враховувати вартість заходів із утилізації відходів і захисту навколишнього середовища. У підрахунку собівартості біогазу необхідно враховувати вартість заходів із утилізації відходів і захисту навколишнього середовища. Завжди матиме позитивний економічний ефект побудова й експлуатація біогазових установок.

Незважаючи на значні капітальні вкладення, за розрахунками, термін окупності промислової біогазової установки становить близько трьох років. Фахівці національного аграрного університету оцінюють обсяги сучасного виробництва біогазу з агропромислової сировини в Україні на рівні 1,6 млн. тонн умовного палива [5].

Таким чином, досвід використання безвідходних технологій і відновлювальних джерел енергії є в сучасних умовах господарювання одним із джерел отримання додаткового прибутку та дієвим засобом зменшення шкідливого екологічного навантаження на навколишнє середовище в умовах роботи сільськогосподарських підприємств.

Список літератури

1. Хомяков В.І., Бакум І.В., Економіка сучасної України. – Черкаси: ЧДТУ, 2006. – 335 с.

2. Биомасса как возобновляемый источник энергии [www.itellect.org.ua.]

3. Кузьмінський Є. Біоенергетика – вибір майбутнього. [www.zn.kiev.ua]. №27, 2005р.

4. ТОВ НВО «Технології майбутнього» Разработка безотходной технологии и технических средств утилизации отходов птицеводства с получением полезных продуктов. – Ставрополь, 2003 г.

5. Вяткін П. С. Досвід безвідходного виробництва на переробних підприємствах сільського господарства. Праці Черкаського державного технологічного університету. Черкаси : ЧДТУ, 2008.

ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Колонтаєв М. С., студент; Бурла О. А., асистент, СумДУ, м. Суми

На сьогоднішній день, сільське господарство не може без застосування мінеральних добрив. Вони дозволять збільшити врожайність, підвищити родючість ґрунтів, підвищують якість сільськогосподарської продукції.

Під час застосування мінеральних добрив приріст врожаю збільшується на 50 %.

У якості одного из шляхів розвитку сільських господарств пропонується повна відмова від використання мінеральних добрив. Але це закінчиться катастрофічним скороченням виробництва та продовольств.

Застосуванням мінеральних добрив обумовлена можливість повного або часткового скорочення чистого пара, мінімізації обробітку грунту і прямого посіву. Добрива представляють собою найважливіший засіб регулювання біологічного кругообігу, що запобігає виснаження грунтів, деградацію агроландшафтів і розширення геологічного кругообігу.

Під час використання добрив, невиконання обґрунтованих фахівцями порад і заходів, негативний впливу мінеральних добрив на окремі компоненти біосфери, недосконаліть засобів їх використання може негативно вплинути на стан навколишнього природного середовища та на людину [1].

Забруднення середовища під час використання мінеральних добрив, відбувається через недосконаліть властивостей хімічного складу добрив, зберігання та застосування мінеральних добрив та порушення технології виробництва. В сільськогосподарській продукції, нагромадження нітратів залежить:

– від дози азотних добрив;
– термінів внесення;
– довжини світлового дня і часу посіву насіння;
– від освітлення.

Фосфорні добрива і їх бездумне використання мають велике екологічні наслідки. До збільшення накопичення фосфору у водних об'єктах приводять фосфорні добрива. Викликає еутрофікацію (заростання) водойм при нагромадженні у водному середовищі в значних кількостях.

Калійні добрива забруднюють навколишнє середовище в меншій мірі. Негативно впливають в основному супутні калію аніони: хлорид, сульфат та інші. До шкідливих домішок, що містяться в калійних добривах, можна також віднести хлор, що у великих дозах негативно впливає на врожай картоплі, винограду, тютюну, цитрусових і прядильних культур [2].

Вапнування (агротехнічні методи), істотно обмежують надходження важких металів в рослини у випадку забруднення ґрунту. Під час систематичному і інтенсивному надходженні важких металів з опадами чи пилом (поблизу доріг і промислових зон) тільки за допомогою вапнування не вдається істотно знизити їх вміст у надземних органах рослин.

Пропонується під час використання мінеральних добрив для поліпшення стану навколишнього середовища:

а) під час внесення добрив, шляхом зменшення нерівномірності розсіювання добрив;

б) для запобігання накопичення в ґрунті азоту, необхідно застосовувати добрива азотні в амонійній і мідній формах, та наближувати строки їх внесення до фаз найбільшого споживання азоту рослинами;

г) для зменьшення забруднення місцевих річок поверхневими стоками з полів господарству пропонується скоротити строки зберігання добрив на полях, для тимчасового зберігання будувати майданчики мінеральних добрив в польових умовах, заборонити внесення добрив по сніговому покриву, саджати лісосмуги, які будуть затримувати поверхневий стік з полів;

д) забезпечити належні умови для зменшення втрати мінеральних добрив зберігання їх в відповідних приміщеннях та не зберігати мінеральні добрива на відкритому просторі;

е) не використовувати добрива, які містять важкі метали та інші токсичні елементи (тільки екологічно безпечні висококонцентровані). Які повинні відповідати вимогам оптимізації рослин із врахуванням їх біологічним властивостям, тобто, які включають макро- і мікроелементи, стимулятори росту рослин, інгібітори нітрифікації та інші речовини;

є) удосконалити технологію використання хімічних засобів захисту рослин від шкідників. Пропонується для вирішення даної задачі господарству, організувати інтегровану систему захисту рослин, що включає біохімічні, агротехнічні, і хімічні методи боротьби з шкідниками;

ж) необхідно удосконалювати існуючі технології хімічного засобу захисту рослин від бур'янів. Господарству пропонується, для вирішення даної задачі, організувати інтегровану систему захисту рослин, що включає агротехнічні, біохімічні і хімічні методи боротьби з бур'янами. При цьому необхідно дотримуватися норм, які встановлені науковими установами хімічних засобів.

Отже, під час використання мінеральних добрив, для поліпшення стану навколишнього середовища, потрібно дотримуватися технологій внесення добрив під озиму пшеницю, а також дотримуватися науково обґрунтованих порад співвідношення внесення мінеральних добрив під сільськогосподарські культури, удосконалювати технологію внесення мінеральних добрив.

Список літератури:

1. Хомяков В.І., Бакум І.В., Економіка сучасної України. – Черкаси: ЧДТУ, 2012. – 335 с.

2. ТОВ НВО „Технології майбутнього" Разработка безотходной технологии и технических средств утилизации отходов птицеводства с получением полезных продуктов. – Ставрополь, 2013 г.

ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ СТУДЕНТІВ ПІД ЧАС НАВЧАЛЬНО-ВИХОВНОГО ПРОЦЕСУ З ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ

Бурла А. О., старший викладач; Прийменко С. А., асистент;
Бурла О. А., асистент, СумДУ, м. Суми

Щодо охорони природи, сьогодні важним нормативним показником успішності природокористування є здоров'я людини. Стан здоров'я людини і стан навколишнього середовища – явища, які тісно взаємопов'язані. Оздоровленню людського організму сприяє чисте природне середовище.

Екологічні знання не тільки пояснюють невідомі сторони дійсності, а й покликані виконувати нормативні функції по ставлення до різних гранях людської діяльності і сприяти формуванню екологічної культури.

Екології надається велике значення при вирішенні завдань як в сфері фізичної культури так і олімпійського та масового спорту. Це обумовлено тим, що фізична культура і спорт потребують здорової навколишньому природному середовищу, а фізкультурноспортівна діяльність не повинна завдавати шкоди живій природі і здоров'ю людини, повинна мати, як і будь-який інший вид людської діяльності, природоохоронну спрямованість [1].

На певних територіях, негативний екологічний стан сприяє виникненню захворювань, сприяє підвищеню смертності, скорочує середньє тривалість життя тощо. Наслідком взаємодії природних і соціальних чинників є здоров'я людини.

Фахівці вважають, що напрям вдосконалення освітніх програм сьогодні є екологічна освіта, яка спрямована на формування загальної екологічної культури як безперервного процесу навчання, виховання і розвитку.

Формування екологічної свідомості є основною метою екологічної освіти та вихованні в системі фізичного виховання. Як форми регуляції взаємодії особистості студента з навколишнім середовищем, а особливо з тими його сторонами, де протікає навчальний, тренувальний і відновлювальний процеси, розкриття актуальних питань екологічної освіти і виховання студентів під час навчально-виховного процесу з фізичного виховання [2].

Цілеспрямована система екологічної освіти – необхідний засіб формування екологічної культури у студентів під час проведення спортивно-масових заходів. Це необхідно для формування вірного відношення до природи, визначення допустимої міри її перетворення.

Потребує дотримання певних профілактичних заходів відновлення та збереження здоров'я студентів, які тривалий час проживали або проживають у зонах малих доз радіоактивного випромінювання, пов'язаних з аварією на Чорнобильській АЕС. Необхідно також висвітлити проблему глобальної зміни клімату і його впливу на зимові види спорту (насамперед гірськолижний спорт і гірськолижних центрів) і перспективи подальших розвідок гірськолижних центрів в Карпатах (Буковель, Драгобрат та ін.), а так

само в інших регіонах.

На даний час є тенденція до збільшення студентів, які взагалі не турбує ця ситуація. Не застосовують ніяких профілактичних заходів. В діагностичних центрах лише незначна частина студентів проходять обстеження. Займаються додатково рекомендованими фізичними вправами для відновлення здоров'я, використовують медичні препарати радіозахисної дії, відвідують сауну, намагаються споживати чисті продукти.

Серед основних причин виникнення сучасних порушень функціональної діяльності організму і хвороб у студентів можна виділити:

1) забруднення радіоактивними речовинами навколишнього середовища, нітратами, пестицидами, важкими металами та рядом інших шкідливих речовин;

2) неосвіченість, необізнаність та відсутність елементарних навиків і умінь у студентів поводження в умовах забрудненого навколишнього середовища;

3) порушення раціону, режиму, правил харчування;

4) шкідливі звички, низький рівень матеріального забезпечення, незадовільні санітарно-гігієнічні умови проживання;

5) поява гіподинамії у значної частини молоді, порушення норм здорового способу життя;

6) соціальні негаразди і нервово-емоційні стреси в суспільстві;

7) на телебаченні і у пресі зниження пропагандистської діяльності щодо залучення до активних занять фізичними вправами і спортом. Визначення необхідності для життєдіяльності людини;

8) зниження якості проведення навчально-виховного процесу організації, планування з фізичного виховання в освітніх закладах;

9) невміння та відсутність знань що до адаптування до чинників навколишнього середовища.

Сприяє формуванню та розвитку екологічної культури студентів, цілеспрямований розвиток системи екологічної освіти, вихованню у навчальному процесі з фізичного виховання, під час проведення спортивно-масових і фізкультурно-оздоровчих заходів.

Екологічні знання, ціннісні орієнтації є основою екологічної культури та екологічного мислення студентів, які допомагають вирішенню комплексних екологічних проблем, що стоять перед студентами, забезпечують комфортність їх проживання, безпечність занять фізичними вправами та спортом у природному середовищі, сприяють збереженню та зміцненню здоров'я шляхом вірного використання природних чинників.

Список літератури:

1. Грибан Г. П. Проблеми екології у фізичному вихованні. Житомир «Рута» 2015. 182 с.

2. Чаплигін В. Вплив факторів зовнішнього середовища на формування здоров'я людини. Фізична культура, спорт та здоров'я нації: зб. наук. праць. Вип. 5. ДОВ «Вінниця». Вінниця, 2016. С. 509–513.

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ТА ІНЖЕНЕРІЯ»

АНАЛІЗ СТАДІЙ ГРАНУЛОУТВОРЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ПОРИСТОЇ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ

Потапов Д.Р., студ. гр. ХМ.м-91/1, СумДУ, м. Суми

Аміачна селітра (АС) та її різновиди (по щільності), такі як пориста аміачна селітра (ПАС), користується великим попитом на світовому ринку. Наприклад, у 22 штатах США розташовано 58 заводів з аміачної селітри, які виробляють близько 9 млн. т аміачної селітри. Приблизно 60 відсотків АС виробленої в США продається у вигляді твердого продукту. Приблизно від 15 до 20 відсотків від цієї кількості використовується у вигляді ПАС для виробництва вибухівки, а залишок використовується як добрива у сільському господарстві. ПАС є структурним різновидом аміачної селітри ($NH4NO3$) та виробляється у процесі нейтралізації азотної кислоти ($HNO3$). У промислових умовах аміачні селітрові заводи виробляють розчин аміачної селітри у воді в результаті хімічної реакції аміаку та азотної кислоти. Цей процес нейтралізації кислоти проводять у апараті (нейтралізаторі) наступним чином:

$$NH3+HNO3 \rightarrow NH4NO3 \quad (1)$$

АС продається у декількох формах, це залежить від напряму її використання. Добриво виготовляють у вигляді рідкої аміачної селітри та для підвищення її ефективності до АС додають сечовину. АС також концентрують та утворюють розплав, який використовують для утворення твердих речовин. Тверда АС виробляється у вигляді гранул або кристалів які мають як високу так і низьку щільність. Це залежить від концентрації розплаву. Як добрива використовуються гранули АС та її кристали високої щільності, а ось зерна та гранули низької щільності використовують виключно для виготовлення вибухових речовин.

Для отримання твердого продукту, у вигляді гранул або кристалів, розчин аміачної селітри концентрують у теплообміннику-випарнику так званому «концентраторі». Отриманий щільний розчин (розплав) містить приблизно від 95 до 99,8% АС при температурі близько 149°С. Потім з цього щільного розчину виготовлюють тверді продукти АС у вигляді гранул. Ось ця остання стадія виробництва АС зветься грануляцією.

У промисловості для грануляції використовують грануляційні башти де краплі АС падають протитоком до повітряного потоку, що піднімається, охолоджуються та застигають у вигляді сфер. Щільність гранул можна змінювати, використовуючи різні концентрації розплаву нітрату амонію.

На кафедрі «Хімічної інженерії» Сумського державного університету розроблено нові способи гранулювання та апарати для їх здійснення з метою створення нових прогресивних технологій гранулювання та отримання ПАС безбаштовим методом.

Робота виконана під керівництвом проф. Склабінського В.І.

ПРОМИСЛОВІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ГАЗІВ ВІД СІРКОВОДНЮ

Гавриченко В. О., студ. гр. ХМ.м-01/1, СумДУ, м. Суми

Газоподібні викиди дуже несприятливо впливають на екологічну обстановку в місцях розташування цих промислових підприємств, а також погіршують санітарно-гігієнічні умови праці. До агресивних викидів ставляться окисли азоту, сірководень, сірчистий, вуглекислий і багато інших газів.

Сірководень в більшості випадків є отрутою для каталізаторів промислових процесів та живих організмів. Ретельне очищення газів від сірководню необхідно в хімічній, нафтогазовій та металургійній промисловості. Сучасні методи очищення промислових газів від сірководню поділяються відповідно до агрегатного стану поглинача на сухі і мокрі способи.

Мокрі способи очищення газів від сірководню (H2S) поділяються на окисні, кругові і комбіновані. При окисних процесах застосовують поглиначі, що окислюють сірководень до елементарної сірки. У комбінованих процесах очищення як поглинача застосовується зазвичай розчин аміаку, який утворює разом з сірководнем, при його каталітичному окисленні, сульфат амонію. У кругових процесах застосовують слабкі луги, з якими сірководень пов'язується в сульфіди, а потім відганяється від поглинального розчину в незмінному вигляді. В процесі мокрого очищення газ промивається відповідним поглиначом, абсорбуючим сірководень. Надалі поглинач піддається регенерації з виділенням елементарної сірки або сірководню. Відмінною особливістю кругових способів очищення газу від H2S є виділення сірководню з поглинача в концентрованому вигляді з метою його подальшої переробки в сірку або сірчану кислоту.

Лужні (карбонатні способи). Цей метод знайшов застосування в ряді країн через порівняну дешевизну процесу і низької вартості одержуваної сірки. При регенерації сірководень виділяється у вигляді концентрованого газу. Цей концентрований газ можна використовувати для отримання сірчаної кислоти шляхом спалювання сірководню. Можливо також використання його для отримання елементарної сірки шляхом каталітичного окислення.

За ступенем очищення газу і простоті найкращим є етанол міновий спосіб, при якому досяжна очищення газу до слідів сірководню. В умовах атмосферного тиску миш'яково-содовий спосіб (2 ступінчастий) забезпечує ступінь очищення газу від H2S 92-98%. При содовому і поташному способах ступінь очищення досягає 90%. Під тиском ступінь очищення в останніх двох способах підвищується.

Підготовлено під керівництвом проф. Склабінського В.І.

ПРОЦЕС РЕКТИФІКАЦІЇ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ ТОЛУОЛУ

Лебедь К. В., студ. гр. ХМ.м-01/1, СумДУ, м. Суми

Толуол зустрічається в природі в низьких кількостях в сирій нафті і є побічним продуктом виробництва бензину на установках каталітичного риформінгу або етилену крекінгу. Він також є побічним продуктом виробництва коксу з вугілля. Остаточний поділ і очищення здійснюються будь-яким з процесів перегонки або сольвентної екстракції, що використовуються для ароматичних сполук (ізомери бензолу, толуолу і ксилолу). Велика частина виробленого толуолу - нафтохімічного походження. Так, наприклад, в США 76.3% споживаного толуолу забезпечували установки каталітичного риформінгу бензинових фракцій, 14.4% - установки піролізу нафтопродуктів. Виробництво толуолу з кам'яного вугілля в США становить лише 1.2%.

Потреба в толуолі за останні 50 років різко впала. Зміна вимог в розвинених країнах до змісту ароматичних вуглеводнів і особливо бензолу в товарних бензинах примушує їх виробників шукати способи вилучення і отримання чистих аренів з продуктів бензинового риформінгу.

Так вже у 1999 р лише 38% виробленого в світі толуолу використовували для підвищення октанового числа бензинів, проте в найближчі роки очікується ще більш значне скорочення потреби в толуолі в цій області. Сировиною для виробництва ароматичних вуглеводнів за допомогою процесу каталітичного риформінгу служать бензинові фракції прямої перегонки нафти з різними інтервалами кипіння: для отримання бензолу - фракція 62-85^{0}С; щоб одержати толуол - фракція 85-105^{0}С; для отримання ксилолів - фракція 105-140^{0}С.

Так, одним із способів отримання бензолу та толуолу є ректифікація суміші бензол-толуол. Бензол (С6Н6) - ароматичний вуглеводень - входить до складу бензину, широко застосовується в промисловості, є вихідною сировиною для виробництва ліків, різних пластмас, синтетичної гуми, барвників. У фізичній вазі пластмас близько 30%, в каучуках і резинах - 66%, в синтетичних волокнах - до 80% припадає на ароматичні вуглеводні, родоначальником яких є бензол. Бензол входить до складу сирої нафти, але в промислових масштабах здебільшого синтезується з інших її компонентів.

Ректифікаційні колони забезпечують отримання бензолу і толуолу чистотою 99,9%. Утримання толуолу в суміші ксилолів не перевищує 1,5%. Застосовують ректифікацію також для отримання окремих фракцій і індивідуальних вуглеводнів з нафтової сировини в нафтопереробній та нафтохімічній, а також в хіміко - фармацевтичній промисловості.

Підготовлено під керівництвом проф. Склабінського В.І.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ШИРИНИ СТІКАЮЧОЇ ПЛІВКИ РІДИНИ

Костюченко Є. В., аспірант; СумДУ, м. Суми; Лукашов В. К., проф. каф. ХТВМС, Шосткинський інститут СумДУ, м. Шостка

На підставі експериментального дослідження було встановлено, що ширина стікаючої з нагрітої поверхні плівки рідини зменшується по її довжині. Ступінь цього зменшення залежно від умов стікання може досягати 50% і більше від початкової ширини. Така зміна ширини плівки має важливе значення в практиці використання плівкових течій у зв'язку з тим, що впливає на їх площу тепло- і масообміну. У даній роботі явище зміни ширини рідкої плівки розглядається в застосуванні до плівкового процесу концентрування розчинів малолетких рідин в умовах випаровування в перехресний потік нейтрального газу. Аналіз літературних даних показує, що зміни ширини плівки можна пояснити капілярними ефектами [1]. Поява цих ефектів пов'язана із градієнтом поверхневого натягу, що виникає на вільній поверхні плівки при зміні її температури або складу розчину. Наявність градієнта поверхневого натягу призводить до деформації плівки [2].

Дослідження проводили на експериментальній установці, що забезпечує стікання плівки з нагрітої поверхні, на відстані від поверхні була встановлена огороджувальна стінка. У простір між нагрітою поверхнею й огороджувальною стінкою, перпендикулярно по руху плівки, подавали повітря. Установка має систему регулювання й зміни витрати, а також температури подаваної на нагріту поверхню рідини, температури поверхні (температурі обігріваючого теплоносія), швидкості й температури повітря. В якості рідини, що утворює плівку, використовували воду й водний розчин гліцерину. Ширину плівки оцінювали в її фіксованих перерізах за допомогою штангенциркуля з ціною поділу 0,05 мм. Результати оцінки представляли у вигляді залежностей відносної ширини плівки від відстані стікання при різних параметрах процесу. Як приклад на рисунку 1 наведена така залежність при різних витратах рідини.

Отримані дані показали, що зменшення ширини плівки відбувається у всіх досліджених випадках, в основному на відстані 200-300 мм від її початкового перерізу. З зменшенням витрати рідини ступінь зменшення ширини плівки зростає. Значний вплив на зміну ширини плівки надає температура нагріву поверхні. З її збільшенням ширина плівки зменшується, причому для розчину гліцерину з більшою інтенсивністю, ніж для води. Ступінь зменшення ширини плівки зростає зі збільшенням температури рідини й зменшенням концентрації розчину. Вплив швидкості й початкової температури повітря знаходиться в межах розкиду експериментальних точок.

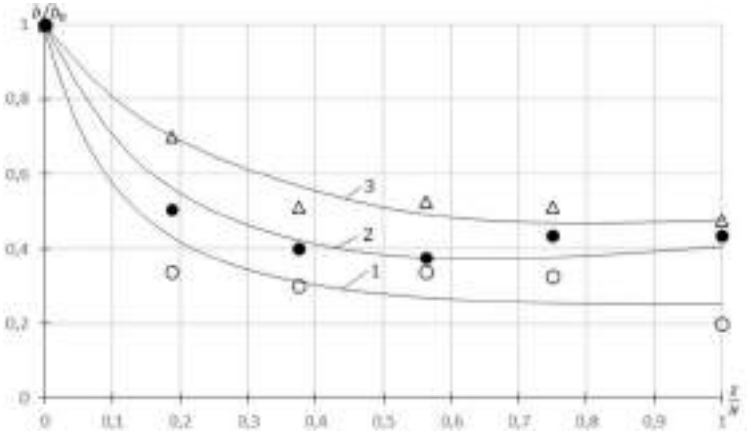


Рисунок 1 – вплив початкової витрати рідини на зміну ширини плівки за її довжиною: 1 – L_0 =0,00171 кг/с; 2 – 0,00444 кг/с; 3 – 0,00653 кг/с

В цілому, найбільший вплив на зміну ширини плівки по її довжині надають витрата рідини (густина зрошення нагрітої поверхні) і температура нагріву поверхні. Можна припустити, що це пов'язано відповідно з товщиною плівки й ступенем її нагрівання за довжиною, характеристиками, які визначають градієнт поверхневого натягу на вільній поверхні плівки.

Зміна ширини стікаючої плівки рідини по її довжині призводить до відхилення реальної величини поверхні випаровування плівки від розрахованої за початковою шириною й викликає необхідність відповідного коректування площі цієї поверхні при розрахунку процесу концентрування. Для цього була введена середня поверхня випаровування плівки. Її визначення полягало в побудові експериментально встановлених границь плівки, їх апроксимації та розрахунку площі між ними за допомогою пакету прикладних програм «Компас 3D». При заданій висоті стікання плівки цю поверхню замінювали поверхнею з прямолінійними границями й площею, що дорівнює площі виміреної поверхні. Характеристикою середньої поверхні випаровування є її ширина, яку використовували в розрахунках. На підставі експериментальних даних встановлено залежності ширини середньої поверхні випаровування та отримано емпіричні рівняння для її розрахунку.

Перелік джерел посилань

1. Зейтунян Р.Х. Проблема термокапиллярной неустойчивости Бенара-Марангони // Успехи физических наук.- 1998. - Т. 168, № 3. - С. 259-286.

2. Кузнецов В.В., Витовский О.В., Красовский В.А. Экспериментальное исследование режимов течения при испарении жидкости на вертикальной поверхности нагрева // Теплофизика высоких температур. - 2007. - Т. 45, №1. - С. 77-84.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РЕКТИФІКАЦІЇ КОВПАЧКОВОЇ КОЛОНИ

Лаврик В. С., студ. гр. ХМ.м-01/1, СумДУ, м. Суми

Ректифікація - процес поділу гомогенних сумішей летючих рідин шляхом двостороннього масо- і теплообміну між неврівноваженими рідкої і парової фазами, що мають різну температуру і рухаються відносно одна одної. Поділ здійснюється зазвичай в колонних апаратах при багаторазовому або безперервному контакті фаз. При кожному контакті з рідини випаровується першочергово НК, яким збагачуються пари, а з парової фази конденсується переважно ВК, що переходить в рідину. Обмін компонентами між фазами дозволяє отримати, в кінцевому рахунку, пари, що представляють собою майже чистий НК. Ці пари, що виходять з верхньої частини колони, після їх конденсації в окремому апараті дають дистилят, або ректифікат (верхній продукт) і флегму - рідина, що повертається для зрошення колони і взаємодії з парами, що піднімаються по колоні. Знизу колони видаляється рідина, що є майже чистий висококиплячий продукт так званий кубовий залишок (нижній продукт). Частина залишку випаровують в нижній частині колони для отримання вихідного потоку пара.

Критеріями оптимізації роботи ректифікаційної колони первинної перегонки є показники надійності і ефективності роботи колони, інтенсивність тепло-масообмінних процесів. Важливим показником є витрати енергії на забезпечення теплового режиму роботи колони. Показник інтенсивності тепло-масообмінних процесів в свою чергу залежить від гідродинаміки потоку, обумовленою конструкцією тарілки і ковпачків. У зв'язку з цим в даній роботі доцільно розглянути створення максимально ефективної конструкції ковпачка і тарілки в цілому з точки зору забезпечення гарної гідродинаміки потоків та інтенсифікації процесів, що відбуваються на тарілках. У зв'язку з вищесказаним метою даної роботи є оптимізація роботи ректифікаційної колони первинної перегонки нафти за критеріями інтенсифікації тепло-масообмінних процесів і скорочення витрат енергії на забезпечення теплового режиму роботи колони.

Робота виконана під керівництвом доц. Яхненка С. М.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КОНДЕНСАЦІЇ ПАРІВ ЕТАНОЛУ В СКЛАДІ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Крощенко А. С., студ. гр. ХМ.м-01/1, СумДУ, м. Суми

Конденсація - термічний процес зміни агрегатного стану газу чи насиченої пари в сконденсований (рідкий чи твердий) методом зміни температури (охолодження) чи стиснення. Конденсація є невід'ємною частиною в складі технологічної схеми ректифікації.. Тобто конденсація набула використання в нафтовій, хімічній, спиртовій промисловості (а саме в складі браго-ректифікації для отримання етилового спирту), ну а також для виділення та розділення будь яких інших речовин.

Виробництво спирту є однією з провідних галузей хімічної промисловості. Етиловий спирт отримують двома способами: гідратацією та ферментацією (бродіння). Найбільше поширення отримав спосіб з використанням бродіння тобто брагоректифікації. Після браго ректифікації рідина поступає до наступного етапу, а саме – конденсації.

Метою проектування конденсатора є розробка апарату з найбільш можливим коефіцієнтом теплопередачі. Щоб нам цього досягти потрібно розробити апарат, що має досить велику поверхню теплообміну а також там потрібно досягти умов зі яких не буде відбуватися відкладення осадів та накипів. Забезпечення максимально можливої швидкості циркуляції розчину в апараті дає можливість підвищити інтенсивність теплообміну.

Вирівнювання термічних опорів в протилежних сторонах поверхні теплообміну є головною проблемою в інтенсифікації роботи конденсаторі чи кожухотрубних теплообмінників в цілому. Вирівнювання цих опорів можна досягати за допомогою оребрення її з боку теплоносія з меншим коефіцієнтом теплопередачі як методу підвищення поверхні теплообміну, а також можна методом підбору гідродинаміки теплоносія .Для інтенсивності теплообміну в апараті можна використовувати підвищення ступеню турбулентності потоку, що досягається за допомогою штучно створюваних пульсацій потоку на вході в апарат

Також досить корисним є те, що оребрення труб не тільки підвищує поверхню теплообміну, а також підвищує турбулізацію потоку ребрами, але й слід враховувати, що ефективність ребра залежить від виконання цих ребер. Тобто якщо ребра виготовлені за одне ціле з трубою то ефективність різко втрачається.

Використання оребрених труб в сучасній хімічній інженерії є одним з найкращих методів оптимізації теплообмінних апаратів.

Робота виконана під керівництвом доц. Яхненка С. М.

КОЖУХОТРУБЧАСТИЙ ТЕПЛООБМІННИК ІЗ ПАРОВИМ ПРОСТОРОМ ДЛЯ ВИПАРОВУВАННЯ ЕТИЛОВОГО СПИРТУ У СКЛАДІ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Міхеєв Ю. Ю., студ. гр. ХМ.м-01/1, СумДУ, м. Суми

Швидкий ріст науково-технічного прогресу в спиртовій промисловості вимагає створення безвідходних технологій, максимальної механізації і автоматизації виробництва, втілення нових видів високопродуктивного обладнання та підвищення якості продукції. Етанол (етиловий або винний спирт) – це органічна сполука, що входить до ряду одноатомних спиртів складу C2H5OH (скорочено EtOH). Є безбарвною, легкозаймистою рідиною за нормальних умов. Етанол є активною складовою спиртних напоїв, які зазвичай виготовляються ферментацією вуглеводів. В промисловості етиловий спирт часто синтезують з нафтової та газової сировини каталітичною гідратацією етилену та застосовується у великій кількості як пальне, розчинник, антисептик. Відповідно з ДСТУ 4221:2003 етанол є токсичною речовиною з наркотичною дією, за ступенем впливу на організм людини належить до четвертого класу небезпечних речовин та має канцерогенні властивості. Найбільше поширений спосіб одержання спирту з використанням бродіння тобто брагоректифікації. Перегонка на браго-ректифікаційних установках (БРУ) – є однією з найголовніших операцій при виробництві етилового спирту. Саме від типу БРУ залежить міцність і якість спирту.

Теплообмінники-випарники кожухотрубного типу застосовують у холодильних установках для випаровування низькокиплячих холодоагентів при охолодженні нагрітих робочих середовищ до низьких температур, а також у ректифікаційних та десорбційних установках у якості паро генеруючого обладнання для обігрівання нижньої частини колони потоками пари киплячого компонента. У випарниках-конденсаторах по обидві сторони поверхні теплопередачі теплоносії змінюють свій агрегатний стан – у той час як гарячий теплоносій віддає тепло та конденсується, холодний теплоносій, по іншу сторону поверхні, нагрівається та випаровується. У якості гарячого теплоносія, що подається у трубний простір, використовується насичена водяна пара під тиском.

Метою проектування теплообмінника-випарника є розробка апарату з найбільш можливим коефіцієнтом теплопередачі, а також потрібно досягти умов за яких не буде відбуватися відкладення осадів та накипів. Забезпечення максимально можливої швидкості циркуляції теплоносіїв дає можливість підвищити інтенсивність теплообміну. Для інтенсивності теплообміну в апараті можна використовувати підвищення ступеню турбулентності потоку, що досягається за допомогою штучно створюваних пульсацій потоку на вході в апарат.

Робота виконана під керівництвом доц. Яхненка С.М.

КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ГРАНУЛ СУПЕРФОСФАТУ

Наталуха А. Р., студ. гр. ХМ-71/1кі, СумДУ, м. Суми

Різноманітні способи охолодження гранульованих матеріалів базуються на передачі тепла від нагрітих частинок охолоджувальному повітрю. Коректне і більш точне визначення кінетичних параметрів процесу конвективного охолодження частинок у зваженому шарі матеріалу (темпу і часу охолодження, температурного профілю) можливо тільки при математичному моделюванні в логічного взаємозв'язку «одиночна частинка - ансамбль частинок - зважений шар».

Процес теплопереносу всередині гранули описується диференціальним рівнянням теплопровідності:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a_{т}\left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial t}{\partial r}\right). \qquad (1)$$

Рішення рівняння (1) методом розділення змінних представляється у загальному вигляді:

$$\frac{t(r,\tau)-t_c}{t_н - t_c} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \frac{\sin(\mu_n \frac{r}{R})}{\mu_n \frac{r}{R}} \exp(-\mu_n^2 \cdot F_o)\,. \qquad (2)$$

Із рівняння (2) отримуємо залежності для визначення температурного профілю чи часу охолодження гранул.

Аналіз розрахунків кінетики охолодження гранул суперфосфату показав, що ефективність процесу охолодження у гідродинамічному режимі гравітаційно падаючого шару низька і даний режим не може бути рекомендований для ефективного та повного охолодження гранул суперфосфату.

Охолодження гранул суперфосфату у апаратах, які працюють у гідродинамічних режимах киплячого та зваженого шарів є ефективним і вони можуть забезпечити повне охолодження гранул суперфосфату до технологічно необхідної температури 40–45^{0}С. При цьому у гідродинамічному режимі зваженого шару ефективне охолодження досягається при менших швидкостях газового потоку, ніж у гідродинамічному режимі киплячого шару. Це реалізується, наприклад у поличному охолоджувачі, який характеризується меншими величинами витрат охолоджуючого повітря та гідравлічного опору (відповідно 0,5 – 0,6 м^3/кг та 0,5 – 1,5 кПа проти 1,4 – 2,8 м^3/кг та 1,8 – 2,0 кПа в апаратах киплячого шару).

Робота виконана під керівництвом доц. Юхименка М.П.

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ОХОЛОДЖУВАЧА ГРАНУЛЬОВАНОГО СУПЕРФОСФАТУ

Звягін І. О., студ. гр. ХМ-71/1кі, 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. Найбільш прості за конструкцією апарати з вільним перетином з гравітаційно падаючим шаром, що характеризуються найменшим гідравлічним опором, в умовах багатьох виробництв малоефективні. При використанні в якості охолоджувачів вони мають надзвичайно велику висоту, зважаючи на малий час перебування частинок в робочому просторі і низьку ефективність міжфазного теплообміну. У апаратах із псевдозрідженим шаром забезпечується більш інтенсивний і тривалий контакт фаз при значних концентраціях частинок в шарі. Однак час перебування частинок змінюється в дуже широких межах, що відбивається на повноті протікаючих процесів. Дрібні частинки піддаються більш глибокому охолодженні, ніж великі. Якщо матеріал має невисоку механічну міцність, то внаслідок подрібнення частинок утворюється багато пилу. Виніс дрібних фракцій, при обробці деяких високодисперсних матеріалів, досягає 70-80%. Поличні охолоджувачі зваженого шару дозволяють усунути або істотно зменшити деякі недоліки розглянутих апаратів. Поличні контактні елементи можна переміщати всередині апарату, а також використовувати для заміни; можна легко змінювати положення полиць, а також їх параметри і число; на них можлива установка теплообмінних елементів; вони не мають спеціальних перевантажувальних пристроїв, менш схильні до забивання.

Різна фізична сутність цих процесів вимагає відмінності в конструктивному виконанні апарату. Тому більше перспективними є апарати, пристрій яких враховує різницю в механізмі гідромеханічних та теплообмінних процесів, що протікають на різних рівнях. Даний апарат працює в двох режимах: верхня секція призначена для видалення у винос повітряним потоком дрібних фракцій з полідисперсної суміші гранульованого суперфосфату і часткового охолодження товарної; нижня секція призначена для повного охолодження товарної фракції гранульованого суперфосфату.

У двосекційних охолоджувачах питома витрата охолоджуючого повітря для досягнення тієї ж ефективності охолодження на 30-40% нижче, а температура відпрацьованого повітря, що виходить із апарата, вище на 30-35 °С в порівнянні з типовими конструкціями охолоджувачів із псевдозрідженим шаром.

Робота виконана під керівництвом доц. Юхименка М.П.

ПОБУДОВА РЕГРЕСІЙНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНОГО КАТОДНОГО ЕЛЕКТРОМЕМБРАННОГО ОСАДЖЕННЯ МЕТАЛІВ

Сердюк В. О. асп. каф. ХІ; Склабінський В. І., професор, зав. каф. ХІ; Большаніна С. Б., доцент, зав. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми

З метою встановлення оптимальних значень pH в розчині католіту для ефективної роботи модулів електрохімічних в синтетичних анолітах, що імітували склади ванн пасивацій кадмієвих та цинкових гальванічних покриттів, досліджували зміну кислотності розчину з протягом часу електролізу [1, 2]. Одночасно досліджували продукти виділення на катоді у вигляді осажденого металу при силі струму 0,7 А, на протязі від 1 до 12 годин [2]. Результати представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Зміна кислотності середовища в католіті та маса виділених металів на катоді при роботі електрохімічного модуля

Час роботи модуля, год	Значення pH католіту		Маси металів на катоді, г	
	Аноліт з дом. Cd^{2+}	Аноліт з дом. Zn^{2+}, Cd^{2+} Cr^{3+}	Аноліт з дом. Cd^{2+}	Аноліт з дом. Zn^{2+}, Cd^{2+} Cr^{3+}
1	1	1	0	0
3	1,3	1,3	0,02	0,02
6	1,41	1,5	0,08	0,15
9	1,61	1,65	0,253	0,37
12	2,07	1,86	0,333	0,47

Таким чином експериментальним шляхом було визначено межі середовища pH католіту для катодного осадження кадмію та цинку у виді простих речовин металів. Діапазон значень pH від 1,5 до 1,8 є оптимальним для даного процесу [1] при яких спостерігається найбільш ефективне виділення металу на катоді.

Для побудови регресивних математичних моделей [3] було використано дані Таблиці 1, метод найменших квадратів. Час проведення електролізу позначали за **x**, зміну pH середовища катодної камери позначали за **y**, **n** – кількість проведених вимірювань. При цьому рівняння регресії має загальний вид:

$$\boldsymbol{y} = a + b\boldsymbol{x}; \qquad (1)$$

Системи рівнянь, вирішували за допомогою методу Гаусса-Жардона. Отримані дані та розрахунки відображені в таблиці 2.

Таблиця 2. - Рівняння регресії зміни середовища катодної камери.

№ табл.	№ експ.	n	$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum y$	$\sum xy$	y =a + bx
1	1	5	31	271	7,31	51,07	1,009+0,072x
1	2	5	31	271	7,39	52,69	0,937+0,087x

Перевірку рівнянь регресії проводили за допомогою кореляційного аналізу. Результати кореляційного аналізу відображено в таблиці 3.

Таблиця 3.- Кореляційний аналіз рівнянь регресії зміни середовища катодної камери.

експ.	$S^2(x)$	$S^2(y)$	S(x)	S(y)	r_x	y_x=	y = a + bx
1	15,76	0,08697	3,9698	0,2949	0,982	1,0097+0,0729487x	1,009+0,072x
2	15,76	0,1265	3,9698	0,3556	0,9736	0,937178+0,0872294x	0,937+0,087x

Аналізуючи дані розрахунку рівнянь регресії (Таблиця 2) та проведеним кореляційним їх аналізом (Таблиця 3) є очевидним, що рівняння оцінки регресії повністю збігаються та уточняються з рівняннями регресії розрахованими за допомогою методу найменших квадратів. Коефіцієнти кореляцій Пірсона мають досить високу позитивну кореляцію. Отримані регресивні математичні моделі є значимими, і відображають реально процеси катодного електромембранного осадження даних металів.

Перелік джерел посилань

1 Serdiuk V. O. Membrane Processes during the Regeneration of Galvanic Solution / V. O. Serdiuk, V. I. Sklabinskyi, S. B. Bolshanina, V. D. Ivchenko, M. N. Qasim, K. O. Zaytseva // Journal of Engineering Sciences. – Sumy: Sumy State University, 2018. – Volume 5, Issue 2. – P. F1-F6.

2 Пат. 109623 Україна, МПК (2006.01) C02F 1/46. Спосіб електролітичерї регенерації хромовмісних розчинів/ Большаніна С.Б., Аблєєва І.Ю., Кириченко О. М., Алтуніна Л. Л., Кліманов О. Б., Сердюк В. О.; заявник та патентовласник Сумський державний університет. – № u 2016 02830; заявл. 21.03.2016; опубл. 25.08.2016, бюл. № 16. – 4 с.

3 Математическое моделирование в химической технологии. Бондарь А. Г. К. «Вища школа», 1973, 280 с.

ЛІНІЙНА ІНТЕРПОЛЯЦІЯ РІВНОВАЖНИХ ЛІНІЙ БІНАРНИХ ПАРОРІДИННИХ СУМІШЕЙ ПІД ЧАС РОЗРАХУНКУ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ

Кисляк В. В., Коротун В. В., студенти гр. ХМ-81;
Михайловський Я. Е., доц. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми

У зв'язку з інтенсивними темпами розвитку нафтової та газової промисловості з'явилася необхідність у створенні раціональних і надійних методик проектування масообмінних апаратів, зокрема ректифікаційних колон, з елементами оптимізації, тобто вибору серед ряду варіантів, які визначаються технологічними, конструктивними та іншими параметрами. При проектуванні масообмінних газо (паро) – рідинних процесів ключове значення мають розрахунки, пов'язані з рівноважними лініями, що характеризують статику систем. При цьому найчастіше мається на увазі робота з лініями рівноваги у вигляді прямих; дана умова дозволяє досить легко визначити кут нахилу рівноважної лінії до осі абсцис і, відповідно, тангенс цього кута, що дає можливість виконати аналітичний розрахунок числа одиниць перенесення та кількості теоретичних тарілок з визначенням оптимального флегмового числа як основного критерію оптимізації. В силу цього є необхідність в лінійній інтерполяції рівноважних кривих, що здійснюється шляхом штучної заміни окремих ділянок відрізками прямої. Для збереження точності виконуваних в подальшому розрахунків необхідно дотримання допустимого відхилення відрізків, отриманих перетворенням, від вихідної лінії. Запропоновано виконання лінійної інтерполяції за допомогою ПЕОМ; суть процесу спрямлення полягає в наступному [1]. Програма попередньо замінює всю лінію рівноваги одним відрізком прямої, що проходить через точки, відповідні початковій і кінцевій концентрації. Після чого визначається різниця значень ординат обох ліній при значенні $x_{ср}$ такому, що дорівнює середині робочого діапазону. Якщо різниця не перевищує припустиме відхилення, рівноважна лінія вважається інтерпольованої; в іншому випадку – програма ставить на лінії рівноваги точку з координатою $x_{ср}$, замінює лінію рівноважного стану двома відрізками, що проходять через дану точку і точки ключових концентрацій, і проводить аналогічні процедури для кожного з них тощо. У результаті відбувається багаторазове поділення рівноважної лінії навпіл і заміна половинок відрізками прямої з подальшим перетворенням вже цих ділянок, і вся крива рівноваги замінюється багатоланковою ламаною лінією.

Перелік джерел посилань

1 Врагов А. П. Оптимізаційне проектування ректифікаційних колон з використанням ПЕОМ: Навчальний посібник / А. П. Врагов, Я. Е. Михайловський. – Суми : Вид-во СумДУ, 2000. – 65 с.

МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС НЕІЗОТЕРМІЧНОЇ АБСОРБЦІЇ

Гребенік А. Є., студ. гр ХМ-81, СумДУ, м. Суми

Процес абсорбції є однією з важливих стадій у виробництві багатьох хімічних речовин (абсорбція аміаку під час одержання аміачної води, поглинання оксидів азоту у виробництві азотної кислоти, абсорбція хлористого водню під час одержання соляної кислоти, абсорбція вуглекислого газу і аміаку у виробництві соди, абсорбція сірчаного ангідриду під час одержання сірчаної кислоти тощо). Більшість подібних процесів супроводжується не тільки хімічною взаємодією газу, що поглинається, з абсорбентом, а й виділенням значної кількості тепла, що призводить до зміни температури системи. У загальному випадку знехтувати зміною температури в процесі розчинення газу в рідині не можна, і тому абсорбцію будемо розглядати як неізотермічний процес.

Зміна температури має на абсорбцію двоякий вплив:

1. Змінюється положення лінії рівноваги, оскільки рівноважний склад газу є функцією не тільки складу рідини, але і температури: з підвищенням температури лінія рівноваги зсувається вгору, що призводить до зменшення рушійної сили.

2. Виникає різниця температур між рідиною і газом, що викликає поряд з масообміном і процес теплообміну між фазами.

Абсорбція з виділенням тепла може проводитися як без відведення тепла (адіабатична абсорбція), так і з його відведенням. Застосовують різні способи відведення тепла: 1) рециркуляція рідкої фази через виносні холодильники (наприклад, в абсорберах з пакетною насадкою); 2) за допомогою охолоджуючих елементів, розміщених усередині абсорбера (внутрішнє відведення тепла) або між ступенями при багатоступеневій абсорбції. Внутрішнє відведення тепла може бути здійснене в апаратах з безперервним контактом (наприклад, у трубчастих абсорберах) і в апаратах із ступінчастим контактом (наприклад, у барботажних абсорберах).

Була розроблена математична модель процесу неізотермічної абсорбції нелетким поглиначем з внутрішнім відведенням тепла в насадковому абсорбері. При цьому складалися рівняння матеріального і теплового балансів як в цілому для абсорбера, так і для кожного ступеня контакту, а також використовувалися рівняння теплопередачі та масопередачі для визначення кількості ступенів і поверхні контакту фаз.

На основі запропонованого математичного опису і розробленої методики оптимізаційного розрахунку надалі планується проведення чисельного експерименту з метою виявлення найбільш належних умов реалізації процесу абсорбції в насадковому абсорбері.

Робота виконана під керівництвом доц. Михайловського Я. Е.

РОЗРАХУНОК ГРАНИЧНИХ ПЕРЕСИЧЕНЬ У ПРОЦЕСАХ КРИСТАЛІЗАЦІЇ СОЛЕЙ ІЗ РОЗЧИНІВ

Гринько Д. К., студ. гр. ХМ-81; Михайловський Я. Е., доц. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми

Процес керованої кристалізації та одержання крупнокристалічного продукту можливі в тому випадку, якщо розчини здатні пересичуватися під час їх переохолодження або випаровування частини розчинника. Величина досяжного пересичення є рушійною силою процесу і визначає швидкість зростання кристалів і швидкість зародкоутворення. Якщо пересичення розчину нижче деякого граничного значення, званого межею метастабільності (рис. 1), то кристалізація відбувається тільки на введеній ззовні затравці і при цьому має місце чисте зростання без мимовільного зародкоутворення. Якщо пересичення розчину більше граничного значення, то в розчині мимовільно утворюється велика кількість зародків мікроскопічного розміру і практично не відбувається зростання кристалів.

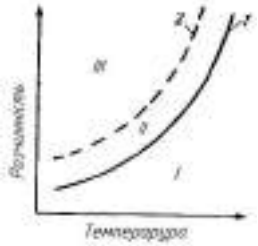


Рисунок 1 – Діаграма стану водно-сольових розчинів (до роз'яснення метастабільної межі): I – ненасичений розчин; II – метастабільний розчин; III – лабільний розчин; 1 – крива розчинності; 2 – метастабільна межа.

Для визначення граничного пересичення розчину в умовах перемішування і за відсутності затравки використовують залежність Сіновіеца [1]:

$$\Delta X_{гр} = k \cdot M_c \cdot X_p \qquad (1)$$

де k – коефіцієнт, що враховує відносну розчинність солі залежно від температури; Мс – молекулярна маса солі; Хр – розчинність солі, кг/м^3.

Значення коефіцієнта k залежить від фактора розчинності, що враховує відносну розчинність солі:

$$a = \frac{\Delta X_p}{\Delta t_p \cdot X_p} \qquad (2)$$

Для безводних солей: при а<0,008-$k = 1{,}81 \cdot 10^{-4} \cdot e^{0{,}006 \cdot t}$; при а>0,008-$k = 8{,}55 \cdot 10^{-4} \cdot e^{-0{,}0163 \cdot t}$; для кристалогідратів а>0,008 - $k = 1{,}1 \cdot 10^{-3}$.

Граничне пересичення розчину в присутності дисперсної твердої фази визначають за залежністю Пономаренко [2], при цьому:

$$\Delta X^*_{гр} = \frac{k \cdot M_c \cdot X_p}{1+4{,}5 \cdot \left(1-e^{-12{,}5 \cdot a_0}\right)}, \quad (3)$$

де a_0 – фактор розчинності солі, приведений до температури 20 °С і який дорівнює $a_0 = \frac{\Delta X_p}{\Delta t_p \cdot X_{p20}}$; $X_{р20}$ – розчинність солі за температури 20 °С.

На основі наведених вище рівнянь розроблений алгоритм розрахунку граничних пересичень розчинів з використанням ПЕОМ. Блок-схема розрахунку містить такі етапи:

1) введення вихідних даних, які включають хімічну формулу солі, що кристалізується, відомості про розчинність солі залежно від температури;

2) формування бази даних за молекулярною масою окремих хімічних елементів, а також хімічних формул речовин, що кристалізуються;

3) опис рівняння розчинності солі за експериментальними даними, а також розрахунок густини, в'язкості й коефіцієнта дифузії для розчинів за температури кристалізації за залежностями [3]:

$$\rho_p = A + B \cdot X - C \cdot t, \quad (4)$$

$$lg\ \mu_p = A_1 + lg\ \mu_в + \frac{B_1}{T} + C_1 \cdot L, \quad (5)$$

$$D_x = \frac{8{,}2 \cdot 10^{-12} \cdot T \cdot \left(1+\left(\frac{3V_в}{V_c}\right)^{0{,}66}\right)}{\mu_в \cdot V_c^{0{,}33}} \quad (6)$$

де A, B, C, A1, B1, C1 – константи, що залежать від властивостей солі; $\mu_в$ – в'язкість води за температури T, K; Vв, Vс – молярний об'єм розчинника і речовини, що дифундує, відповідно, $см^3$/моль;

4) розрахунок граничних пересичень розчину в діапазоні температур 20 °С ≤ t ≤ 80 °С і побудова кривої для метастабільної границі;

5) розрахунок допустимої величини пересичення розчину з урахуванням умов процесу кристалізації в системі з циркулюючим розчином або з циркулюючою суспензією.

Алгоритм розрахунку допустимого пересичення включений у вигляді окремої підпрограми в загальну блок-схему розрахунку класифікуючих кристалізаторів з використанням ПЕОМ.

Перелік джерел посилань

1. Врагов А. П. Классифицирующие кристаллизаторы (основы теории и расчет): Учебное пособие / А. П. Врагов. – Киев : ИСМО, 1998. – 203 с.

2. Пономаренко В. Г. Кристаллизация в псевдоожиженном слое / В. Г. Пономаренко, К. П. Ткаченко, Ю. А. Курлянд. – Киев : Техника, 1972. – 130 с.

3. Врагов А. П. Оптимізаційне проектування класифікуючих кристалізаторів з використанням ПЕОМ: Навчальний посібник / А. П. Врагов, Я. Е. Михайловський. – Суми : Вид-во СумДУ, 2004. – 98 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРИ ГРАНУЛОУТВОРЕННІ ЗА ЗОЛЬ-ГЕЛЬНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ; Павленко І. В., проф. каф. КМ ім. В. Марцинковського; Скиданенко М.С., докторант каф. ХІ; Дем'яненко М. М., асп. каф. КМ ім. В. Марцинковського; Юхименко М. П., доц. каф. ХІ; Острога Р. О., ст. викл. каф. ХІ; Кононенко М. П., ст. наук. співр. лаб. ЛГМО; Покотило В. М., мол. наук. співр. лаб. ЛГМО, СумДУ, м. Суми

Порошки і гранули оксидів важких металів мають високий попит в якості напівпродуктів для отримання дрібнозернистої кераміки широкого спектру застосування: ядерні (атомні) паливні та тепловидільні елементи (ТВЕЛ) для атомних електростанцій, сажові фільтри, конструкційна кераміка, каталізатори та їх носії, вироби біомедичного призначення (протези).

Для виробництва ядерного палива та каталізаторів у вигляді таблеток з пресованих мікросфер пропонується золь-гельна технологія, заснована на мокрохімічному способі одержання мікросфер із солей розчинів важких металів, що включає одержання розчину важкого металу і золю, утворення і гелірування краплин (перетворення золю у краплі в гель), одержання з наступним промиванням та сушінням гель-сфер, відновлення й прокалювання часток. Теоретичні і практичні проблеми гранулоутворення і гранулювання розглядав в своїх фундаментальних роботах Холін Б. Г. Продовжуючи його дослідження процесу гранулоутворення за золь-гельною технологією отримали подальшого розвитку математичні моделі впливу активних гідродинамічних режимів на тепломасообмінні процеси під час гранулоутворення, вперше визначено частотні діапазони та граничні значення переходу між режимами розпаду струменя на краплі та модами коливань краплі. Розширено уявлення про гідродинамічні процеси при гранулоутворенні за золь-гельною технологією, в тому числі отримали подальшого розвитку математичні (числові) моделювання процесу вібраційної грануляції в активному гідродинамічному середовищі гелю із використанням CAE-систем і засобів штучного інтелекту. Обґрунтовано параметри, що впливають на характеристики отриманого продукту за золь-гельною технологією, а також рекомендації щодо підвищення енергоефективності процесу гранулоутворення.

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.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СЕПАРАЦІЇ ТА ТЕПЛОМАСООБМІНУ У ДВО- ТА ТРИФАЗНИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СИСТЕМАХ

Моісеєв В. Ф., професор кафедри хімічної техніки та промислової екології, НТУ «ХПІ», м. Харків; Хухрянський О. М. аспірант кафедри хімічної інженерії; Сейф Хуссейн, аспірант кафедри ХІ; СумДУ, м. Суми

На сучасному рівні наукових досліджень достойною альтернативою фізичному моделюванню гідродинамічних процесів представляються дослідження з застосуванням інструментальних засобів для комп'ютерних (чиселових) моделювань методами обчислювальної гідродинаміки (Computational Fluid Dynamics, CFD). В той же час, якщо моделювання руху однофазних потоків CFD-методами представляється можливим і адекватним з достатньою точністю (достовірністю), то моделювання взаємодії двофазних потоків (ускладнене наявністю в них дисперсних часток) й досі представляє ряд труднощів.

Тому для моделювання гідродинамічних процесів, в тому числі із супутнім тепломасообміном, доцільно використовувати інші числові методи. Наприклад, Discrete Element Method (DEM), що є узагальненням методу скінченних елементів (FEM). Для числового моделювання поведінки гетерогенних середовищ пропонується такий підхід, в якому досліджуваний об’єкт представляється таким, що складається з областей двох типів, які описуються у рамках дискретного і континуального підходів відповідно. При цьому континуальна частина середовища моделюється методом скінченних різниць (FDM) розв’язання системи рівнянь механіки суцільного середовища (CFD-методи), а дискретна – методом рухливих клітинних автоматів (Movable Cellular Automata, MCA), який відноситься до методів обчислювальної механіки (Computational Mechanics), але заснований на дискретному підході і, відповідно, поєднує переваги методів класичних клітинних автоматів (CA) і дискретних елементів (DEM). Реалізовані на основних засадах викладених підходів математичні моделі багатофазних багатокомпонентних потоків та дисперсних систем дозволяють моделювати рух потоків з дисперсними частками і плівкові течії, перенесення фази, тепло- та масоперенесення у дво- та трифазних багатотокомпонентних системах в комбінованих модульних сепараційних і контактних тепломасообмінних секціях.

Робота виконана за підтримки МОН України (ДР № 0117U003931 «Розробка та впровадження енергоефективних модульних сепараційних пристроїв для нафтогазового та очисного обладнання») під керівництвом д.т.н., проф., гол. наук. співробітника Ляпощенка О. О.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СЛАБКОЇ АЗОТНОЇ КИСЛОТИ

Сербіновська Л. В., студ. гр. ХМ.мз-01с, СумДУ, м. Суми

Азотна кислота за обсягами виробництва посідає друге місце серед інших кислот, поступаючись лише сірчаній кислоті. Основна кількість товарної азотної кислоти витрачається у виробництві азотнокислих солей (нітратів) і складних мінеральних добрив. Також значна кількість азотної кислоти використовується у якості окислювачів у ракетній техніці. Концентрована азотна кислота застосовується у виробництві вибухових речовин (тротилу, нітрогліцерину тощо), а також для отримання з'єднань ароматичного ряду, використовуваних у виробництві синтетичних барвників та у фармацевтичній промисловості.

Питання вдосконалення технології та розвитку нових методів виробництва азотної кислоти набувають великого значення. На даний час у промисловості застосовується контактний спосіб виробництва азотної кислоти. За цією схемою працюють агрегати АК-72 і АК-72М. На стадії абсорбції основним апаратом є барботажна колона з ситчатими тарілками. Ця колона має досить складну і громіздку конструкцію, що супроводжується трудомісткістю її виготовлення, високим рівнем витрат корозійностійких високолегованих сталей тощо.

В силу особливостей технології виробництва неконцентрованої азотної кислоти в абсорбері забезпечується протікання процесу хемосорбції, який супроводжується виділенням значної кількості тепла. Таким чином, даний абсорбер повинен забезпечувати протікання паралельно двох процесів із достатньою інтенсивністю: масопередачі та теплопередачі. Відповідно, одним із варіантів удосконалення виробництва неконцентрованої азотної кислоти є модернізація конструкції абсорбера – замість барботажної колони можна застосувати плівковий абсорбер трубчастого типу.

Трубчастий абсорбер за конструкцією подібний із вертикальним кожухотрубним теплообмінником. Абсорбент надходить на верхню трубну решітку, розподіляється по трубах і стікає по їх внутрішній поверхні у вигляді тонкої плівки. У апаратах з великим числом труб для більш рівномірного розподілу рідини використовуються спеціальні пристрої. Газ входить в апарат через нижній штуцер і рухається назустріч стікаючій рідкій плівці. Основним недоліком таких абсорберів є складність отримання і збереження плівкового режиму всередині труби по всій її довжині. Напрямками подальшої роботи є дослідження гідродинаміки та режимів роботи трубчастого абсорбера. Рішення поставлених завдань можливе за допомогою експериментальних досліджень, а також шляхом математичного (комп'ютерного) моделювання.

Роботу виконано під керівництвом Яхненка С. М. та Остроги Р. О.

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ВИКОРИСТАННЯ ГНОЮ ЯК ОРГАНІЧНОГО ДОБРИВА

Галета Д. В., студ. гр. ХМ.м-01, СумДУ, м. Суми

Гній свиней та великої рогатої худоби – це важливе джерело елементів живлення рослин. Його використання має велике значення для регулювання кругообігу речовин у землеробстві, збереження і підвищення вмісту гумусу в ґрунтах. При систематичному внесенні гною не лише знижується кислотність ґрунту (при нормі гною 30–40 т на 1 га вноситься 0,3–0,5 т кальцію і магнію в перерахунку на карбонати), а й поліпшується живлення рослин кальцієм, магнієм, сіркою і мікроелементами. Важливе значення має й те, що при розкладанні гною виділяється вуглекислота. Так, при розкладанні 30–40 т гною щодня виділяється від 35 до 65 кг CO_2, що покращує вуглецеве живлення рослин. Проте у використанні органічних добрив є й недоліки. Насамперед, це велика вологість та низька концентрація в них поживних речовин, що робить економічно невигідним перевезення їх на велику відстань. Окрім того, гній може бути одним із найпотужніших джерел засмічення полів: кількість життєздатного насіння бур'янів досягає декількох мільйонів штук на 1 т гною або компосту.

Також слід зазначити, що поживні речовини, які містяться у свіжому гної, перебувають у недоступній для рослин формі. Процес розщеплення складних органічних сполук у природних умовах має довготривалий характер. Тому на практиці гній перед використанням переробляють. Для цього використовують компостування, вермікомпостування, прискорену ферментацію з використанням гуматів. Розроблений принцип повинен бути доповнений технологіями і пристроями, що прискорюють і полегшують проходження всіх процесів, і насамперед процесів деструкції органіки.

Процеси ферментації, що проходять в основному в бактеріальній біомасі, передбачають конверсію складних органічних субстратів, таких як полісахариди, ліпіди та білки, в метан і діоксид вуглецю. Це симбіотичне угрупування може змінювати шляхи ферментації; функціонує як саморегулювальна система, яка підтримує значення pH у оптимальному діапазоні і забезпечує стабільність бродіння.

Для утилізації зазначених вище відходів застосовують два типи біологічних процесів: 1) аеробні процеси, в яких мікроорганізми використовують кисень, розчинений у цих відходах; 2) анаеробні процеси, в яких мікроорганізми не мають доступу ні до вільно розчиненого кисню, ні до інших акцепторів електронів, що мають перевагу в енергетичному відношенні. За таких умов мікроорганізми можуть використовувати вуглець, який входить до складу органічних молекул як акцептор електронів.

Роботу виконано під керівництвом Остроги Р.О.

МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ВІДЦЕНТРОВО-ВИХРОВИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ МАСООБМІННОГО ТА СЕПАРАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

Єсипчук С. С., Наталуха А. Р., студенти гр. ХМ-71/1кі; Старинський О.Є., асп. каф. ХІ; Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми

Сепараційне обладнання є невід'ємною складовою багатьох технологічних процесів під час підготовки та переробки нафтопродуктів, яке забезпечує очищення газових та рідинних потоків від шкідливих домішок, розділяє емульсії, відсепаровує тверді частинки. Для забезпечення високої ефективності роботи даного обладнання необхідно окрім конструктивних та технологічних розрахунків проводити експериментальні та/або числові дослідження гідродинаміки дво- та трифазних багатокомпонентних потоків. Основними перевагами сепаратора є компактна конструкція, висока продуктивність та ефективність розділення. При проектуванні сепараційних пристроїв проводяться дослідження метою яких є визначення оптимальних розмірів та характеристик потоків, і як наслідок ефективності роботи апарату. Визначення параметрів потоку, які в свою чергу визначають ефективність розділення.

Одним із високоефективних гідроциклоннів є SPR-сепаратор зі спіральною насадкою (турбоспіраллю), яка призначена для направлення вхідного потоку у радіальному напрямку та відповідно створення відцентрових сил. Основною перевагою SPR-сепаратору є висока робоча швидкість рідини в корпусі відцентрового елемента, що забезпечує високу інтенсивність процесу розділення. Математичне моделювання використовується під час дослідження характеристик процесу функціонування будь-якої системи за допомогою математичних методів (включаючи машинні). Для цього проводять формалізацію цього процесу, тобто будують математичну модель.

На підставі результатів чисельного моделювання гідродинаміки SPR-сепаратора, а саме ізоліній і векторів швидкості дисперсної фази, можна стверджувати, що запропонована методика моделювання відповідає теоретичним уявленням про сепарації двокомпонентних потоків у відцентровому полі. Розрахована ефективність поділу, що в свою чергу підтверджує адекватність запропонованої методики і можливість її використання для майбутніх досліджень.

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.

РЕЖИМНО-ТЕХНОЛОГІЧНА Й АПАРАТУРНО-КОНСТРУКТИВНА ОПТИМІЗАЦІЯ СЕПАРАТОРІВ УСТАНОВКИ ПІДГОТОВКИ ГАЗУ

Голохвост О. О., Самойленко В.О., студенти гр. ХМ.м-01; Старинський О.Є., асп. каф. ХІ; Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ, СумДУ, м. Суми

Основним процесом на промислових установках комплексної підготовки газу (УКПГ) перед подачею її на газопереробні заводи (ГПЗ) є попереднє очищення природного газу від крапельної рідини та механічних домішок. Одним з основних апаратів УКПГ є сепаратор ІІ ступеня сепарації, який використовується для очищення природного газу від крапельної рідини та механічних домішок. Найрозповсюдженішим недоліком сепараційного обладнання є бризковинесення, яке в свою чергу може виникати внаслідок недотримання оптимальних параметрів процесу.

Одним із способів нарощування об'ємів виробництва вуглеводневих продуктів є вдосконалення та підвищення ефективності роботи в цілому промислових установок підготовки нафти та газу. Для дослідження установок підготовки нафти та газу зазвичай застосовуються системи автоматизованого проектування (САПР), а саме технології автоматизованої розробки (CAE). Зазвичай для моделювання режимів роботи технологічних ліній застосовують програмні комплекси, що дозволяють розрахувати матеріальні та теплові баланси даних технологічних ліній, а саме ChemCAD, AspenHYSYS, MATLAB, Mathcad та ін. Враховуючи складність існуючих промислових установок, для їх дослідження була запропонована методика оптимізаційних моделювань хіміко-технологічних процесів (ХТП) засобами CAE-систем термодинамічного моделювання. Методика оптимізаційних моделювань складається з трьох етапів. На першому етапі проводиться аналіз установки, а саме огляд технологічної лінії, аналіз сировини та ефективності і продуктивності роботи уставки в цілому. Виходячи з проведеного аналізу установки розробляється завдання для оптимізаційного моделювання, визначаються керуючі фактори та визначається цільова функція. На другому етапі проводяться оптимізаційні моделювання хіміко-технологічних процесів, в свою чергу даний етап можна умовно поділити на декілька кроків, розробка функціональної схеми установки, вибір глобальної розрахункової моделі та робочих речовин, налаштування окремих одиниць основного та допоміжного обладнання і проведення розрахунків. Останнім етапом є аналіз результатів розрахунків та надання рекомендацій щодо вдосконалення установки.

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.

ПРОДУКТИВНІСТЬ САМОУСМОКТУВАЛЬНИХ ПЕРЕМІШУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Стороженко В. Я., проф. каф. ХІ; Смирнов В. А., асист. каф. ХІ; Єсипчук С. С., студ. гр. ХМ-71/1кі, СумДУ, м Суми; Шабрацький С. В., ст. викл., СНУ ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк

У промисловості для проведення газорідинних реакцій досить часто використовуються апарати об'ємного типу з механічними перемішувальними пристроями у яких подачу газового потоку здійснюється в реакційну масу через різні конструкції барботерів. Як показують дослідження ефективність їх роботи низька. Аналіз роботи таких апаратів дав можливість переглянути гідродинаміку перебігу реакції між газовим і рідинним реагентами і застосувати для цієї мети об'ємні апарати із самоусмоктувальними перемішувальними пристроями. На лабораторному стенді були проведені випробування щілинних насадків з метою визначення залежності витрати газорідинної суміші від надмірно тиску. Для цього були виготовлені декілька моделей перемішувальних пристроїв з різними геометричними формами й розмірами. Після обробки експериментальних даних було отримано рівняння для розрахунку насосної продуктивності такого типу перемішувальних пристроїв:

$$V_г = \lambda S_0 z \pi d_м \sqrt{(n^2 - n_0^2)\xi_0} \qquad (1)$$

де $V_г$ - теоретична насосна продуктивність за газовою фазою самоусмоктувальної ежекційної мішалки, $м^3/с$; λ – узагальнений коефіцієнт витрати газу; S_0 – площа отвору порожнистої лопаті мішалки, $м^2$; z – число лопатей мішалки; $d_м$ – діаметр мішалки, м; n – частота обертання мішалки, $с^{-1}$; n_0 - початкова частота обертання мішалки, при якій починається витік газових бульбашок з порожнистої лопаті в об'єм, що перемішується, $с^{-1}$; ξ_0 – коефіцієнт, що враховує гідравлічний опір у порожнистій лопаті.

Дане рівняння може бути використане при проєктуванні високоефективних перемішуючих пристроїв для процесів масообміну в газорідинних реакторах. Самоусмоктувальні ежекційні перемішувальні пристрої, які були впроваджені у виробництвах на стадії хлорування антрохінонсульфокислоти, індантрона та сульфування алкілбензолів газоподібним сірчаним ангідридом показали достатню ефективність.

Перелік джерел посилань

1. А.С. №1606168 (СССР) Устройство для перемешивания жидких сред / Шабрацкий В. И., Стороженко В. Я. и др. – Опубл. в Б.И. №42, 1988.

2. Патент України № 71183 Пристрій для перемішування./ Бєлкін Д.І., Стороженко В.Я., Шабрацький В.І., Барвін В.І., Шабрацький С.В. Опубл. 2012 р., Бюл. № 13.

РОЗРОБКА ДОСЛІДНОГО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ВОДОНАФТОВИХ ЕМУЛЬСІЙ

Старинський О. Є., асп. каф. ХІ; Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ, СумДУ. м. Суми

Підготовка вуглеводневої продукції до подальшого транспортування та переробки реалізується дво- та трифазних сепараторах. Ефективність та інтенсивність процесів розділення емульсії, відділення попутного нафтового газу та його очистка залежать від покомпонентного складу нафтогазової суміші, ступінь обводненості нафти, наявності механічних домішок та емульгаторів. З метою підвищення продуктивності сепараційного обладнання застосовують режимно-технологічні та апаратурно-конструктивні методи, одним із яких є підвищення лінійної швидкості руху рідини в апараті. Для горизонтальних деемульсаторів рекомендовано приймати лінійну швидкість руху в 2,0–2,5 рази більшою від швидкості осадження дисперсних краплин. Існує гіпотеза що дану швидкість можливо збільшити за рахунок використання високоінтенсивних внутрішніх сепараційних пристроїв без зниження ефективності процесу.

Перевірку запропонованої гіпотези можливо провести як фізичними так і чисельним методами. У зв'язку зі складністю процесів що протікають під час розділення емульсії необхідно проводити багатофакторні експерименти, які будуть враховувати як вхідні параметри вуглеводневої суміші, зазначені вище, 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. З метою вирішення даної задачі необхідно розробити дослідно-експериментальний стенд який повинен включати пристрій для створення штучної вуглеводневої суміші, допоміжні ємності для відведення очищених продуктів, систему управління процесом розділення (крани, вентилі), контрольно-вимірювальні прилади (манометри, рівнеміри і т.п.) а також проточну частину. Вимоги до проточної частини наступні: корпус виготовлений з прозорого матеріалу, оргскла або пластику, для наочного спостереження за фізичними явищами, верхня частина корпусу відкрита та має спеціальні пристрої для легкого встановлення різних за конструкцією внутрішніх сепараційних пристроїв та контрольно-вимірювальні приладів.

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. та МОН України (ДР № 0117U003931 «Розробка та впровадження енергоефективних модульних сепараційних пристроїв для нафтогазового та очисного обладнання») під керівництвом д.т.н., проф., гол. наук. співробітника Ляпощенка О. О.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВИРОБНИЦТВІ БІОЕТАНОЛУ ІІ ПОКОЛІННЯ

Скотар А. П., Шматенко В. А., студ. гр. ХМ.м-01/1; Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ; Скиданенко М. С., докторант каф. ХІ, СумДУ, м. Суми

В умовах зростаючого попиту на енергоносії в усіх регіонах світу, стрімкого зростання парку автомобілів, посилення екологічних вимог все більша увага приділяється пошуку нових ефективних, екологічно чистих джерел енергії. Біоетанол має цілу низку переваг порівняно з традиційними видами палива, як екологічних, так і експлуатаційних. Однак технологічний процес виробництва біоетанолу має значні енергозатрати, що збільшує вартість продукції. Основний вид енергії, який використовується під час процесу - це теплова енергія у вигляді пари. Для отримання етанолу другого покоління з лігноцелюлозної сировини на даний час використовуються декілька технологій, які можна поділити на дві основні групи – термохімічна конверсія та біохімічна конверсія.

Для дослідження процесу ректифікації і вирішення задачі оптимізації технологічних параметрів брагоректифікаційний установки виробництва біоетанолу було застосовано методи статичного і динамічного моделювання з використанням інструментальних засобів для чисельного моделювання хіміко-технологічних процесів. Про аналізувавши отримані результати можна зробити наступні висновки.

Для бражної колони мінімальна витрата пари становить 6 кг/с, що еквівалентно 79,68 МДж/с, при цьому отримаємо суміш зі змістом біоетанолу 0,74 мас. дол., а кількість домішок отримаємо 0,09 мас. дол..

Для епюраційної колони мінімальна витрата пари становить 1,3 кг/с, що еквівалентно 17,26 МДж/с, при цьому отримаємо в кубі суміш зі змістом біоетанолу 0,46 мас. дол., а кількість домішок отримаємо 0,022 мас. дол..

Для спиртової колони мінімальна витрата пари становить 4 МДж/с, при цьому отримаємо дистилят 0,969 мас дол, а кількість домішок отримаємо 0,027 мас. дол.

Для виробництва біоетанолу ІІ покоління при використанні в якості сировини солому зернових культур в кількості 270 000 т/рік отримаємо біоетанолу біля 50 000 т/рік, концентрація якого становитиме 0,0969 мас. дол., при цьому на брагоректефікаційну дільницю (бражна, епюраційна та спиртова колони) необхідно затратити мінімум 100,94 МДж/с енергії.

Робота виконана за підтримки МОН України (ДР № 0120U102036 «Створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічному середовищі») під керівництвом зав. каф. ХІ, д-ра техн. наук, проф., гол. наук. співр. Склабінського В. І.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТУ, ОТРИМАНОГО ЗА ЗОЛЬ-ГЕЛЬНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

Ляпощенко О. О., проф. каф. ХІ;, Павленко І. В., проф. каф. КМ ім. В. Марцинковського; Скиданенко М.С., докторант каф. ХІ; Дем'яненко М. М., асп. каф. КМ ім. В. Марцинковського; Юхименко М. П., доц. каф. ХІ; Острога Р. О., ст. викл. каф. ХІ; Яхненко С. М., доц. каф. ХІ; Кононенко М. П., ст. наук. співр. лаб. ЛГМО, СумДУ, м. Суми, Україна

Кераміка на основі оксидів важких металів і алюмінію відіграє ключову роль у сучасних технологічних процесах виробництва паливних елементів для реакторів атомних електростанцій та каталізу, зокрема у нафтохімії, фармацевтиці, використанні традиційних викопних палив і виробництві палив з поновлюваних джерел, у розвитку перспективних способів отримання енергії, наприклад, за допомогою паливних елементів і сонячних батарей, у розвитку технологій для охорони навколишнього середовища. Найбільш доцільним і перспективним способом отримання часток кераміки є використання золь-гель технології. До переваг цього методу можна віднести можливість отримання золю заданого складу та структури, рівномірного розподілу складових речовин по об'єму гранули.

З метою удосконалення процесу отримання продукту по золь-гельною технологією був проведений вибір та обґрунтування параметрів, що впливають на характеристики золю, процесу гелювання та отриманого продукту по цій технології. Характеристики корундової кераміки у вирішальній мірі визначаються властивостями вихідного порошку (чистота, дисперсність, активність) та технологією отримання цих матеріалів. Виявлений вплив фізичних та хімічних властивостей золю на характеристики отриманого продукту, зокрема: вплив співвідношення $Al(OH)_3$:HNO_3 на фізико-хімічні властивості золю, вплив поверхнево активних речовин, їх складу та концентрації на процес отримання сфер; вплив властивостей рідини для затвердіння на характеристики отриманого продукту; вплив властивостей рідини для формування гранул на геометричні характеристики отриманого продукту; вплив геометричної форми гранул продукту на його властивості.

Виходячи з практичних результатів, був проведений аналіз та узагальнення результатів досліджень; розроблено практичні рекомендації щодо створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічному середовищі.

Робота виконана за підтримки МОН України (ДР № 0120U102036 «Створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічному середовищі») під керівництвом зав. каф. ХІ, д-ра техн. наук, проф., гол. наук. співр. Склабінського В. І.

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ НАУКИ»

ЯКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ АМІГДАЛІНУ В КІСТОЧКАХ ПЛОДІВ РОЗОВИХ КУЛЬТУР

Радченко А., студ. гр. МБ-01/3ПХ; Воробйова І. Г., доц. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми

Амигдалін (від греч.ἀμυγδάλη - мигдаль) - генцібіозід нітрит мигдальної кислоти $C_{20}H_{27}NO_{11}$, глікозид, що міститься в кісточкових. Вперше виділений з гіркого мигдалю. Кристалічна речовина з температурою плавлення 215°С. У плодах амигдалін синтезується в процесі дозрівання з ціангідріна бензальдегида, ступінь накопичення амигдаліну і його кінцевий вміст в ядрах плодів залежить від активності бета-гликозидаз, що розщеплюють пруназин і амигдалін. У шлунковому соку розпад амигдаліну з утворенням синильної кислоти і обумовлює токсичність кісточок гіркого мигдалю, персика, абрикоса, вишні, яблуні і деяких інших рослин[1].

У різних статтях з нетрадиційної медицини амигдаліну, лаетралю, приписують болезаспокійливі властивості, здатність уповільнювати процеси старіння, покращувати процеси обміну, лікувати ракові пухлини [2].

Для якісного визначення амигдаліну в кісточках плодів розових культур використовували метод Ходасевича, в основі якого лежить реакція утворення берлінської лазурі. До кількох мілілітрів лужного дистиляту, додавали 1-4 краплі розведеного розчину ферум (II) сульфату і такий же об’єм розведеного розчину ферум (III) хлориду. Суміш добре збовтували і нагрівали на полум'ї газового пальника майже до кипіння, а потім охолоджували до кімнатної температури і додавали 10%-й розчин хлоридної кислоти до слабко кислої реакції на лакмус. Поява синього осаду або синього забарвлення вказувала на наявність ціанідної кислоти (ціанідів) в дистиляті.

В ході роботи ми підтвердили нашу гіпотезу про те, що амигдалін можна виявити в лабораторних умовах, використовуючи якісні методи і доступні реактиви.

Список літератури

1. Витамин В17 (Амигдалин, Лаетраль, Летрил): [Електронний ресурс]// Аюрведа. URL: http://www.evaveda.com/spravochnye-materialy/pishha/vitaminy/vitamin-v17-amigdalin-laetral-letril/
2. Синильная кислота. Цианиды: [Электронный ресурс]//Наука о ядах и антидотах. URL: http://visha.ucoz.ru/index/0-25

КІЛЬКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ФУРАЦИЛІНУ МЕТОДОМ ЙОДОМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ

Кравченко А., Савойська С.-М., студенти гр. МЦм-003;
Воробйова І. Г., доцент кафедри ТПХ, СумДУ, м. Суми

Фурацилін (фурацін, нітрофурани, нітрофуразон, 5-нітрофурфуріліденсемікарбазон) $C_6H_6O_4N_4$ – жовтий або зеленувато-жовтий кристалічний порошок без запаху, гіркий на смак. Плавиться при температурі 227-232°С з розкладанням. Фурацилін дуже мало розчинний у воді (1 4200), мало розчинний в 95 % спирті, практично не розчиняється в ефірі, розчинний в лугах. Розчин має жовте або безбарвне забарвлення. Водні розчини при тривалому зберіганні втрачають антимікробну активність [1]. Вихідним продуктом для синтезу всіх препаратів нітрофуранового ряду є доступна речовина – фурфурол, що отримується з відходів різних сільськогосподарських продуктів (кукурудзяні качани, соняшникове лушпиння). Одержання фурациліну засноване на нитровании фурфуролу в суміші оцтового ангідриду і оцтової кислоти. Лікарські препарати – похідні 5-нітрофурфурола – антибактеріальні засоби широкого спектру дії відносно грампозитивних і грамнегативних бактерій, деяких великих вірусів, трихомонад, лямблій. Застосовують для лікування і попередження гнійно-запальних процесів, при пролежнях і виразках, опіках II та III ступеня, для підготовки гранулюючої поверхні до пересадки шкіри

Залежно від характеру замісника спостерігаються деякі відмінності в спектрі їх антибактеріальної дії. Наприклад, фурацилін впливає на грамнегативні і грампозитивні бактерії.. Кількісне визначення нітрофурана виконують йодометричним методом, заснованим на окисленні йодом в лужному середовищі (для поліпшення розчинності до навішування додають хлорид натрію і суміш підігрівають). Титрований розчин йоду в лужному середовищі утворює гіпойодіт, який окисляє нітрофурани до 5-нітрофурфурола. Після закінчення процесу окиснення фурациліну розчин підкислюють і титрують надлишок йоду тіосульфатом натрію [2]. За результатами визначення оцінюють якість лікарського препарату.

Список літератури

1. Беликов, В.Г. Фармацевтическая химия. – 2007, Пятигорск, - 438 с.

2. Фармакологія: навчально-методичний посібник / І.В. Луцак, К.М. Римарчук, Т.Р. Зубрицька та ін.- Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Медицина»,2018 – С. 344.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПЕРІОДУ ЗБОРУ СИРОВИНИ НА ПОВНОТУ ЕКСТРАКЦІЇ ФЕНОЛЬНИХ СПОЛУК З ЛИСТЯ *GINKGO BILOBA L.*

Вахнюк М. С., студ. гр. МЦ м.-803; Пономарьова Л. М., доц. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми

Відомо, що листя досліджуваного виду має складний хімічний склад, містить в собі більш 40 складових, основними з яких є флавоноїдні глікозіди (24 %), терпенові сполуки (6 %), а також гінкголіди A, B, C і J та білобаліди. Основними діючими речовинами, що мають фармакологічну дію та визначаються нормативною документацією, є гінкгофлавоноглікозиди [1, 2].

Метою дослідження є визначення оптимальних параметрів екстракції фенольних сполук у листі *Ginkgo biloba L.*, зібраного у Сумській обл., як в одному з потенційних регіонів для створення промислової бази даної рослини.

Об'єктом досліджень є сушене листя *Ginkgo biloba L.*, культивованого на території Сумського національного аграрного університету в м. Суми (Україна). Біологічний вік досліджуваних видів становить близько 12 років.

Матеріали та методи. Сезонний розвиток виду вивчали шляхом аналізу фенологічних спостережень, які проводили впродовж 2020 року. Листя *Ginkgo biloba L.*, було вручну зібране у шість етапів у травні – вересні 2020 р. і висушене до повітряно-сухого стану.

Визначення суми фенольних сполук проводили спектрофотометричним методом (спектрофотометр КФК-2МП) за методикою Фоліна-Чокальтеу, використовуючи як стандартний зразок розчин галової кислоти аналогічно до [3]. Вивчення впливу періоду збору сировини на повноту екстракції діючих речовин проводили для листя зібраного і висушеного при 35°С і відносній вологості 50 % до повітряно-сухого стану. Сировину подрібнювали в млинку типу «Ексцельсіор» і просіювали крізь сита, відбираючи фракцію 0,25 - 0,5 мм. Для аналізу використовували 0,5 г (точна наважка) сировини та готували водні витяжки протягом 30 хв при періодичному перемішуванні, та визначали вміст фенольних сполук. Кожне визначення проводили для 3 паралельних партій, кінцеве значення вираховували як середнє значення.

Результати та їх обговорення. Середні значення морфометричних параметрів рослин наведені у табл. 1.

Таблиця 1. – Середні значення морфометричних параметрів

Морфометричні параметри	**12-річні саджанці**
Висота рослин, м	4,12 ± 1,13
Річний приріст, см	28,10 ± 0,81
Діаметр головного пагона, см	4,34 ± 0,05
Листова поверхня, см^2	768,33 ± 89,27

Примітка. Загальна вибірка 50 особин.

При цьому, морфопараметри характеризувалися наступними показниками: стовбур інтродуцента є сильно гіллястим, з віком покривається темно-сірою корою із неглибокими поздовжніми тріщинами. Кора сіруватого кольору, гладенька. Гілки довгі, бічні – відходять від стовбура майже під прямим кутом. Листя гінкго – розсічені на дві глибокі лопаті, шкірясті, голі по краях, сизувато-зелені, на довгих черешках.

У табл. 2 наведено дані щодо вплив періоду збору сировини на повноту екстракції фенольних сполук.

Таблиця 2. – Вплив періоду збору сировини на повноту екстракції фенольних сполук

Період збору	Вміст фенольних сполук, %			
	Партія 1	Партія 2	Партія 3	Середнє значення
Травень	19,57	19,33	18,56	19,15 ± 0,41
Червень	27,17	27,45	27,96	27,53 ± 0,43
Липень	31,66	31,63	32,05	31,78 ± 0,27
Серпень	33,08	33,58	33,35	33,34 ± 0,24
Вересень	36,47	36,85	36,87	36,73 ± 0,14
Жовтень	28,55	28,45	27,85	28,88 ± 0,27

Результати доводять перспективність та актуальність досліджень хімічного складу листя *Ginkgo biloba L.*, вирощеного у Сумській обл., як в одному з потенційних регіонів для створення промислової бази даної рослини. А максимальний вміст фенольних речовин зафіксовано для сировини, зібраної у вересні, що підтверджує аналогічні дослідження, проведені у 2019 р. [4].

Список літератури:

1. Biology and chemistry of Ginkgo biloba / Bikram S. et al. // Fitoterapia. 2008. Vol. 79. P. 401-418.

2. Teris A. van Beeka, Paola Montoro. Chemical analysis and quality control of Ginkgo biloba leaves, extracts, and phytopharmaceuticals // Journal of Chromatography A. 2009. Vol. 1216. P. 2002-2032.

3. Ponomareva, L., Yaroshchuk, R., Kovalenko, I., Guz, O. Determination of the total content of phenolic compounds in the extract of leaves of Ginkgo biloba L. // Scientific Works, 82 (2), 2019. P. 68-73.

4. Вплив періоду збору сировини на повноту екстракції фенольних сполук з листя Ginkgo biloba L. / ПономарьоваЛ.М. , Вахнюк М.С. , Ярощук Р.А, Жердецька С.В. // Сучасні досягнення фармацевтичної науки в створенні та стандартизації лікарських засобів і дієтичних добавок, що містять компоненти природного походження – м. Харків, НФаУ 2020 - С. 138-139

СИНТЕЗ ТА АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОПОЛІМЕРІВ

Большаніна С. Б., зав. каф. ТПХ; Радченко О. І., Матвійчук В.О., студенти гр. ПХ-01, СумДУ, м. Суми

Гідроксиапатит (ГА) - мінерал $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ з групи апатиту, який являє собою високобіосумісний і малотоксичний неорганічний матеріал, оскільки є основним будівельним матеріалом нашого тіла. Гідроксиапатит присутній в кістках, складає від 65 до 70 % їх маси, міститься в емалі зубів, має широке застосування у косметології та фармакології.

Базуючись на значенні в організмі цієї сполуки, її широко використовують у медицині в якості біоматеріалу для використання в протезах завдяки своїй схожості за розмірами та хімічному складу з твердими тканинами людини. Він заміщує частини втраченої кістки, подібно імплантам, що сприяє наростанню нової кістки.

Мета роботи: здійснити синтез гідроксиапатиту та дослідити його адсорбційні властивості щодо сполук Ag.

Для синтезу зразків (ГА), використовували такі реагенти: кристалічний Кальцій хлорид (х.ч.), Натрій гідрогенортофосфат (х.ч.), Кальцій нітрат тетрагідрат (х.ч.) та Натрій гідроксид (х.ч.). Речовини брали у кількостях, що відповідають стехіометричним співвідношенням у рівняннях реакцій. Реагенти розчиняли у дистильованій воді синтез проводили в реакторі при постійному перемішуванні, при температурі 60 ^{0}C. Після закінчення синтезу утворену суспензію охолоджували на повітрі та промивали дистильованою водою шляхом декантації до нейтрального середовища. Утворений біополімер змішували з розчином Аргентум нітрату (0,1 М) в різних співвідношеннях контактуючих фаз та визначали вміст іонів Ag^+ в фільтраті після адсорбції. Тривалість адсорбції становила 48 годин (2 доби). Результати представлені в таблиці 2. **Зразок 1** – Са - дефіцитний і **зразок 2** – Са – стехіометричний готували відповідно рівнянню (1), але для синтезу Кальцій дефіцитного мінералу (зразок 1) вміст $CaCl_2$ був дещо зменшений.

$$10CaCl_2+6Na_2HPO_4+8NaOH\rightarrow Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2+20NaCl+6H_2O \quad (1)$$

Для синтезу **зразку 3** використовували $Ca(NO_3)_2\cdot 4H_2O$ за рівнянням (2):

$$10Ca(NO_3)_2\cdot 4H_2O +6Na_2HPO_4+8NaOH \rightarrow Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2+ 20NaNO_3 +10H_2O \quad (2)$$

Для характеристики структури утворених зразків мінералів провели дослідження на встановлення вмісту мінералу в складі суспензії. Для цього фіксований об’єм суспензії зважували на електронних терезах (з точністю до 0,001 г). Потім висушили до постійної маси і зважили сухий залишок. Отримані дані занесені до таблиці 1.

Таблиця 1. Визначення вмісту сухого мінералу – гідроксиапатиту у складі суспензії

Зразок	Об'єми суспензій, мл / маси суспензій г	Маса сухого ГА, г	Вміст ГА в суспензії, %
1	5 / 5,16	0,238	4,612
2	5 / 5,238	0,256	4,887
3	5 / 4,979	0,222	4,459

Аналіз визначення іонів срібла (Ag) в розчинах виконаний атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі С-115 М1. Параметри виконання аналізу: використовувалася лампа з порожнистим катодом на срібло з довжиною хвилі лямбда Ag = 328,1 нм. Для атомізації використовувалося окисне полум'я суміші газів пропан-бутан-повітря.

Таблиця 2. Адсорбція іонів срібла на синтезованих зразках ГА

Зразок	Співвідношення розчин Ag^+: суспензія ГА	Вміст в фільтраті після адсорбції Ag^+, мкг/см^3	Адсорбція мг/г	Адсорбція,%
1	1:10	0,20	0,45	99,98
1	1:20	0,17	0,11	99,97
1	1:40	0,15	0,03	99,94
2	1:10	0,13	0,42	99,99
2	1:20	0,11	0,11	99,98
2	1:40	0,10	0,03	99,96
3	1:10	77,44	0,45	92,83
3	1:20	59,88	0,11	88,91
3	1:40	5,72	0,03	97,88

Висновок: у цій роботі були синтезовані зразки гідроксиапатиту із різним складом вихідних речовин. Одержані зразки проаналізували щодо вмісту сухого мінералу в складі суспензії. Встановили, що отримані зразки мають характерні для даного мінералу зовнішній вигляд та відповідну форму кристалів. Синтезовані зразки були випробувані на здатність до адсорбції іонів срібла. Дослідження показали високу здатність мінералу до адсорбції (більше 90%). Слід зазначити, що найбільшу адсорбційну активність мають зразки, що були синтезовані з Кальцій хлориду та Натрій гідрогенортофосфату в присутності лугу. А зразки (3) на основі Кальцій нітрату показали дещо меншу здатність до адсорбції, що пояснюється меншим вмістом мінералу в складі суспензії.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПІД ЧАС ВИДОБУТКУ ТА ПЕРЕОБКИ НАФТИ У ЛІВІЇ

Амтір Амамір Алі Амтір, студ. гр. ХМ-82;
Диченко Т. В., ст. викл. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми

У сучасному світі однією з екологічних проблем є забруднення навколишнього середовища речовинами, що утворюються під час видобутку, переробки і транспортування нафти і нафтопродуктів. За статистичними даними, в Лівії нафтовидобувна промисловість дає 1/12 всіх викидів промислових об'єктів, 1/10 обсягу всіх викидів рідких і газоподібних речовин.

У складі нафти виявлено понад 1000 індивідуальних органічних речовин, що містять 83 - 87 % вуглецю, 12 – 14 % водню, 0,5 - 0,6 % сірки, 0,02 - 1,7 % азоту і 0,005 - 3,6 % кисню і незначні домішки мінеральних сполук. Метанові вуглеводні легкої фракції, перебуваючи в ґрунтах, воді та повітрі, здійснюють токсичну дію на живі організми. Ці вуглеводні добре розчиняються у воді, легко проникають в клітини організмів через мембрани. Ароматичні вуглеводні – найбільш токсичні компоненти нафти. У концентрації лише 1 % у воді вони вбивають всі водні рослини; нафта, яка містить 38 % ароматичних вуглеводнів, значно пригнічує ріст вищих рослин. Зі збільшенням ароматичності нафти збільшується її гербіцидна активність. Ароматичні вуглеводні характеризуються яскраво вираженою мутагенністю і канцерогенністю. Найбільш небезпечною є група поліароматичних вуглеводнів. До невуглеводневих компонентів нафти відносяться смоли і асфальтени, шкідливий вплив на навколишнє середовище яких полягає не стільки в хімічній токсичності, скільки в зміні водно-фізичних властивостей ґрунту. Токсичний вплив надають деякі важкі метали в складі смол і асфальтенів. Останні малодоступні мікроорганізмам і зазвичай залишаються в ґрунтах у вигляді міцного органо-мінерального комплексу.

Понад сто тисяч людей, які проживають у нафтових регіонах Лівії, стикаються з ризиком смерті і хвороб через забруднення, пов’язані з нафтовими родовищами і викидами газів при видобутку чорного золота. Найбільшу небезпеку становлять нафтозабруднені й засолені землі та водні поверхні. Так, область Галло, яка була відома вирощуванням сільськогосподарських культур, таких як фініки і помідори, перетворилася на пустелю в наслідок забруднення ґрунтів, яке регіон відчував протягом десятиліть. Забруднення навколишнього середовища впливає не тільки на сільськогосподарські культури, але і на здоров’я людей. Вченими було проведено медичні дослідження населення, які підтверджують, що захворювання населення викликані забрудненням нафтою. Серед наслідків для здоров'я – шкірна алергія і рак шкіри в результаті збільшення кількості сірководню, що виділяється у великих кількостях з нафтових родовищ. Складне і невідкладне завдання – боротьба з нафтовим забрудненням.

АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ КОМПОНЕНТІВ В ГРАНУЛЬОВАНИХ NPK ДОБРИВАХ

Ярова Т. Ю., студ. гр. МБ-91/4-пх; Коваленко Т. І., лаб. каф. ТПХ; Яновська Г. О., ст. викл. каф. ТПХ

Мінеральні добрива відіграють одну з головних ролей в підтриманні родючості ґрунтів для отримання сільськогосподарської продукції. Однією із важливих сучасних проблем є зменшення негативного впливу мінеральних добрив на навколишнє середовище та підвищення ефективності їх використання [1]. Розробляються нові види добрив, що містять більше поживних речовин, коефіцієнт використання та хімічний склад, сформований відповідно до потреби рослин. Інновація заснована на технології отримання комплексних органо-мінеральних добрив NPK шляхом інкапсуляції гранули карбаміду у фосфатно-калієву оболонку з домішками мікроелементів і гуматів. Розроблені інкапсульовані добрива дозволяють створювати контрольоване вивільнення поживних речовин (азот, фосфор, калій).

Проведений аналіз зразків NPK добрив з різними видами пластифікаторів аналітичними методами та визначено вміст компонентів (Таблиця 1). Всі зразки попередньо обробляли, виділяючи компоненти для аналізу. Вміст P_2O_5 визначали методом фотокалориметрії (λ=440 нм), масову частку загального калію в перерахунку на K_2O (%) – методом гравіметрії, а N (%) – методом титрування.

Таблиця 1 – Хімічний склад отриманих зразків капсульованого карбаміду.

Номер зразка	Склад		
	P_2O_5, %	N, %	K_2O, %
Зразок 1	7,034	24,84	1,77
Зразок 2	7,248	25,14	2,20
Зразок 3	7,941	23,37	2,03
Зразок 4	7,825	22,94	0,34
Зразок 5	8,214	21,86	0,96

Дане технічне рішення дозволяє запропонувати сільськогосподарським споживачам комплексні азотно-фосфорно-калійні добрива пролонгованої дії.

Список літератури

1. Seid Mahdi Jafari.2017. An overview of nanoencapsulation techniques and their classification. Nanoencapsulation Technologies for the Food and Nutraceutical Industries, Pages 1-34. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809436-5.00001-X.

Ця робота проведена за підтримки гранту МОН України 0120U102003.

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК $Cu_2ZnSnSe_4$

Ворожцов Д. О., студ. гр. МБ-91/4ПХ, СумДУ, м. Суми

На сьогоднішній день має місце проблема добування наночастинок різних напівпровідників з контрольованими характеристиками, такими як поверхневий натяг та в'язкість, та розробка їх стабільних екологічно безпечних колоїдних розчинів, що можуть бути використані як чорнила для друку тонких шарів сонячних перетворювачів.

Наночастинки $Cu_2ZnSnSe_4$ були отримані методом поліольного синтезу в середовищі триетиленгліколю. Суміш солей $CuCl_2 \cdot 2H_2O$, $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$, $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ та аморфний селен додавали у тригорлу колбу на 50 мл з 12 мл триетиленгліколю. Синтез здійснювали в інертній атмосфері аргону. Суміш витримували 120 хв при температурах 220 – 280 °C. Одержаний матеріал досліджували методами ренгенофазового аналізу, EDX та ПЕМ.

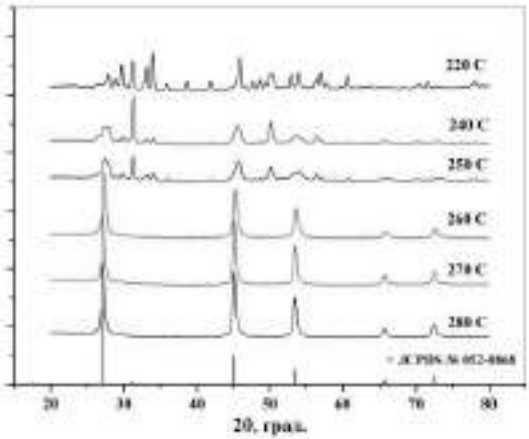


Рисунок 1. Дифрактограми від НЧ $Cu_2ZnSnSe_4$, синтезованих при різних температурах.

У наслідок експерименту ми встановили, що при температурі синтезу 220 °C в реакційному середовищі утворюється багатофазний продукт (рис. 1). При підвищенні температури (240-250 °C) кількість піків на дифрактограмах зменшується, а при температурах $T \geq 260$°C в реакційній суміші утворюється продукти з практично однаковим положенням піків на дифрактограмах та співвідношенням їх інтенсивності, що відповідають стандарту $Cu_2ZnSnSe_4$ (JCPDS № 052-0868).

ХІМІЧНЕ НІКЕЛЮВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Муквич В. Ю, студ. гр. МБ-01; Пшеничний Р. М., доц. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми

Вироби з неметалічних матеріалів з металевими покриттями широко впроваджуються в сучасному машинобудуванні, радіотехнічній промисловості та інших галузях, тому питання про способи хімічного осадження металів в поєднанні з гальванічним є досить актуальним.

Металізацію проводять методом обробки неметалічних виробів у розчинах, в яких металеві покриття утворюються в результаті відновлення іонів металу, присутніх в розчині, під дією відновників.

Хімічне відновлення нікелю є автокаталітичною реакцією, оскільки метал, що утворюється в результаті хімічного відновлення з розчину, каталізує подальшу реакцію відновлення цього ж металу. Але для початкового етапу відновлення металу необхідно, щоб поверхня, що покривається, мала каталітичні властивості. Активація поверхні полягає в тому, що на оброблювану поверхню хімічним шляхом наносять дуже малі кількості металів, які є каталізаторами реакції хімічного відновлення нікелю. Такими каталізаторами є колоїдні частинки або малорозчинні сполуки паладію, платини, золота, срібла. Найчастіше використовують паладій, що має високу каталітичну активність.

Утворення каталітичного шару у вигляді металу, що знаходиться в колоїдному стані, здійснюється в дві стадії. Перша: сенсибілізація – нанесення плівки розчину, що відновлює каталітичний метал (паладій) з розчину його солі. Друга, активація – занурення в розчин солі металу-каталізатора та відновлення його до металевого стану в плівці розчину, що прилягає до поверхні діелектрика [1].

Хімічне осадження нікелю здійснюють шляхом відновлення іонів нікелю натрій гіпофосфітом. Одночасно з нікелем відновлюється фосфор, тому хімічно нанесене нікелеве покриття представляє собою сплав нікелю з фосфором. Сумарну реакцію відновлення можна представити наступним чином:

$$Ni^{2+} + 2H_2PO_2^- + 2H_2O = Ni + 2H_2PO_3^- + H_2O + 2H^+.$$

Фосфор, що утворюється в результаті реакції, вбудовується в склад нікелевого покриття та сприяє підвищенню його твердості та зносостійкості, а також дещо погіршує його електропровідність.

Одержані даним методом нікелеві покриття на діелектричних матеріалах є перспективними для використання як базового токозйомного шару при створенні плівкових сонячних перетворювачів.

Список літератури

1. Химическое никелирование (получение никель-фосфорных покрытий путем электрокаталитического восстановления гипофосфитом) / Ю.Д. Гамбург. – М.: РАН. 2020. – 82 с.

КІНЕТИКА ЕЛЕКТРОМЕМБРАННОГО ВІДНОВЛЕННЯ КАДМІЮ ТА ЦИНКУ

Сердюк В. О., асп. каф. ХІ; Склабінський В. І., зав. каф. ХІ, д-р техн. наук, проф.; Большаніна С. Б., зав. каф. ТПХ, канд. техн. наук, доц., СумДУ, м.Суми

Метою даної роботи було вивчення кінетичних особливостей утворення металічних кадмію та цинку на катодах католітних камер модулів електрохімічних.

Експериментальні дослідження були проведені в лабораторних умовах. Для цього були створені двокамерні електрохімічні пристрої. В якості вмісту анодних камер були виготовлені штучні розчини ванн пасивації кадмієвих та цинкових електрохімічних покриттів. В склад розчинів входили 50г/л $Na_2Cr_2O_7$ та 10г/л H_2SO_4 як основні компоненти. Додатковими компонентами були йони Cd^{2+} та Zn^{2+} з різними концентраціями в кожному розчині, що відображено в Таблиці 1. Як католіт використовували 1% розчин сульфатної кислоти. Катодний простір був відділений від анодного за допомогою вікна з катіонообмінної мембрани RALEX®CM-PES 11-66 розріром 5×5см [1,2]. На відстані 5 мм від мембрани розміщували свинцевий анод (марка С2) аналогічний за робочою площею площі мембрани. В катодній камері розміщувати титановий катод (марка ВТ0) на відстані 20 мм від мембрани, з робочою площею 2×5см. Густина струму на мембрані становила 0,06А/см^2. Експерименти було проведено при різних гідродинамічних умовах – із застосуванням примусового механічного перемішування примембранних зон анолітів та без застосування примусового перемішування. Основними електрохімічними реакціями, що вивчалися були реакції утворення кадмію та цинку:

$$Cd^{2+} + 2e \rightarrow Cd^0\downarrow \quad (1)$$

$$Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn^0\downarrow \quad (2)$$

Постільки реакції катодного виділення металів (реакції1,2) є реакціями першого порядку, то початкову концентрацію йонів Zn^{2+} та Cd^{2+}(моль/л) в аноліті позначимо – а, кількість молей металу, що виділилась на катоді – х, що прореагувало за час t (год), при цьому швидкість реакції dx/dt, а діюча маса на цей момент є а-х, звідси:

$$dx/dt=k(a-x); \quad (3)$$

де k – константа швидкості реакції. Загальним вирішенням даного диференційного рівняння буде:

$$dx/(a-x)=kdt; \quad (4)$$

логарифмуючи дане співвідношення одержуємо:

$$\ln C/(a-x)=kt;$$

при початкових умовах t=0, x=0, звідки:

$$\ln C/(a-0)=k*0; \quad C = a,$$

Підставляючи це значення в загальне вирішення рівняння (4):

$$\ln a/(a-x)=kt \text{ , звідки:}$$

$$k=1/t \ln a/(a-x) ;$$

За даним виразом знаходимо константи катодного виділення швидкостей кадмію та цинку при різних їх концентраціях в анолітах та різних гідродинамічних умовах. Проведені розрахунки та отримані результати відображено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Константи реакцій катодного осадження кадмію та цинку.

Метал, що вид. на катоді	Конц. йонів Me^{2+} в аноліті	Re	t	a	x	k
Cd	0,022	390,86	6	0,099	0,0045	0,00775
	0,027	391,4	6	0,1215	0,0048	0,0067
	0,0256	2974,8	6	0,1152	0,0073	0,0113
	0,0892	397,044	6	0,4014	0,01177	0,1717
	0,0892	2977,83	6	0,4014	0,017188	0,1741
Zn	0,022	400,63	8	0,099	0,0082	0,0108
	0,027	401,3	8	0,1215	0,0091	0,0097
	0,02497	3048,5	6	0,11365	0,0061	0,0558
	0,0892	406,64	6	0,4014	0,01	0,1709
	0,0892	3049,81	6	0,4014	0,0148	0,173

За відображеними в таблиці 1 результатами диференціонування спостерігається збільшення k – констант швидкостей реакцій з підвищенням концентрацій йонів даних металів в анолітах та при перемішуванні примембранної зони розчину аноліту.

Список літератури

1. V. Serdiuk,V. Sklabinskyi, S. Bolshanina, A. Ableyev, T. Dychenko. Effect of Hydrodynamic Parameters on Membrane Electrolysis Enhancement DSMIE 2020: Advances in Design, Simulation and Manufacturing III pp 228-238.

2. Пат. 139615 U Україна МПК C02F 1/46 (2006.01), C02F 1/461 (2006.01), C25D 21/16 (2006.01). Спосіб електролітичної регенерації хромовмісних розчинів / С.Б. Большаніна, В.О. Сердюк, О.М. Кириченко та ін. (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. - № u 201907069; заявл. 25.06.2019; опубл. 10.01.2020, бюл. № 1.

3. Составление дифференциальных уравнений. Пономарев К.К.. Минск. “Вышэйшая школа”, 1973, 560с.

ЗАСТОСУВАННЯ ФОТО ТА ВІДЕОМАТЕРІАЛІВ У ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ З НЕОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

Звоник К. В., Вініченко А. І., студенти гр. МБ-91/ПХ;
Ліцман Ю. В., доц. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми

Лабораторний практикум є провідною складовою навчальної дисципліни «Неорганічна хімія», виконання якої забезпечує формування в майбутніх хіміків таких фахових компетентностей, як: здатність здійснювати типові хімічні лабораторні дослідження, здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані, здатність використовувати стандартне хімічне обладнання [1].

Незаперечним є факт необхідності формування зазначених вище компетентностей в умовах контактного навчання під час лабораторних занять, проте в умовах викликів сьогодення, зокрема зумовлених заходами з подолання та зменшення наслідків пандемії, постає необхідність у використанні дистанційної форми навчання замість аудиторних занять.

Для підвищення ефективності занять лабораторного практикуму в умовах контактної роботи та забезпечення його виконання в умовах дистанційної форми навчання доцільно застосовувати фото та відеоматеріали у навчальному процесі.

Фото та відеоматеріали з неорганічної хімії представлені як фотографіями хімічного обладнання та посуду, реактивів, зразків речовин, етапів хімічного експерименту, так й відео з демонстрацією виконання хімічного експерименту та коментарями – поясненнями до кожної операції. Певна кількість таких матеріалів представлена у вільному доступі на інтернет-ресурсах. Проте, дуже часто наявні матеріали й, особливо відео, потребують ретельного аналізу з точки зору правильності методики виконання, дотримання правил техніки безпеки, якості (наявність / відсутність неточностей, помилок, науковий стиль мовлення, тощо). Саме тому постає необхідність у самостійній підготовці відповідних фото та відеоматеріалів для виконання кожної лабораторної роботи курсу.

Методика використання фото та відеоматеріалів для організації та проведення хімічних експериментів лабораторного практикуму має різні варіанти.

В умовах використання традиційного контактного навчання на етапі підготовки до заняття студентам разом методичними вказівками надаються фото та відеоматеріали. Під час лабораторної роботи вони виконують досліди самостійно й використовують лабораторні журнали з інструкціями та, за наявності, мультимедійні додатки-інструкції у формі презентацій. Мультимедійний додаток містить традиційні розділи: «обладнання»,

«реактиви», «досліди», які подано у вигляді фото. Текстова форма представлення інформації використовується лише для назви роботи, досліду, обладнання, вся інша інформація надається у вигляді покрокових схем виконання дослідів з чітким показом етапів експерименту [2]. Після виконання експериментальної частини відбувається обговорення результатів дослідів та підготовка й оформлення звіту. На етапі обговорення та підготовки звітів студенти також мають змогу переглянути фото та відеоматеріали.

В умовах використання дистанційної форми навчання інакше відбуваються етапи виконання роботи та обговорення особливостей перебігу результатів хімічних дослідів. Для заміни самостійного виконання експерименту студентам під час проведення заняття он-лайн пропонується перегляд відео, в якому відтворюється їх діяльність, та детальне обговорення всіх етапів дослідів.

Зауважимо також, що подібні фото та відеоматеріали можна використовувати в якості навчальних завдань: студентам демонструється відео без коментарів і пропонується надати відповіді на певні запитання, стосовно особливостей методики виконання хімічного експерименту, дотримання правил техніки безпеки, пояснення сутності явищ, що спостерігаються.

З метою забезпечення студентам постійного доступу фото та відеоматеріали розміщуються у Google класі «Неорганічна хімія», створеному для організації навчання за змішаною формою.

Для створення умов «виконання» експериментальної частини лабораторної роботи он-лайн відбувається підготовка відео дослідів. Як правило, наявні у вільному доступі матеріали не відповідають вимогам до організації та проведення певної роботи лабораторного практикуму.

Отже, підвищенню ефективності навчального процесу з неорганічної хімії, забезпеченню «виконання» експерименту он-лайн у процесі проведення лабораторного практикуму сприяє використання фото та відеоматеріалів. Саме тому проводимо роботу щодо аналізу наявних, відбору та певної обробки, підготовки власних фото та відеоматеріалів, розробки додатків до у формі мультимедійних презентацій.

В подальшому планується продовження роботи щодо відбору та підготовки фото та відеоматеріалів у навчальний процес як з неорганічної хімії, так й з інших хімічних дисциплін, їх апробація у навчальному процесі та дослідження ефективності.

Список літератури

1. Стандарт вищої освіти України. 102 Хімія – Київ: Міністерство освіти і науки України, 2019. – 17 с.
2. Звоник К. В. Розробка додатків до лабораторного практикуму з неорганічної хімії // Перший крок у науку: матеріали XI студентської конференції (м. Суми, 23 лютого 2020 р.) / відповідальний редактор В. М. Ігнатенко. - Суми: Сумський державний університет, 2020. – С. 185.

СЕКЦІЯ «ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ І ГІДРОПНЕВМОАГРЕГАТИ»

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОНТРРОТОРНОГО ЕФЕКТУ В НАСОСНОМУ ОБЛАДНАННІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАПІРНОСТІ

Куліков О. А., асп. гр. А-05/МБ; Ратушний О. В., асист. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Одна з основних сьогоднішніх проблем промисловості - велика енергоємність експлуатації насосного обладнання. У різних галузях насоси споживають 25-60% від всієї енергії, що витрачається. При цьому майже ¾ енерговитрат припадає на динамічні насоси. У зв'язку з цим Європарламент прийняв «Директиву щодо визначення вимог, що пред'являються до проектування виробів, які споживають енергію», яка передбачає скорочення загального споживання енергії в Європі на 20%, а енергоспоживання насосного обладнання - на 40%. У цілому, розглядаючи дане питання, відзначимо, що в даний час в багатьох галузях промисловості виникла проблема підвищення економічності відцентрових насосів, які забезпечують зростання напору при відносно невеликих подачах [1].

Для підвищення напірності в даний час застосовують насоси із декількома ступенями, де кожна наступна ступінь схожа на попередню. Чим більший потрібен напір, тим ступеней в насосі буде більше. Це впливає на габаритні розміри насоса та його вагу, що забороняє встановити його в довільному місці, й доводиться додатково будувати спеціальні монтажні поверхні. Контрроторний ефект застосовується в авіобудуванні для значного підвищення тягової сили будь то літаки чи гелікоптери. Конструкція в них дуже проста, що являє собою пару гвинтів, розташованих один над іншим на співвісних валах, що обертаються в протилежні сторони, завдяки чому компенсуються реактивні моменти, що виникають від кожного з гвинтів.

Можливість застосування принципу контрроторності в насособудуванні ґрунтується на ідеї використання від'ємної закрутки на вході до робочого органа. За результатами чисельних досліджень як осьова, так і відцентрова контрроторні системи забезпечують істотний приріст напору за неминучого падіння ККД. При чому в останньому разі напір можна збільшити до 182% порівняно з одиничним робочим колесом [1].

Така схема контрроторного ступеню представляє робоче колесо з лопатевим диском, що обертаються в різні сторони. Подальшим дослідженням в цій галузі стане заміна лопатевого диска іншим робочим колесом. Таким чином буде створена конструкція двухступеневого контрроторного насосу, що буде давати великий приріст напору по при невеликі розміри та вагу.

Список літератури

1. VI технологічний уклад: перспективи розвитку систем, які передають енергію рідині : монографія / О. В. Ратушний. –Суми : Сумський державний університет, 2020. –212 с.

МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗЛОПАТЕВОГО НАПРЯМНОГО АПАРАТУ В НАСОСОБУДІВНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Петренко С. С., асп. гр. А-05/МБ; Ратушний О. В., асист. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Україна має великий досвід у виробництві та постачанні насосного обладнання в межах країни та за кордоном. У зв'язку з цим, необхідно відповідати вимогам програм директиви Європейської асоціації виробників та споживачів насосного обладнання. EuroPump має тенденцію скорочувати загальний обсяг енергоспоживання на 20% та загалом насосного обладнання на 40%.

Більшість проміжних ступенів багатоступеневих насосів оснащені лопатевими напрямними апаратами розташованими безпосередньо за робочим колесом. Напрямний апарат - це один з видів відводу відцентрового насоса, який являє собою пристрій, що збирає рідину, яка вийшла з колеса, і відводить її до наступного ступеня насосу. Напрямний апарат складається із спіральної ділянки, дифузорного та перевідного каналів.

Напрямний апарат повинен здійснювати наступні функції:

- збирати рідину, що виходить із робочого колеса, і направляти її до вихідного патрубка або до колеса наступного ступеня;
- перетворювати з найменшими втратами кінетичну енергію в потенціальну;
- змінювати момент швидкості по контуру, що охоплює колесо.

Відмінна риса відводів у вигляді напрямних апаратів - наявність лопаток, що утворюють кілька каналів по окружності. У багатоступеневих насосах застосовують апарати, у яких напрямні й зворотні лопатки (тобто лопатки, що направляють рідину до колеса наступного ступеня) об'єднані в одне ціле. За рахунок цього потік при вході в напрямний апарат стискається, та при виході з нього розширюється, окрім цього течія має турбулентний характер. За рахунок цього виникають гідравлічні втрати. Але основні втрати в даному напрямному апараті виникають в дифузорному каналі.

На основі приведеного вище можна запропонувати інноваційну зміну конструкції проточної частини насосу, використавши безлопатевий відвідний пристрій, як альтернативний замінник традиційного лопатевого напрямного апарату. Цей пристрій буде виготовлятися без лопатей та буде мати іншу конструкцію. Це дозволить збирати рідину та підводити її до наступного ступеня не стискаючи потік.

Метою дослідження даної конструкції є спрощення проточної частини відцентрового багатоступеневого насосу та зменшення втрат напору в самому апараті.

САМОРЕГУЛЮЮЧИЙ ПРИСТРІЙ РОЗВАНТАЖЕННЯ ОСЬОВОГО ЗУСИЛЛЯ НА РОТОРІ БАГАТОСТУПЕНЕВОГО НАСОСА

Колісніченко Е. В., доц. каф. ПГМ; Момот О. В., Рудецький В. С., студенти гр. ГМ-71-9, СумДУ, м. Суми

У робочому колесі одностороннього входу внаслідок відсутності його симетрії відносно площини перпендикулярної до осі обертання насоса, виникає неврівноважена гідравлічна сила, спрямована по осі у бік вхідної воронки колеса.

При складанні епюр тиску (див. рис. 1) на зовнішніх сторонах дисків залишається неврівноважена частина епюри на кільцевій поверхні з радіусами R_0 та R_y, що і обумовлює наявність осьової сили T_1. По осі насоса також діє динамічна сила T_2, обумовлена натіканням потоку на колесо та зміною осьового напрямку його руху на радіальний.

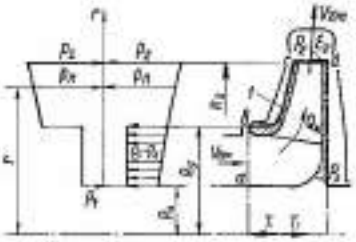


Рисунок 1 – Розподіл тиску на поверхнях основного та покривного дисків робочого колеса

Сумарна осьова сила, що діє на робоче колесо однієї ступені насоса визначається різницею вказаних сил:

$$T_{cm} = T_1 - T_2 ,$$

де T_1 - сила, викликана нерівномірністю розподілу тисків на основному та покривному дисках робочого колеса, Н;

T_2 - динамічна сила, обумовлена натіканням потоку рідини на колесо та зміною осьового напрямку його руху на радіальний, Н.

Сила T_2 є незначною і суттєвого впливу, на відміну від сили T_1 на сумарну осьову силу не має.

У багатоступеневих відцентрових насосах робочі колеса розташовані на валу послідовно одне за одним, тому результуюча осьова сила буде збільшуватися пропорційно кількості робочих колес (ступеней):

$$T = k \cdot T_{cm} ,$$

де k - кількість ступеней насоса.

Наявність в насосі нерозвантаженої сили T викликає осьовий зсув ротора насоса в сторону всмоктування, що неминуче призводить до його аварійної зупинки.

Для боротьби з осьовою силою використовують спеціальні розвантажувальні пристрої. Одним із таких пристроїв є гідравлічна п'ята.

Гідроп'ята (див. рис. 2) є автоматичним саморегулюючим врівноважуючим пристроєм, що працює на всіх режимах роботи насоса. Вона розміщується за робочим колесом останнього ступеня і є комбінацією двох послідовно розташованих дроселюючих щілин: циліндричної та торцевої. Недоліками пристрою є схильність до «запарювання» і задирів на торцевих контактних поверхнях, а також швидким зносом в місці торцевого зазору.

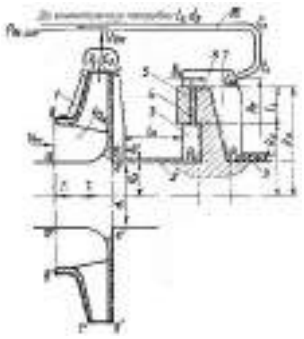


Рисунок 2 – Розвантаження осьової сили за допомогою гідроп'яти:

Диск гідроп'яти 6 закріплюється на валу насосу за останнім робочим колесом. Рідина із задньої пазухи робочого колеса потрапляє через кільцевий зазор 2 в проміжну камеру 3. Далі через торцевий зазор 4 рідина потрапляє в камеру 7 за диском гідроп'яти і по відвідному трубопроводу 10 – до всмоктуючого патрубка насоса.

Кільцевий зазор виконує функцію дроселюючого пристрою, зменшуючи тиск рідини перед гідроп'ятою. Ступінь зниження тиску залежить від довжини цього зазору l_0.

Торцевий зазор призначений для розвантаження осьового зусилля на роторі насоса.

При збільшенні осьової сили, ротор зміщується в сторону всмоктування (за рис. 2 – вліво). Опір кільцевого зазору не змінюється, а торцевого – збільшується. Витрата через гідроп'яту зменшується, а тиск в камері перед гідроп'ятою збільшується, зміщуючи ротор вправо.

При зменшенні осьового зусилля насоса торцевий зазор в гідроп'яті збільшується і урівноважуюча сила відповідним чином зменшується. Таким чином, за рахунок саморегулювання торцевого зазору осьове зусилля ротора насоса повністю врівноважується по всьому діапазону роботи насоса.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІЛЬНОВИХРОВИХ НАСОСІВ (ТИПУ СВН) ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ РІДИН З ВКЛЮЧЕННЯМИ

Коломієць В. А.., студ.; Пузік Р. В., асп.;
Кондусь В. Ю., асист. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

При підборі типу насоса для роботи на забруднені рідини слід правильно оцінювати не тільки їх економічні показники (а саме, к.к.д.), а враховувати також інші види витрат, що складають сукупні витрати у грошовому вимірі в процесі розробки, експлуатації, ремонту та утилізації насосного обладнання (структура вартості життєвого циклу, LCC).

При порівнянні насосів відцентрового та вільновихрового типу за умови транспортування рідин з абразивними включеннями [1], встановлено, що тривалість міжремонтного циклу останнього була більшою приблизно в 2,5 – 3 рази. Це пов'язано з суттю робочого процесу насосів розглянутих типів.

Так у відцентровому насосі робочий процес полягає виключно у силовій взаємодії лопатей його робочого органу (робочого колеса) з рідиною. Таким чином, весь обсяг робочої рідини проходить через міжлопатеві канали робочого колеса насоса. Як результат, це призводить до швидкого зношування перш за все переднього ущільнення, а надалі й поверхонь міжлопатевих каналів робочого колеса, що обертається з частотою 1 500 – 3 000 об/хв.

Робочий процес вільновихрового насоса більш складний, що пов'язано з конструкцією його проточної частини (рис. 1)

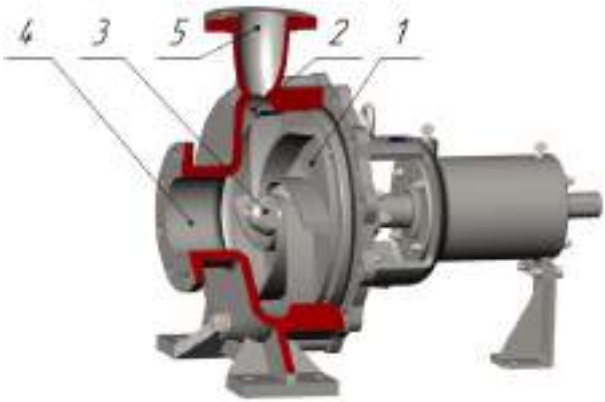


Рисунок 1 – Конструкція вільновихрового насоса: 1 – робоче колесо; 2 – вільна камера (ВК); гайка-обтікач; 4 – всмоктувальний патрубок; 5 – напірний патрубок.

До основних елементів проточної частини вільновихрового насоса слід віднести робоче колесо напіввідкритого типу 1, яке розташовується у ніші корпуса насоса 2, підвідний патрубок 4, який здійснює підвід робочої рідини до проточної частини насоса, а також кільцевий відвідний пристрій 5, призначений для відводу рідини з проточної частини насоса до напірного трубопроводу. Слід зазначити, що наявність гайки-обтікача 3 спричинена необхідністю запобігання виходу робочого колеса до вільної камери 2 у результаті дії на ротор насоса осьової сили.

На відміну від відцентрового насоса, робочий процес вільновихрового насоса більш комплексний і відбувається у декілька етапів. На першому етапі рідина, що надходить до міжлопатевих каналів робочого колеса, отримує приріст енергії за рахунок силової взаємодії з лопатями. Надалі частина рідини надходить безпосередньо до напірного патрубка, а інша її частина утворює так званий «тороподібний вихор». Частина рідини («потік протікання»), що надходить до проточної частини насоса отримує приріст енергії шляхом взаємодії з тороподібним вихором, який у даному випадку виступає у якості так званої «рідкої лопаті», та надходить до напірного патрубка без будь-якої взаємодії з лопатями робочого колеса.

Варто окремо розглянути наступне питання. За умови транспортування рідини з наявністю деякої частини твердої фази (перш за все йдеться про аброзивні включення) більшість твердих частинок проходять проточною частиною насоса саме через потік протікання, і не спричиняють шкідливий вплив до поверхонь лопатей робочого колеса. Як результат, зносостійкість робочого колеса (а саме цей елемент проточної частини зношується в насосі швидше за інші) значно більша саме у вільновихрового насоса, ніж у відцентрового, а тривалість міжремонтного циклу проточної частини вільновихрового насоса в 2,5 – 3 рази більша, ніж у відцентрового.

За умови перекачування агресивних рідин швидке зношування проточних частин насосів може призводити до необхідності заміни насоса в цілому. Тому, незважаючи на значно нижчий к.к.д. у вільновихрових насосів (30 – 50 %), ніж у відцентрових (60 – 80 %), їх використання за заданих призводить до значної економії коштів, як результат зменшення інвестиційних витрат, а також витрат на ремонт і простій обладнання.

Список літератури

1. Kotenko A. I. Rationalization of ukrainian industrial enterprises in a context of using torque flow pumps on the basis of valuation of the life cycle of pumping equipment / A. I. Kotenko, V. F. Herman, A. A. Kotenko // Nauka i studiya. Technichni nauky – Przemysl, 2014. - №16 (126). – P. 83 – 91.

2. Improving the efficiency of the operating process of high specific speed torque-flow pumps by upgrading the flowing part design / [V. Kondus, R. Puzik, V. German et al]. // J. Phys.: Conf. Ser. – 2021. – №1741. – C. 012023. [Режим доступу] – https://doi.org/10.1088/1742-6596/1741/1/012023

ПРОЕКТУВАННЯ ЗМІННИХ ПРОТОЧНИХ ЧАСТИН НАСОСА ТИПУ ЦНС 300-180 З МЕТОЮ РОЗШИРЕННЯ ЇХ ДІАПАЗОНУ ВИКОРИСТАННЯ

Шевченко А. І., студ.; Кондусь В. Ю., асист. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Відцентрові насоси типу ЦНС широко застосовуються підприємствами нафтовидобування для створення та підтримання пластового тиску (рис. 1) при використанні вторинного методу видобутку нафти.

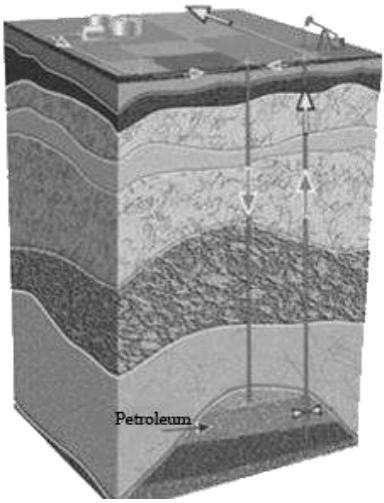


Рисунок 1 – Процес створення та підтримання пластового тиску в процесах нафтовидобування

Пластовий тиск створюється при цьому шляхом закачування безпосередньо до нафтового пласта деякого обсягу рідини (переважно технічної води).

Оскільки експлуатація відцентрового насоса пов’язана з достатньо вузьким діапазоном його роботи (так звана «робоча зона»), для розширення перекриття робочих полів необхідно вносити деякі конструктивні зміни до проточної частини насоса.

Спеціалістами кафедри Прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету запропоновані шляхи підвищення напірних показників насосів, що заключаються у внесенні немодельних змін до конструкції лопатевої решітки робочого колеса [1 – 3].

У роботі [4] для розробки уніфікованих параметричних рядів насосів запропоновано виконувати змінні його проточні частини. Зазначений спосіб

ефективний при необхідності значного варіювання значення подачі насоса (витрати в трубопровідній мережі). Експлуатація відцентрових насосів з високими показниками економічності (к.к.д.) і надійності можлива в діапазоні значень Q = 0,9 – 1,1 $Q_{ном}$. Запропонований метод дозволяє значно розширити діапазон роботи насосних агрегатів типу ЦНС шляхом заміни проточної частини на більш, або менш продуктивну (в залежності від потреби).

Насос типу ЦНС 300-180 розроблений на наступні розрахункові параметри: подача – 300 $м^3$/год, напір – 180 м водяного стовпа, частота обертання – 1 500 об/хв. Використання насоса економічно виправдано у діапазоні подач 270 – 330 $м^3$/год.

У результаті виконання робіт з проектування змінної проточної частини даного насоса розроблено конструкцію на наступні параметри: подача – 250 $м^3$/год, напір – 190 м водяного стовпа, частота обертання – 1500 об/хв. Запропоновану проточну частину насоса доцільно використовувати в діапазоні подач 225 – 275 $м^3$/год. Використання розробленої проточної частини дозволяє збільшити діапазон подач у робочій зоні на 45 $м^3$/год або до 75 %, що у перспективі дозволяє значно скоротити витрати на електроенергію, а також підвищити надійність насосної установки з використанням насоса ЦНС 300-180.

Список літератури

1. Ратушный А. В. Повышение напорности ступени центробежного насоса путем усовершенствования лопастной решетки рабочего колеса : дис. канд. техн. наук : 05.05.17 – гидравлические машины и гидропневмоагрегаты / Ратушный А. В. – Сумы, 2015. – 154 с.

2. Кондусь В.Ю. Проектування високонапірного робочого колеса багатоступінчатих насосів для об'єктів нафтовидобутку / В.Ю. Кондусь, О.І. Котенко // «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування». II Міжнародна науково-технічна конференція 15–16 листопада 2016 р. : збірник тез доповідей. – Вінниця: Т.П. Барановська, 2016. – С. 53–56.

3. 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

4. Луговая С. О. Гидродинамические особенности проектирования сменных проточных частей при создании унифицированного ряда центробежных насосов : дис. канд. техн. наук : 05.05.17 – гидравлические машины и гидропневмоагрегаты / Луговая С. О. – Сумы, 2009. – 147 с.

ВІДОБРАЖЕННЯ УДАРНОЇ ХВИЛІ В ЗАМКНУТІЙ СХЕМІ ГІДРОПРИВОДУ

Сисенко В. В., асп. гр. А-05/МБ; Ігнатьєв О. С., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

В сучасному верстатобудуванні широке застосування знаходить об'ємний гідропривід. В частості гідропривід фрезерного верстата ГФ 2171 включає пластинчастий насос, гідроциліндри переміщення захватів, гідроциліндри коробки швидкостей та гідромотори переміщення та обертання. Усі перераховані агрегати є машинами об'ємного типу. Таким чином складовою частиною їх є замкнута камера. Гідравлічна схема включає гідроакумулятор який вмикається в роботу при зупинці насосу. Гідроакумулятор має порожнину заповнену робочою рідиною та певний об'єм заповнений газом. Таким чином гідросистема становить собою замкнену систему з елементами які мають різний модуль пружності. Як відомо в тупикових трубопроводах ударний тиск в окремих випадках підвищується в 2 рази в порівнянні з початковим тиском.

Якщо розподільник миттєво з'єднає трубопровід з акумулятором виникає стрибок тиску, який переміщується до замкнутої камери. Оскільки переміщення стовпа рідини далі неможливо, швидкість гаситься і виникає нова хвиля тиску, фронт якої вище за початковий.

Найбільш ефективні засоби зниження гідравлічного удару є непрямий гідравлічний удар, становлення компенсаторів у вигляді місцевих розширень, гідроакумуляторів та запобіжних клапанів. В розглянутій схемі застосовується гідроакумулятор з підвищеною інерційністю. В загальному випадку інерційний напір в 2 рази менше ударного. Застосування в акумуляторі елементів що підвищують його інерційність, збільшує час підняття ударного тиску, що аналогічно явищу непрямого гідравлічного удару при збільшенні часу спрацьовування гідравлічної апаратури.

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

МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ЗНОСУ ПІДШИПНИКІВ У НАСОСНОМУ АГРЕГАТІ БЕЗ УЩІЛЬНЕНЬ

Строкін О. О., аспірант, СумДУ, м. Суми

Як правило, насоси без ущільнень (насоси з електродвигуном або з магнітним приводом) мають підшипники ковзання, які охолоджуються і змащуються робочою рідиною. Як випливає з назви, насоси без ущільнень не мають динамічних ущільнень валу і розроблені з ротором всередині захисної оболонки. Надмірний знос або вихід з ладу підшипників через недостатнє змащування, абразивів у мастилі або кавітації може викликати контакт між ротором і захисним пристроєм. Це може привести до виходу обладнання з ладу і витоку технологічної рідини. [1].

Метод виявлення зносу підшипників залежить від матеріалу підшипників. Наприклад, підшипники з карбіду кремнію більш схильні до раптового виходу з ладу, тому пристрій контролю прогресивного зносу може не підійти.

Вуглецеві підшипники, з іншого боку, можуть демонструвати прогресивний знос, тому пристрій контролю прогресивного зносу може бути корисним. Завдяки прогресивному моніторингу зносу можна використовувати датчики наближення для контролю положення ротора в захисній оболонці.

Зміни положення ротора використовуються для визначення напрямку і ступеня зносу підшипника. Цей метод дозволяє виявити знос до контакту між ротором і захисним пристроєм. Чутливі пристрої повинні бути налаштовані на виявлення осьових і радіальних змін у положенні ротора.

Оскільки знос підшипника може призвести до контакту між ротором і захисним пристроєм через зміну положення ротора, може бути корисним використання пристрою виявлення контакту.

Контакт можна виявити за допомогою пристрою акустичного виявлення, моніторингу потужності, датчика вібрації, датчика температури захисної оболонки, датчика безперервності або контактного перемикача. [2].

Список використаних джерел

1. Gulich J. Centrifugal Pumps. Springer Heidelberg Dordrecht / J. Gulich. – London-New York, 2010. – 964 p.

2. [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу.:https://www.pumpsandsystems.com/home

ДОСВІД СТВОРЕННЯ НАСОСІВ З ВИСОКИМИ АНТИКАВІТАЦІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Тягно О. В., асп. гр. АСПтех-9.1; Овчаренко М. С., викл. каф. ПГМ; Ворожка А. С., асп. гр. А-05/МБ; Лобуренко М. В., мол. наук. співр. каф. ПГМ; Папченко А. А., с.н.с. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Аналіз технологічних процесів вітчизняних виробництв хімічної, харчової, нафтопереробної та інших галузей промисловості свідчить про необхідність створення сучасного, енергоефективного насосного обладнання здатного перекачувати багатофазні робочі середовища. Здебільшого для зазначених процесів у якості насосного обладнання використовуються відцентрові насоси різних конструктивних схем.

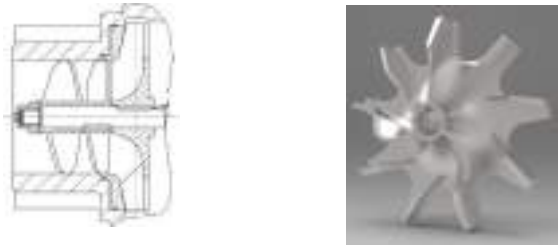
Забезпечення надійної та стабільної роботи процесних насосів дозволяє знижувати собівартість виробництв. Позапланові зупинки насосного обладнання або його нестабільна робота призводить до порушення технологічних операцій, зупинок виробництв, втрат сировини.

Авторами роботи було виконано аналіз технологічних процесів цукрових заводів. Одним із шляхів ресурсо- та енергозбереження є впровадження плівкових випарних апаратів. При цьому висуваються наступні вимоги до насосів, якими комплектуються плівкові апарати. Насос повинен перекачувати цукровий сироп. Густина цієї суміші коливається $\rho = 1200 \div 1300 \frac{кг}{м^3}$, температура досягає фазного переходу рідини у пар і може сягати 110°С, вміст сухих речовин середовища сягає 55-65%.

Для перекачування сиропу на плівкових апаратах раніше використовуватися насоси типу СКМ-1. Основними недоліками використання зазначених насосів є їх нестабільна роботи (виникнення кавітації) та періодична кристалізація робочого середовища у проточній частині.

Тому постає завдання розробити новий насос, який дозволить мінімізувати затрати на виробництво та експлуатацію, матиме уніфіковану конструкцію, максимально відповідатиме вимогам енергоефективності та матиме оптимальну ціну, а також зможе забезпечити кавітаційний запас на рівні 1,4 – 1,5 метри.

Перевагу було надано конструктивній схемі насосу консольного типу за схемою «ISO». Проточна частина складається з осьового підводу, передвключеного шнека, шнеко-відцентрового робочого колеса та спірального корпусу.



а *б*

Рисунок 1 – Схема робочої зони шнековідцентрового насосу (а)
та модель відкритого робочого колеса (б)

У якості ущільнень валу обрано комбіноване ущільнення (динамічне + сальникове). Забезпечення покращених антикавітаційних характеристик планується досягти за рахунок використання пониженої частоти обертання ротору (1000 об/хв), встановлення шнеку та використання оригінальної конструкції відкритого типу з двоярусною лопатевою системою.

Розрахунок шнеку здійснювався з урахуванням параметрів роботи насосу. Геометрія лопатей робочого колеса узгоджувалися з геометрією шнеку. Використання двоярусної решітки дозволило при збереженні високих енергетичних показників покращити антикавітаційні характеристики насосу.

Енергетичні та кавітаційні характеристики насосу наведені на рис. 2.

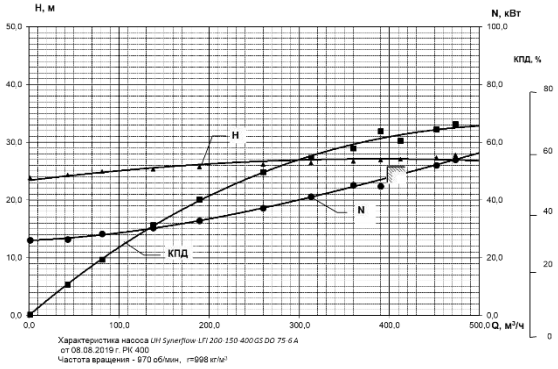


Рисунок 2 – Характеристика насоса
UH Synerflow-LFI 200-150-400 GS DO75-6 A

Промислові випробування 5-ти зразків насосного обладнання (Q = 115; 400; 610 м^3/год) на Теофіпольському цукровому заводі підтвердили їх надійність та енергоефективність.

ВПЛИВ ЗАКРУТКИ ПОТОКУ НА ВХОДІ В РОБОЧЕ КОЛЕСО НАСОСУ НА ЙОГО ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ворожка А. С., асп. гр.А-05/МБ; Лобуренко М. В., мол. наук. співр. каф. ПГМ; Папченко А. А., канд. техн. наук, доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

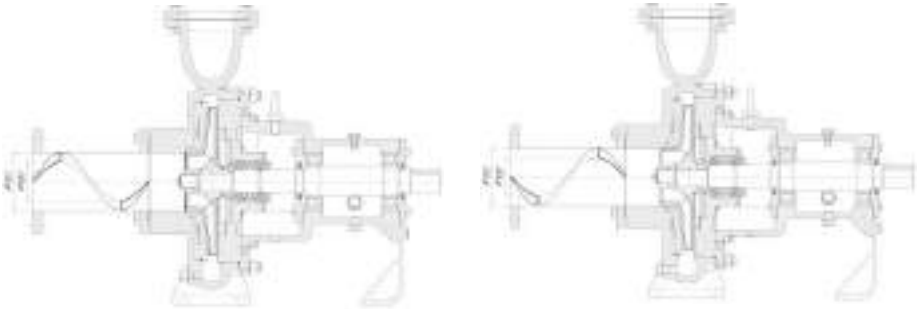
Регулювання роботи більшості відцентрових насосів (ВН) відбувається в основному за рахунок дроселювання, що в значній мірі впливає на експлуатаційні режими роботи ВН. При такому способі регулювання відбувається відхилення від оптимального режиму роботи насосу та значні втрати енергії. Істотний вплив на експлуатаційні параметри ВН здійснює структура потоку на вході в робоче колесо (РК). Використання направляючих апаратів (НА) на вході забезпечує кращі енергетичні показники в осьових насосах та відцентрових багатоступінчатих, і розширює робочий діапазон цих насосів. У консольних ВН використання підвідних пристроїв не знайшло широкого розповсюдження.

Для дослідження впливу закрутки потоку на вході в робоче колесо насосу на його енергетичні характеристики створено прототип змінного підвідного пристрою. Особливістю такого пристрою є підбір кута натікання потоку рідини на лопатку РК. Проаналізувавши теоретичний матеріал, прийнято два варіанта попередньої закрутки потоку: перший – позитивна закрутка, при якій спостерігається збільшення гідравлічного ККД, за рахунок зменшення тертя в каналі РК, зміщення оптимальної точки в бік малих подач та збільшення всмоктувальної здатності насоса; другий – негативна закрутка, за таких умов оптимальна точка зміщується в бік більших подач, тому збільшується швидкість потоку в каналі РК, збільшуються втрати на тертя, а отже зменшується гідравлічний ККД. Негативна закрутка також характеризується збільшенням напору, створюваним РК.

Вибір кута закрутки потоку на вході ефективний лише в межах не більше ніж 45˚ [2]. При дослідженні руху рідини з малими кутами закрутки потоку отримаємо енергетичну характеристику з незначним відхилення від руху рідини без закрутки потоку [3]. Тому можливо висунути припущення, що при куті закрутки потоку на вході в робоче колесо насосу в 30˚ отримаємо енергетичну характеристику ВН, на якій будуть найбільш помітними зміни напору, подачі, ККД.

Для перевірки гіпотези на кафедрі ПГМ був розроблений експериментальний зразок насосу, конструктивна схема якого приведена на рис.1.

Експериментальний зразок насоса складається з двох частин – НА та консольного відцентрового насосу. Для отримання більшої інформації в ході проведення експерименту, реалізована можливість встановлення закритого або відкритого РК. Конструкція НА є знімною та з можливість швидкої заміни



а) б)

Рисунок 1 – Конструктивна схема насоса:
а) – НА з негативною закруткою потоку;
б) – НА з позитивною закруткою потоку.

деталі, яка закручує потік . Таким чином отримуємо можливість проведення 4 експериментів з одним кутом закрутки:

- Закрите робоче колесо і НА з позитивною закруткою;
- Закрите робоче колесо і НА з негативною закруткою;
- Відкрите робоче колесо і НА з позитивною закруткою;
- Відкрите робоче колесо і НА з негативною закруткою.

Представлена конструкція експериментального насосу дасть змогу детально дослідити вплив закрутки потоку на вході в РК і оцінити величину зміни енергетичних характеристик. В подальшому результати дослідження будуть реалізовані в конструкціях насосів, які проектуються та виготовляються на кафедрі ПГМ СумДУ.

Список літератури

1. Михайлов А. К. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование: учеб. пос. / А. К. Михайлов, В. В. Малюшенко. - М. : Машиностроение, 1977. - 288 с.
2. 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.
3. Цой Ен Нам, Головин В. Л. "Экспериментальная оценка влияния предварительной закрутки потока перед рабочим колесом на характеристики центробежного насоса." Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета 1 (38) (2019).

ВПЛИВ БІЧНИХ ПАЗУХ НАСОСА НА РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЛОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Черноброва А. К., асп. гр. АСП-7.133.1; Сотник М. І., д-р техн. наук, доцент, каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми, Україна; Молошний О. М., канд. техн. наук, ТОВ «РОМРАХ», м. Вроцлав, Польща

Сучасні наукові дослідження гідравлічних процесів руху течії у насосах базуються на числових методах розрахунків. У роботі описується вплив елементів розрахункової моделі насоса на результати розрахунку в програмному комплексі ANSYS CFX, шляхом моделювання насоса двостороннього входу без урахування та з урахуванням руху рідини в бічних пазухах.

Об'єкт дослідження - рух течії у спіральному відводі насоса двостороннього входу. Дослідження проводилося за номінальної подачі 105 м^3/год та швидкості обертання валу насоса 1460 об/хв. Коефіцієнт швидкохідності n_s становив 58. Відношення ширини спіралі на вході b_3 до ширини робочого колеса на виході b_2 становить 2,3. Неструктурована розрахункова сітка проточної частини досліджуваного об'єкта була побудована в програмному продукті ICEM CFD і складалась з тетраедрів та призматичних шарів. Загальна кількість елементів сітки склала 10 млн. Числове дослідження було виконано за стандартною k-ε моделлю турбулентності. Умови взаємодії між ротором і статором було задано Stage.

Згідно з аналізу проведених розрахунків виявлено значну відмінність розподілу швидкостей в поперечному перетині спірального відводу в моделі без урахування течії в бічній пазусі та з її урахуванням. В першій моделі в місці виходу течії зі спіралі до пазух задано граничну умову «стінка», що змінює структуру руху рідини в спіралі і створює коло «стінки» зону низьких швидкостей. В другій моделі рідина входить в бічні пазухи, де її швидкість плавно знижується зі зменшенням радіуса, крім зони поблизу робочого колеса, де обертання стінки призводить до зростання швидкості. Детально розглянуто зміну абсолютної швидкості у 8 поперечних перетинах спірального відводу для обох досліджуваних моделей. Їх аналіз показує, що проведення розрахунку з урахуванням бічних пазух призводить до збільшення величини абсолютної швидкості в межах 7,5 %. При цьому, найбільше зростання спостерігається для перетину 90°, а потім поступово зменшується до перетину 360°. В моделі з бічними пазухами значення напору збільшилось на 1,3 % в порівнянні з моделлю без бічних пазух.

Отже, за результатами проведених розрахунків встановлено, що при значному співвідношенні b_3 до b_2 моделювання руху рідини в насосі без урахування течії в бічних пазухах насоса призводить до значної похибки, яка є не прийнятною для подальшого дослідження.

ОГЛЯД ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

Сохань А. О., Сухоставець Д. І., аспіранти гр. АСПтех-9.1;
Сотник М. І., д-р техн. наук, доцент, каф. ПГМ, СумДУ, м.Суми

З кожним роком дедалі гостріше постає питання у зменшенні кількості вичерпних видів енергоресурсів, таких як нафта, газ та ін. Промисловцям необхідно підшуковувати альтернативи. Найбільш перспективними є альтернативні види енергії, але на жаль, наразі вони не можуть забезпечити весь об'єм промислової необхідності. Тому науковці рухаються в бік енергоефективних технологій для зменшення споживання та таким чином здешевлення технологічних циклів.

Одним із основних споживачів енергії є насосні агрегати. Вони отримали широке поширення у всіх галузях промисловості. Тому постає задача у збільшені енергоефективності насосів. Є декілька шляхів вирішення даної проблеми на наступних етапах:

а) в процесі виготовлення серійно випускаються НА;

б) в процесі експлуатації за рахунок вдосконалення методів вибору насосів, діагностики та контролю основних характеристик і підвищення технічного рівня за рахунок модернізації конструкції в процесі капітального ремонту;

в) створення і застосування НА з інноваційними конструктивними рішеннями.

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 ns) [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 діффузорного міжлопатевих каналів [1];
- використання підходів теорії оптимального управління (ТОУ) [1].
- підвищення об'ємного ККД: зниження перетоків в дискових пазухах за рахунок модифікації щілинних ущільнень [1].

Розглянемо детальніше метод вдосконалення роботи насосів шляхом нанесення на проточну частину робочого колеса полімерних покриттів. Він є одним з найбільш ефективних. Полімерні покриття мають високу

зносостійкість і корозійностійкої, досить еластичні і міцність. Як полімерних покриттів використовуються тефлон, фторопласт-4 та інші.

Даний метод дозволяє знизити шорсткість проточної частини робочих коліс і корпуса насоса. Крім того, одним з переваг даного методу є зростання опору явищу кавітації [2]. Покриття має добре взаємодіяти з металами, з яких зроблений насос і робоче колесо, але воно не повинно піддаватися зносу при взаємодії з рідиною, що перекачується.

На гідравлічний ККД полімеризація впливає наступним чином:

- полімери утворюють гладку поверхню, що призводить до зменшення шорсткості і, відповідно, до зниження енерговитрат на перекачку [2];
- полімери відштовхують рідина [2];
- полімери пручаються зносу, захищаючи метал від корозії;
- полімери знижують внутрішню турбулентність потоку в проточній частині насоса.

Висновок

Є чимало методів збільшення енергоефективності наносних агрегатів та здешевлення технологічного циклу. Краще за все вони працюють у приватному порядку під потреби окремого виробництва.

Список літератури

1. А.В. Волков, А.Г. Парыгин, А.А. Вихлянцев. Анализ перспективных направлений совершенствования насосных агрегатов нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств//Химическая техника №10/2018. Режим доступу: https://chemtech.ru/analiz-perspektivnyh-napravlenij-sovershenstvovanija-nasosnyh-agregatov-neftehimicheskih-i-neftepererabatyvajushhih-proizvodstv1/
2. Igor R. Baikov, Andrey Yu. Trofimov, Ramil R. Ziyatdinov. Increase of energy efficiency pumping units. DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-4-53-59 Mode of access:http://ntj-oil.ru/files/ntj/2018/4/ntj-4-2018-p53-59.pdf

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ (ПРИКЛАДНА ГІДРОАЕРОМЕХАНІКА)»

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ТА КЛІМАТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ УСТАНОВОК СОНЯЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Піддубна К. О., студ. гр. ЕМм-01;
Сотник М. І., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Організація процесів генерації електричної енергії для потреб навчальних закладів з використанням огороджуючих конструкцій будівель корпусів навчальних закладів у якості монтажних опор сонячних панелей є доволі перспективним заходом. Генерація сонячними електростанціями електричної енергії для потреб технологічних процесів навчальних закладів обумовлюється і одночасно стримується особливостями графіка проведення навчального процесу, якому здебільшого підпорядковуються всі інші технологічні процеси, а також умовами та можливостями розташування сонячних панелей на території або об'єктах закладів. Чинні законодавчі акти наразі регулюють загальні умови розташування панелей на зовнішніх поверхнях будівель. Привабливість використання можливостей сонячної генерації електричної енергії для, хоча б часткового, задоволення потреб навчального закладу у енергії також пояснюється збігом у часі графіків генерації та споживання електричної енергії. Згідно чинного законодавства в Україні навчальний рік у навчальних закладах організовується здебільшого з 1 вересня до 1 липня. За своїми кліматичними та метеорологічними особливостями в умовах півночі та північного сходу країни цей період характеризується великою щільністю хмарності протягом майже 4,5 місяців з 10 місяців навчального року. Результати спостережень показують, що питома генерація електричної енергії протягом зазначених 4,5 місяців становить близько 780 кВт*год /10 кВт установленої потужності сонячних панелей, тобто середньо добова генерація у «темний» час року становить близько 6 кВт*год /10 кВт установленої потужності сонячних панелей при їх стаціонарному розміщенні на покрівлі будівлі. Однак, у «світлий» період навчального року (вересень, жовтень, частина березня, квітень, травень, червень) сумарна середня питома сонячна генерація становить близько 6310 кВт*год / 10 кВт установленої потужності сонячних панелей, а середньодобова генерація – близько 38 кВт·год / 10 кВт установленої потужності сонячних панелей. Максимальна ефективність функціонування сонячних панелей припадає на липень, серпень (середньодобова генерація – близько 48 кВт*год / 10 кВт установленої потужності сонячних панелей) однак, у цей період навчальні заклади припиняють навчальний процес і споживання електричної енергії мінімальне. Пік споживання електричної енергії співпадає з годинами максимальної сонячної генерації електроенергії. Якщо за розкладом занять (за наявності сонячної генерації) найбільш енерговитратні заняття планувати в години максимальної генерації, то можна «вирівнювати» графіки (профілі) електроспоживання у навчальному процесі.

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ОБСЯГІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ У НАВЧАЛЬНИХ ТА ЛАБОРАТОРНИХ КОРПУСАХ ЗВО

Новак О. Ю., студ. гр. ЕМм-01;
Сотник М. І., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Інформаційні системи енергоспоживання ЗВО повинні включати дві основні функції: моніторинг поточного споживання енергії та визначення прогнозних показників енергоспоживання на наперед визначений період. Друга функція і є найбільш проблематичною щодо правильного (коректного) визначення лімітів енергоспоживання. Для їх розрахунку наразі користуються в основному результатами (масивами) статистичних досліджень. Алгоритми розрахунків далеко не завжди враховують поточно-змінні фактори впливу на використання електроенергії. Це може впливати на інтерпретацію результатів енергоспоживання та дій персоналу або діагностування технічного стану обладнання. Наявні підходи до моніторингу та прогнозування є дуже загальним і не враховує багато чинників (особливості режиму функціонування закладів, кліматичних умов і т. і.). Також такі методики не стимулюють персонал до економії енергоресурсу. Виходячи з цього, для побудови математичної моделі електроспоживання об'єкта необхідно уточнити методику обрахування величин нормального енергоспоживання, яка б враховувала короткотермінові зміни технологічного процесу та зовнішні змінні умови його застосування. Окрім того, моделювання електроспоживання повинно спиратися на вихідні дані, які коректно характеризують процеси енергоспоживання. Їх визначення є складною задачею і без диференціації загальних показників електроспоживання часто цього зробити просто не можливо. Застосування вдосконалених методик формування «спектру» електроспоживання, які поєднують розрахункові, статистичні методи моделювання мають підвищити точність визначення складових електроспоживання окремими системами та точність прогнозування. Аналіз функціонування технологічних процесів будь-якого навчального закладу, або іншої установи вказує на спільні складові загальної структури електроспоживання. За визначеною структурою споживання струмоприймачі можна розділити за системами в яких вони використовуються: 1 - системи штучного освітлення приміщень де проводяться основні та допоміжні технологічні процеси; 2 - системи енергозабезпечення будівель та процесів, а також їх підтримки; 3 - системи забезпечення адміністративної діяльності та побутових потреб; 4 - системи забезпечення процесів логістичної діяльності; 5 - системи виконання основного технологічного процесу та допоміжних процесів. Для формування профілів добових прогнозних обсягів споживання електроенергії пропонується за основу прийняти структуру енергоспоживання за часовими проміжками проведення занять.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЇ У НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Корж В .П., студ. гр. ЕМм-01;
Сотник М. І., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Застосування теплових насосів як генератора низькопотенційної теплової енергії у системах опалення будівель дійсно є перспективним напрямком розвитку систем теплозабезпечення будівель. Однак їх широкому впровадженню наразі на заваді постають декілька технічних, організаційних та фінансово-економічних проблем. Як відомо, система опалення складається з декількох компонентів: споживач з його тепловим навантаженням, система транспортування теплоти до місця застосування та генератор теплової енергії (у якості якого застосовується котельне обладнання).Традиційно користуються способом якісного регулювання при регулюванні кількості теплоти, яка подається до будівлі. Температурний графік подачі теплоносія у мережах централізованого теплопостачання приймають 150^0-70^0С , 130^0-70^0С , 110^0-70^0С, 95^0-70^0С, або інший. Відповідно розраховується і гідравлічний режим мережі та системи теплозабезпечення будівлі. За цих умов, (наприклад, 110^0-70^0 С) температура прямого та зворотного теплоносія при температурі повітря навколишнього середовища – 3^0С має становити 70^0 - 50^0 С. Такий температурний режим функціонування теплової мережі є критичним з точки зору якісної експлуатації системи централізованого гарячого водопостачання. Згідно існуючих норм гаряча вода на вході до споживача повинна бути температурою не нижче 50^0 С. Теплообмінні пристрої, що експлуатуються у таких системах розраховані, виходячи з мінімальної температури прямого теплоносія близько 70^0 С. Тобто, за таких умов подальше зниження температури теплоносія у магістральних теплопроводах на вході до центральних теплових пунктів та будівель, у яких встановлено індивідуальні теплові пункти, є не можливим. Та чи можна вирішити цю проблему при опаленні будівлі без забезпечення її централізованим гарячим водопостачанням? Одним з основних критеріїв, який необхідно розглядати при прийнятті рішення щодо можливості застосування у системах опалення будівлі струмоприймачів як генератора теплової енергії – теплового насоса є кліматичні показники періоду опалювального сезону. Зважаючи на технічні характеристики наявних на ринку теплових насосів доцільно проаналізувати часові проміжки їх можливого функціонування за кліматичних умов, які характеризуються декількома діапазонами зміни температури повітря навколишнього середовища, бо відповідно до неї змінюється теплове навантаження будівлі, змінюється і СОР теплового насоса. Для розуміння цієї ситуації за певних кліматичних обставин проаналізовано особливості кліматичних умов Північного Сходу та Півночі України, за яких розглядається варіант

використання електричної енергії для опалення будівель з застосуванням теплового насоса. Розглядаючи технічні характеристики присутніх на ринку моделей теплових насосів, звертає на себе увагу той факт, що доцільною максимальною температурою теплоносія, що виходить з теплового насоса є близько 40^0 С. У цьому випадку коефіцієнт перетворення (COP) становить близько 2. Подальше підвищення цієї температури є не доцільним, бо COP наближається за своїм значенням близьким до 1. І за таких обставин теплові насоси, втрачають свої переваги перед традиційною генерацією теплоти (наразі вартість 1 кВт теплової енергії, отриманої з традиційних централізованих систем теплопостачання становить у середньому 1,2 грн, вартість 1 кВт*год електроенергії за одноставковим тарифом близько 2,5 грн). Тобто, заміна традиційних установок генерації теплової енергії на теплові насоси без модернізації огороджуючих конструкцій будівель споживачів, зміни гідравлічних режимів та модернізації теплових мереж, реконструкції систем опалення будівель є практично не здійсненною. Тобто, критичною температурою повітря навколишнього середовища для застосування теплового насосу у традиційних системах опалення (без термомодернізації будівель та систем їхнього опалення) є – 3 ^{0}С, функціонування теплового насосу є доцільним у першому діапазоні температур повітря навколишнього середовища. За протяжністю цей період становить близько 90 діб). Наступна проблема - підігрів гарячої води. Для її вирішення необхідно переходити на індивідуальний підігрів води у електричному водонагрівачі, який за вартістю електричної енергії не може конкурувати з тепловою енергією централізованих систем теплопостачання. Далі постає питання щодо ефективного забезпечення тепловою енергією будівлі при зниженні температури повітря нижче – 10^0 С. Як варіант, пропонується розглядати комбіноване забезпечення теплотою у 3-му діапазоні температур повітря навколишнього середовища з використанням високо потенційного джерела теплоти. Ним може бути відокремлений котел, або система централізованого теплозабезпечення. Це може бути прийнятним у разі додаткового дообладнання локальних об'єктів навчальних закладів, що приєднані до існуючої централізованої системи опалення, тепловими насосами. В цьому випадку система централізованого теплозабезпечення (або відокремлений котел), має бути резервним джерелом і забезпечувати тепловою енергією навчальний заклад при зниженні температури повітря навколишнього середовища нижче – 7 ^{0}С. Точкою прийняття рішення щодо функціонування теплового насосу, чи переключення системи опалення до високо потенційного джерела теплопостачання має бути виконання умови: вартість 1 кВт теплової енергії, яка надходить у систему опалення будівлі та генерується установкою з використанням теплового насосу дорівнює вартості 1 кВт теплової енергії з високо потенційного джерела теплової енергії.

ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ АНДРІЇВСЬКОГО ЛІЦЕЮ

Волобуєв О. М., студ. гр. ЕМ-71;
Хованський С. О., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Енергетичний аудит (енергетичне обстеження) − це обстеження підприємств різної сфери та окремих виробництв за їх ініціативою з точки зору їх енергоспоживання з метою визначення можливостей економії енергії та допомоги у економії на практиці шляхом впровадження механізмів підвищення енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

Енергоаудит відіграє ключову роль в ефективному використанні енергії в промисловості, в побуті, а також у сфері послуг. Він є інструментом для повної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів, створення управлінських впливів, а також і для оцінки того, на скільки ці впливи є ефективними. Таким чином, енергетичний аудит (енергетичне обстеження) – постійно діючий механізм безупинного спостереження за станом об'єкта, який експлуатується, перевірка, ревізія, удосконалення до якогось даного еталона.

Предметом енергетичного аудиту є система обстеження споживання палива й енергії, аналіз і надання рекомендацій з ефективного споживання енергоресурсів. Основною метою енергетичного аудиту є пошук можливостей енергозбереження і допомога суб'єктам господарювання у визначенні напрямків ефективного енергозбереження. Об'єктом енергетичного аудиту є суб'єкт господарської діяльності різної форми власності.

Мета роботи – дослідження реального стану споживання енергоносіїв Андріївського ліцею, що розташований за адресою: с. Андріївка, вул. Першотавнева, 30, та розробка енергозберігаючих заходів з метою скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів

Для Андріївського ліцею було запропоновано такі рішення для поліпшення рівня енергоефективності: утеплення огороджуючи конструкцій будівлі (стін); заміна старих дерев'яних вікон на нові пластикові з подвійним склінням; заміна ламп розжарення на світлодіодні; встановлення за радіаторних віддзеркалюваних екранів;

Для зменшення втрат теплоти у довкілля через ділянки огороджувальних конструкцій, які містяться за конвективно-радіаційним опалювальними приладами системи опалення, необхідно передбачити за радіаторні віддзеркалювані екрани з теплоізоляційного матеріалу завтовшки 5 мм, вкритого шаром алюмінієвої фольги. Встановлення такого екрана відбувається за допомогою клею безпосередньо на ділянку стіни за опалювальним приладом. Такий захід запобігає втратам теплоти у довкілля і перевитратами теплоти опалювальними приладами за умов додержання чистої дзеркальної поверхні екрана упродовж всього терміну експлуатації. Данні заходи потрібно впроваджувати одночасно для отримання більшого ефекту енергозбереження.

РОЗРОБКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ КОРПУСУ «Т» СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Гасай А. М., студ. гр. ЕМ.м-01;
Хованський С. О., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Питання ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) останнім часом стає дедалі актуальнішим задля забезпечення енергетичної незалежності України. З метою встановлення єдиного підходу до оцінки стану будівлі, її інженерних систем, визначення показників споживання енергії та оптимального переліку заходів, що мають бути впроваджені в будівлі для приведення її до рівня мінімальних вимог з енергоефективності на законодавчому рівні було запроваджено сертифікацію енергетичної ефективності будівель. Окрім того, така сертифікація забезпечує інформування мешканців/відвідувачів/працівників про енергетичні показники будівлі, та сприяє формуванню відповідального ставлення до збереження енергоресурсів.

Метою роботи було розроблення енергетичного сертифікату для корпусу «Т» Сумського державного університету та на основі отриманих даних провести розрахунки для перевірки корпусу та його сертифікації відповідно до ДСТУ Б А.2.2 – 12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні».

Було проведено обстеження дійсного стану конструктивних елементів будівлі, а також системи тепло-, електро - та водопостачання. Також було зібрано необхідні дані. Проведене інструментальне дослідження систем енергозабезпечення дозволило встановити невідповідність багатьом параметрам з нормативної документації. Були розраховані всі основні види тепловтрат. Розрахунки показали, що значна частка теплової енергії, яка б повинна була йти на опалення приміщень і підтримку в них нормативної для учбових закладів температури, втрачається через огороджуючі конструкції, а найбільша частка через систему вентиляції. Це стає приводом до застосування відповідних енергозберігаючих заходів. Були запропоновані наступні заходи:

– утеплення зовнішніх стін будівлі (інвестиції – 1 089 720 грн; річна економія – 132 060 грн; строк окупності – 8,3 років);

– утеплення даху будівлі (інвестиції– 1 047 660 грн; річна економія – 369 719 грн; строк окупності – 2,8 роки);

– заміна вікон (інвестиції – 1 702 410 грн; річна економія – 133 871 грн; строк окупності – 12,71 років);

– модернізація/заміна системи опалення з гідравлічним балансуванням (інвестиції – 1 673 460 грн; річна економія – 91 163 грн; строк окупності – 18 років).

Втілення в життя кожного з цих заходів дозволить значно скоротити втрати теплової енергій і, як наслідок, зменшити споживання теплової енергії.

ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ АТ «СУМСЬКИЙ ЗАВОД НАСОСНОГО ТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ «НАСОСЕНЕРГОМАШ»

Гонтар В. О., студ. гр. ЕМ-71;
Хованський С. О., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Енергетика – одна з провідних галузей народного господарства України. Вона є своєрідним базисом, фундаментом, який закладено в основу функціонування економіки країни. Підготовці фахівців-енергетиків у вищих учбових закладах надана особлива увага, яка сама по собі несе велику відповідальність. В умовах командної системи, яка панувала майже до 1991 р., на першому плані, домінували проблеми безперебійної роботи устаткування, виробництва енергії і техніки безпеки при його експлуатації. Зовсім інша картина в країнах з ринковою економкою, де енергетикам доводилося відповідати за кожну спожиту кВт/год.

Мета роботи – дослідження реального стану споживання енергоносіїв і води на підприємстві (АТ «Сумський завод «Насосенергомаш», м. Суми) та розроблення енергозберігаючих заходів для скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів. Для визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) та розроблення рекомендацій щодо поліпшення рівня її енергоефективності проводиться енергетичний аудит. Енергетичний аудит призначений для вирішення таких головних завдань: обстеження стану використання енергетичних ресурсів; розробка організаційно-технічних заходів, спрямованих на зниження енергетичних витрат; визначення потенціалу енергозбереження; економічне обґрунтування організаційно технічних заходів.

Енергоаудит відіграє ключову роль в ефективному використанні енергії в промисловості. Він є інструментом для повної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів, створення управлінських впливів, а також і для оцінки того, на скільки ці впливи є ефективними.

Для розглядуваного об’єкту було запропоновано такі рішення для поліпшення рівня енергоефективності: утеплення огороджувальних конструкцій; заміна вікон на двокамерні; модернізація обладнання; виконати роботи по відновленню теплової ізоляції систем теплопостачання.

Сучасні напрямки енергозбереження включають в себе економію енергоресурсів і підняття ефективності процесу виробництва. Це, в свою чергу, передбачає: застосування різних технологій енергозбереження; модернізацію обладнання та регулювання режимів його роботи; зниження втрат електроенергії та поліпшення її якості.

Необхідно враховувати, що неможливо, наприклад, економити електроенергію, але не вживати ніяких дій по збереженню тепла або зниження споживання води. Тільки комплексні заходи щодо оптимізації та економії ресурсів дають найбільш відчутний ефект.

РОЗРОБКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ КОРПУСУ «М» СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Данильченко О.В., студ. гр. ЕМ.м-01;
Хованський С. О., доц. СумДУ, м. Суми

Метою роботи було розроблення енергетичного сертифікату для корпусу «М» Сумського державного університету та на основі отриманих даних провести розрахунки для перевірки корпусу та його сертифікації відповідно до ДСТУ Б А.2.2 – 12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні».

Енергетичний сертифікат – це електронний документ встановленої форми, в якому зазначено показники та клас енергетичної ефективності будівлі, наведено сформовані у встановленому законодавством порядку рекомендації щодо його підвищення, а також інші відомості про будівлю та її відокремлені частини, енергетичну ефективність яких сертифіковано. Енергетичний сертифікат має школу ефективності до якої можна віднести будівлю, таких класів сім. Найкращий клас – А, умовно кажучи «пасивні будинки», найгірші будівлі які мають клас ефективності G. Встановлений мінімум для комфортного проживання – клас С. Сертифікат дає можливість знизити витрати на електроенергію та теплоенергію від 10 до 70%; відслідкувати реальне споживання енергоресурсів та їх динаміку; можливість залучення додаткових коштів на покращення енергетичного стану будівлі.

Для розробки сертифікату енергоефективності корпусу було проведено розрахунки використання енергоресурсів під час опалювального сезону та охолодження в теплі пори року. Розрахунок кількості використання електроенергії та води. В ході виконання роботи використовувались технічні данні корпусу, а саме: технічний паспорт, креслення чотирьох поверхів та дані проведення попередніх енергетичних аудитів.

Після проведених розрахунків було визначено, що мінімальний опір огороджувальних конструкцій не відповідав табличним значення зазначених у ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель». Клас енергоефективності будівлі був визначений G, споживання енергії було більше за встановлений мінімум 153 кВт·год/м^3. Визначений рівень енергоефективності будівлі не відповідав комфортному значенню енергетичного сертифікату для знаходження людей у цьому приміщенні. Для корпусу «М» було визначено енергозберігаючі заходи для покращення роботи систем енергоспоживання та зменшення втрат теплової енергії під час опалювального сезону, а саме: заміна старих дерев'яних вікон на металопластикові, утеплення покрівлі корпусу з попереднім капітальним ремонтом, утеплення фасаду будівлі.

Після запропонованих енергозберігаючих заходів даний розрахунок проводиться повторно для перевірки наскільки ці заходи виявилися ефективними та на скільки вони підвищили клас енергоефективності будівлі.

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ CFD ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

Ляховка А. В., сту. гр. ЕМ.м.-01;
Хованський С. О., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Проектування будинків з використанням сучасних технології, які б гарантували економне використання енергоресурсів – першочергова задача, яка може бути вирішена за рахунок сучасних комп'ютерних технологій за допомогою математичного моделювання процесів, що відбуваються під час опалення приміщень.

Математичне моделювання дозволяє проводити оцінку можливих теплових втрат у будинку, можливого поліпшення санітарно-гігієнічних та екологічних умов, розраховувати і визначати матеріали, використання яких при будівництві дозволить раціонально використовувати фінансові ресурси, які, в свою чергу, забезпечать економію коштів на оплату енергоресурсів потрібних на забезпечення життєдіяльності в даній будівлі. Саме тому була обрана така важлива тема.

При вирішенні тривимірних задач сполученого теплообміну в об'єктах зі складною геометрією, що вимагають детального опису перенесення теплової енергії випромінюванням і конвекцією, безперечні переваги програмного комплексу ANSYS CFX перед іншими пакетами програм. ANSYS CFX – це професійний аналітичний комплекс для рішення термо-, гідро-, газодинамічних задач. У ньому використовується більш 16 моделей турбулентності, комплекс використовує моделі багатофазних потоків. Модель руху твердих частинок (Lagrangian Particle Transport) дозволяє врахувати дискретні домішки в однорідному потоці.

Рішення задач в ANSYS CFX проводиться в декілька етапів. Наприклад, зручно виконувати геометричні моделі об'єктів в програмі «SOLIDWORKS», зберігати їх у форматі Parasolid і експортувати в програму ANSYS CFX. Сітка будується або в додатку пакету CFX-Mesh або в універсальному сітковому пакеті ANSYS ICEM CFD. Потім в препроцесорі визначається «фізика завдання» – задаються зони типу INLET, через який середовище входить в об'єкт; зони типу OUTLET, через що середовище виходить з об'єкта; зони типу WALL, до яких відносяться поверхні, що обмежують частини об'єкта і т. д. Зони по черзі виділяються курсором, і на них задаються граничні умови.

За допомогою розробленої під час виконання роботи моделі можна оцінювати дотримання санітарно-гігієнічних норм і забезпечення комфортних умов для нормальної життєдіяльності людей, а також підібрати найбільш енергоефективні варіанти утеплення приміщення. Також отримані результати та подальші дослідження нестаціонарних процесів прогрівання приміщень можуть бути в майбутньому використані при розробці систем автоматичного регулювання систем опалення.

ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ ГОЛОВНОГО КОРПУСУ АТ «НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ І ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ ІНСТИТУТ АТОМНОГО ТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО НАСОСОБУДУВАННЯ»

Чередник М. В., студ. гр. ЕМ-71;
Хованський С. О., доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Однією з найважливіших складових добробуту в цивілізованих державах є забезпечення громадян і компаній необхідними енергоресурсами. На розвиток господарюючих суб'єктів в нашій країні істотний негативний вплив робить висока частка енергетичних втрат у витратах виробництва, яка на промислових підприємствах складає е середньому 8-12% і має стійку тенденцію до зростання у зв'язку з великим моральним і фізичним зносом основного обладнання та значними втратами при транспортуванні енергетичних ресурсів.

Об'єктом даного обстеження є головний корпус АТ «ВНДІАЕН», який знаходиться за адресою: Сумська область, м. Суми, вул. 2-га Залізнична 2. Дана установа має чотири поверхи.

Метою роботи було підвищення енергоефективності будівлі та зменшення обсягу споживання паливно-енергетичних ресурсів, що дасть змогу зменшити обсяг використання бюджету.

На момент обстеження будівлі проведені такі енергозберігаючі заходи: часткова заміна старих дерев'яних вікон на металопластикові, зроблена повна теплоізоляція зовнішніх стін будівлі.

Першим кроком було проведено візуальне та інструментальне обстеження системи опалення, стану будівлі, освітлення та водопостачання, а також збір документації щодо споживання закладом енергоресурсів.

Зовнішні двері будівлі – металопластикові. При обстеженні було виявлено майже однакову температуру повітря у кімнатах. Через неповну заміну вікон, втрачається значна частина теплової енергії; через занедбаний стан сантехніки втрачається багато води.

Наступним кроком був зроблений розрахунковий аналіз досліджуваних енергосистем цього об'єкту, що дало змогу виявити основні фактори які впливають на втрату енергетичних ресурсів. Найбільші втрати були виявлені в освітленні будівлі.

Проаналізувавши дані, що були отримані під час обстеження будівлі та розрахунку, було запропоновано впровадження наступних енергозберігаючих заходів: заміна люмінесцентних та ламп розжарення на світлодіодні, завершити зміну застарілих вікон, відремонтувати та поновити сантехніку.

Після проведення фінансового аналізу запропонованих енергозберігаючих заходів, враховуючи економію за рахунок заміни старих освітлювальних приладів на нові, було отримано термін окупності – 0,42 року.

Річна економія витрат становитиме – 68,8 тис. грн / рік.

АВТОМАТИЗОВАНЕ КОРОТКОТЕРМІНОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛЯМИ

Строкін О. О., асп.; Сотник М. І., д-р техн. наук, доц. каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

Фактичне теплоспоживання та теплова потужність будівлі за змінних температур повітря зовнішнього середовища не завжди відповідає розрахунковому. Існуючі на сьогодні системи моніторингу споживання теплової енергії базуються на укрупнених середніх показниках споживання теплової енергії будівлею за останні три роки, на базі визначення середньої температури за сезон та теплового навантаження.

Даний спосіб моніторингу об'єктів теплопостачання полягає в установці телеметричних температурних датчиків в обраних точках об'єкта, вимірі зміни температур процесів протягом представницького періоду часу, обробці та об'єктивізації записаної інформації за допомогою комп'ютера. При здійсненні моніторингу автономні термохромні датчики-накопичувачі (iButtons) розміщуються на прямій та зворотній трубах котельні, радіаторах опалення та внутрішніх перегородках обстежуваних приміщень. Даний спосіб контролю системи опалювання будівель полягає у вимірі протягом представницького періоду часу змін температури зовнішнього повітря як параметра процесу регулювання, визначення похідних від зміни температури зовнішнього повітря, необхідних для оптимального функціонування системи й оцінці її відрегульованості.

Недолік цього способу моніторингу полягає в тому, що він дає можливість контролювати та регулювати поточне споживання теплової енергії, при цьому через інертність споруди поточне регулювання системи опалення будівлі є менш ефективним ніж прогнозоване на перед і завчасно відрегульоване. [1].

Основою системи моніторингу є завдання удосконалення способу прогнозування та моніторингу теплоспоживання будівлями, у якому за рахунок уточненого визначення нормованої кількості теплової енергії необхідної для опалення будівлі, забезпечується точність розрахункових показників поточного теплового навантаження, що сприятиме підвищенню точності регулювання системи опалення будівлі на основі реальних температур зовнішнього повітря.

Список використаних джерел

1. Патент України на корисну модель № 143610.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕПЛОПУНКТІВ БУДІЕЛЬ ГРОМАДСЬКОГО ТА ЖИТЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Антоненко С. С., доц. каф. ПГМ;
Нагорний А. О., студ. гр. ЕМ-71, СумДУ, м. Суми

Теплозабезпечення об'єктів соціальної інфраструктури (будівлі навчальних закладів, медичних закладів, будівлі органів місцевої влади, та інших) та багатоквартирних житлових будинків, що живляться від централізованих систем теплопостачання має бути організоване з урахуванням вимог ДБН В.2.5-39:2008, «Правил технічної експлуатації тепловикористовуючих установок та теплових мереж», і має відповідати критеріям щодо:

• надійності теплопостачання споживачів теплоносієм заданих параметрів;

• максимальної ефективності експлуатації діючої системи за рахунок:

- дотримання параметрів теплоносія централізованих систем у повній відповідності до температурного графіка його подачі у централізовану мережу з урахуванням регулювання його споживання на індивідуальних теплових пунктах опалюваних будівель;

- технічної та організаційної можливості регулювання подачі теплоносія у будівлі з використанням індивідуальних теплових пунктів, а також з урахуванням режимів та графіків функціонування установ, що розташовані у таких будівлях;

• впровадження заходів щодо модернізації та реконструкції діючих джерел теплової енергії, підвищення їх завантаженості;

• переважного використання найбільш енергоефективних напрямів оптимізації системи при транспортуванні теплової енергії.

Існуючі схеми централізованого розподілу тепла функціонують через вбудовані у будівлях теплові пункти. Системи опалення спроектовані як закриті та залежні. Опалення будівель здійснюється головним чином за закритою схемою з використанням елеваторного пристрою. Залежна схема опалення з прямим підключенням будинків запроектована в минулому столітті, в ті часи перевагу віддавали схемам з найменшими первісними капіталовкладеннями та доволі суттєвими експлуатаційними витратами. Сьогодні ситуація докорінно змінилась. Енергетичні ресурси здорожчали у багато разів, тому експлуатаційні витрати стали вкрай високі. Суттєві нераціональні витрати системи розподілу теплової енергії пов'язані з експлуатацією застарілих теплових пунктів, які не обладнані приладами керування та автоматизації, за допомогою яких має здійснюватися регулювання теплового потоку.

Споживачі теплової енергії, які підключені до централізованої системи теплопостачання опалюються у відповідності до теплового графіку подачі теплоносія системи, і у них практично відсутні технічні можливості

додаткового регулювання надходження теплової енергії до будівлі. Особливо це стосується будівель, де за графіком їх функціонування доречно організовувати чергове опалення. Цей недолік централізованої системи опалення доцільно виправити встановленням на вводі до будівлі індивідуальних теплових пунктів з функцією погодозалежного регулювання та програмування зміни теплового навантаження за добовим графіком.

У залежності від величини теплового навантаження будівлі та наявності додаткового обладнання щодо приготування гарячої води до впровадження пропонується індивідуальний тепловий пункт (ІТП).

Використання такого індивідуального теплового пункту дозволяє проводити регулювання індивідуального споживання тепла будівлею у відповідності до її індивідуальних теплових властивостей, температурних показників повітря навколишнього середовища та добового графіку функціонування у автоматичному або «ручному» режимі, а також забезпечувати потреби споживачів у гарячій воді через індивідуальний проміжний теплообмінник. Застереженням щодо застосування індивідуального теплообмінника має бути температурний графік подачі теплоносія централізованої системи теплопостачання, за яким температура прямого теплоносія Т1 не може бути нижче 70^0С (згідно чинних нормативів) для отримання необхідної температури гарячої води на виході з теплообмінника.

Також, вбачається доцільним впровадження у теплопунктах автоматизованої системи моніторингу та короткотермінового прогнозування теплоспоживання будівлею.

Запровадження системи диспетчеризації надає можливість максимально заощаджувати на споживанні теплової енергії за рахунок узгодження дійсних потреб у тепловій енергії з її виробництвом у котельнях.

Система дозволяє в режимі он-лайн відслідковувати фактичне теплоспоживання будівель, визначати його прогнозне значення та проводити порівняння між фактичним і прогнозним показниками відповідно до зміни температури навколишнього середовища. Результатами роботи системи є як економічні (економія дефіцитних енергоресурсів та бюджетних коштів) і соціальні (забезпечення комфортного мікроклімату у приміщеннях), так й екологічні (скорочення викидів CO_2 та забруднення довкілля внаслідок зменшення обсягів використання палива) вигоди.

Для спрощення практичного регулювання теплоспоживання за допомогою наявного інструментарію, як контрольна цифра системи моніторингу, використовується показник миттєвого теплового навантаження будівлі, що контролюється за допомогою лічильника тепла. Виходячи з цього, завданням обслуговуючого персоналу є регулювання споживання теплоти будівлями з орієнтацією на значення миттєвого теплового навантаження. Дотримання даного контрольного показника забезпечує автоматичне дотримання ліміту теплоспоживання за певний період залежно від існуючих та прогнозованих температур навколишнього середовища.

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГЕТИЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»

MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THE NOZZLES OF TWO-PHASE JET DEVICES WITH A PROFILED DIFFUSER PART

Sharapov S., Ph.D., Senior Lecturer; Husiev D., M.Sc., Postgraduate student; Prokopov M., Senior Lecturer, Department of Technical and Thermal Physics, Sumy State University, Sumy, Ukraine

In modern technology and production, devices in which the pressure of a passive working environment is increased due to the energy of an active flow are becoming more widespread. The substance of the active stream boils up in the working channels, which are similar in shape to the Laval nozzles.

Such two-phase devices have a higher efficiency compared to conventional steam-jet units, but their use is difficult due to the complexity of their working process. This is primarily due to the poor knowledge of the process of the effective outflow of a metastable subcooled liquid and the need to profile the channels from which this outflow occurs.

Therefore, the purpose of this work is to refine the mathematical model for nozzles with different geometric shapes of the diffuser part, in which the process of relaxation vaporization takes place.

The method of indirect determination of averaged flow parameters used for detailed flow analysis lies in determining unknown parameters from the joint consideration of experimental data on flow rate, reactive impulse, static pressure distribution, and flow visualization with balance conservation equations. Due to the extremely high intensity of exchange processes in the turbulent flow of boiling liquid and the fine structure of the flow with a low level of mass vapor content, the phase slip in the averaged motion is insignificant.

The calculation scheme of the conservation equations in the one-dimensional approximation under consideration is supplemented by the steam transformation equation, the dependencies for calculating the channel geometry and the tangential stress on the wall. The state of water equation for the areas of liquid phase, saturation, and superheated steam is used in tabular form.

The analysis of critical flow modes is based on the function for calculating the speed of sound in a two-phase finely dispersed homogeneous environment, obtained by the methods of thermodynamics of irreversible processes under the assumption (confirmed experimentally) that in a sound wave only the exchange of the amount of motion has time to be completed completely or partially, and heat and mass transfer are practically frozen.

Calculations of the flow parameters according to the presented model using experimental data on the static pressure distribution indicate that the boiling process develops with a large deviation from the thermodynamic equilibrium. The first critical section is located near the minimum section at a distance of several tenths of the diameter.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАЛОЗАТРАТНИХ МЕТОДІВ ЗМІНЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДЦЕНТРОВИХ НАГНІТАЧІВ

Біліченко Б. О., Редька І. В. студенти групи ХК-71-9;
Бондаренко Г. А., професор каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми

В процесі довготривалої експлуатації компресорів в різнотипних технологіях виникають потреби в корегуванні характеристик компресорів. Це обумовлено низкою факторів, серед яких:

- Фізичний знос обладнання;
- Зміна технологічного регламенту;
- Зміна фізичних властивостей газу і т.ін.

В таких випадках виникає необхідність коригування характеристик компресора терміново і з мінімальними витратами, до того ж в умовах виробництва.

Метою роботи було дослідити й запропонувати рішення двох найбільш поширених питань: підвищення продуктивності і зниження кінцевого тиску.

Підвищення продуктивності розглянуто на прикладі циркуляційного одноступеневого нагнітача Н 270 синтез-газу виробництва метанолу. Запропоновано та розрахунково підтверджено метод установки на вході в робоче колесо обойми з вінцем лопастей, повернених на кут 15°, що дало змогу підвищити продуктивність нагнітача на 5-7%.

Зниження напору газу пірогазового компресора в виробництві ацетилену запропоновано шляхом механічної підрізки зовнішніх діаметрів робочих колес. Це дозволило знизити тиск нагнітання компресора ТДК 1/II-714. Доробка колес робиться без розбірки ротора, тобто з мінімальними витратами. При цьому виконано розрахунково-теоретичне дослідження, яке включає наступні процедури:

- Узагальнення відомих даних з характеристик ступенів з метою отримання поля параметрів η, ψ, $\varphi = \int (b2/D2, M)$ та визначення границь допустимого їх змінення при підрізці діаметру D2.
- Для заданої геометрії робочого колеса ($d_{вт}$, D1, D2, b2) визначений діапазон зміни діаметра D2 з урахуванням вказаних обмежень характеристик;
- Виконані розрахункові дослідження по запронованій наближеній методиці, засновані на теорії подібності;
- Виконаний уточнений розрахунок з застосуванням CFD – метода (Flow Vision) і проведено порівняння результатів з наближеною методикою, з метою визначення границь її застосування.

На підставі результатів розрахунково-теоретичного дослідження запропоновані практичні рекомендації.

ВИБІР І РОЗРАХУНОК СХЕМИ АЗОТНОЇ МЕМБРАННОЇ СТАНЦІЇ З ВИСОКОЮ ЧИСТОТОЮ ОЧИСТКИ

Олійник Я. О. студ. гр. КМ-01; Бондаренко Г. А., проф. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми

За останні роки все більше поширюється використання мембранних технологій одержання азоту у різних галузях, зокрема, біохімії, фармацевтиці, медицині, які потребують азоту високого ступеня очистки.

Мета роботи – розробка схеми і вибір обладнання з використанням сучасних досягнень техніки.

Запропоновано стаціонарну компресорну станцію з трьома потоками товарного азоту: технічного, підвищеної чистоти та суперчистого для різних потреб виробництва.

На першому етапі виконано розрахунок повітряного гвинтового маслозаповненого компресора з обладнанням його фільтркамерою на всмоктуванні і ефективним маслороздільником на нагнітанні.

Далі була розрахована мережа розподілу азоту, що містить 1-й каскад очистки, 2-й каскад тонкої очистки та 3-й каскад суперочистки.

При проектуванні третього каскаду використана надсучасна технологія очистки газу з використанням конвертора EcoTak.

Сутність роботи конвертора полягає у фізико-хімічному процесі окислення молекул мастила та інших вуглеводнів на спеціальних високопористих каталізаторах з перетворенням в молекули води та вуглекислого газу, які відводяться назовні. Така технологія має 100% ефективність та економічно вигідна.

Пневмогідравлічна схема гвинтової компресорної установки 3-х-каскадної азотно-мембранної КС.

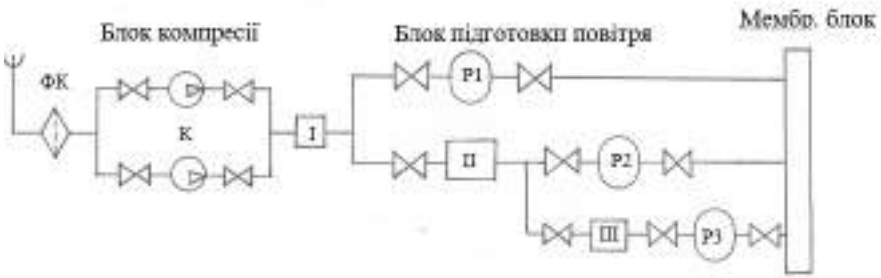


Рисунок 1 – Пневмогідравлічна схема гвинтової компресорної установки 3-х-каскадної азотно-мембранної КС: ФК – фільтр-камера; К – гвинтові компресори; І, ІІ, ІІІ – блоки апаратів підготовки повітря 1-го, 2-го та 3-го каскадів; Р1, Р2, Р3 – ресивери азоту

ВИХРОВИЙ КОМПРЕСОР ДЛЯ НАДДУВУ ПОВІТРЯ В ТОПКИ ЗГОРАННЯ НА ТЕС

Ванєєв С. М., зав. каф. ТТФ; Сорін В. Д., студ. гр. К.м.-01; Ніколаєнко Д. Р., студ. гр. ХК-81, СумДУ, м. Суми; Ксенженко П. О., викладач вищої категорії, Полтавський коледж НУХТ, м. Полтава

Вихровий компресор. що розроблюється, призначений для індивідуального наддуву в котли спалювання вугільного пилу на теплоелектростанціях. Наразі, для цього використовуються відцентрові компресори, що є неефективними при відключенні частини котлів і тому вони працюють зі значною перевитратою енергії. При заміні централізованої системи подачі повітря в котли спалювання вугільного пилу на індивідуальну внаслідок зменшення продуктивності компресорів найбільш ефективними є вихрові компресори.

Вихрові компресори ефективно використовуються в області малих витрат та високих напорів. За однакових умов для отримання таких самих відношень тисків робоче колесо вихрового компресора має окружну швидкість у декілька разів меншу, ніж робоче колесо відцентрового компресора, що обумовлено його меншими значеннями коефіцієнта адіабатного напору [1].

Максимум ефективності вихрових компресорів досягається при відносно малих окружних швидкостях, що часто дозволяє виконувати їх без мультиплікаторів з розташуванням робочого колеса безпосередньо на валу електродвигуна.

Також важливими перевагами вихрових компресорів є «суха» проточна частина, надійність, безпека, порівняно невеликі маса і габарити, мінімальні витрати.

У роботі було виконано термогазодинамічні розрахунки параметрів одноступеневого і двоступеневого вихрового компресора при оптимальному режимі роботи та аналіз розрахунків.

У процесі розрахунків одноступеневого вихрового компресора було отримано значення ККД та геометричного комплексу K_g, що знаходяться поза рекомендованим діапазоном; для двоступеневого вихрового компресора всі значення параметрів знаходяться у рекомендованих діапазонах, тому прийнято рішення щодо використання двоступеневого компресора за однакового ступеня підвищення тиску в ступенях компресора.

У подальшому передбачаються розрахунки двоступеневої схема вихрового компресора з меншими діаметрами робочих коліс з метою зниження масогабаритних показників, а також розрахунки характеристик компресора.

Список літератури

1 С.М. Ванеев, В.С. Марцинковский, В.П. Парафейник, В.Н. Сергеев Состояние развития и области применения вихревых компрессоров // Труды XIII МНТК по компрессоростроению. — Суми, 2004. — Т.І: "Компрессорная техника и пневматика в XXI веке" — С. 231-243.

ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЛОВОГО ККД СТРУМИННО-РЕАКТИВНОЇ ТУРБІНИ ВІД НАВЕДЕНОЇ КОЛОВОЇ ШВИДКОСТІ РОБОЧОГО КОЛЕСА

Родимченко Т. С., асп. гр. АСПтех-8.1; Ванєєв С. М., зав. каф. ТТФ, СумДУ;
Мірошниченко О. І. провідний інженер-конструктор,
АТ «СМНВО – ІНЖИНІРИНГ», м. Суми

На сучасному етапі розвитку суспільства, потреба в раціональному використанні енергетичних ресурсів всієї планети відчувається особливо гостро. Доцільним шляхом вирішення такої задачі є утилізація вторинних енергоресурсів. За допомогою турбогенераторних установок 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). Задачею дослідження є оцінка впливу наведеної колової швидкості робочого колеса на коловий ККД СРТ. Отриманий цей коефіцієнт корисної дії для струминно-реактивної турбіни в залежності від наведеної колової швидкості робочого колеса при тиску на вході в підвідне сопло 2, 4, 6 та 10 МПа на розрахунковому режимі роботи (при степені нерозрахунковості S = 1) без урахування різниці між швидкостями (Wср.т.= Сср.т.п=0.) та з урахуванням різниці між швидкостями (Wср.т.> Сср.т.п=0).

Нижче представлений графік залежності колового ККД від наведеної окружної швидкості робочого колеса на розрахунковому режимі роботи з урахуванням різниці між швидкостями та при коефіцієнті витоку $\alpha_{вит}$ =0,1.

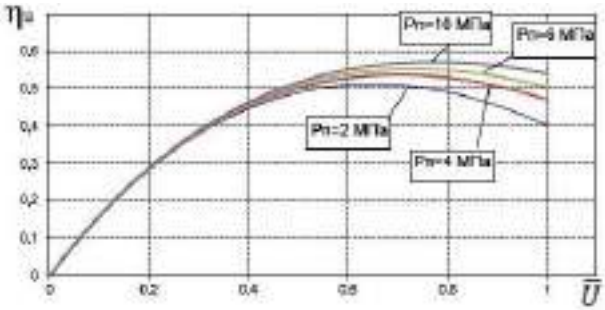


Рисунок 1 – Залежність колового ККД СРТ на розрахунковому режимі роботи при тисках на вході 2,4,6,10 МПА від наведеної колової швидкості робочого колеса

Із виконаних досліджень зрозуміло, що при збільшенні тиску на вході в підвідне сопло ККД турбіни збільшується а оптимум по ККД зміщується в сторону збільшення наведеної колової швидкості робочого колеса на розрахунковому режимі роботи. На розрахунковому режимі роботи з урахуванням різниці між швидкостями Wср.т.> Сср.т.п=0 та з урахуванням коефіцієнта витоку $\alpha_{вит}$=0,1 максимальне значення коловий ККД набуває близько 58 % при тиску на вході 10МПа та близько 50 % при тиску на вході 2 МПа (рис.1).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРА З ПЕРИФЕРІЙНО-БІЧНИМ КАНАЛОМ У БЕЗРОЗМІРНИХ КОМПЛЕКСАХ

Ванєєв С. М., зав. каф. ТТФ.; Смоленко Д. В., асп., СумДУ, м. Суми;
Баран В. В., викладач, Дрогобицький коледж нафти і газу, м. Дрогобич

Використання критеріальних комплексів при дослідженнях є не тільки зручним, але й необхідним. Вони представляють собою комплекси розмірних величин, складених таким чином, що не мають власної розмірності. Завдяки цьому стає можливим більш швидке моделювання складних процесів у спрощеній формі. У різних сферах наукових досліджень перевага віддається використанню конкретних безрозмірних комплексів для влучнішого відображення специфічності тематики.

Для вихрових розширювальних машин найчастіше застосовують наступні критеріальні комплекси: приведена колова швидкість $\bar{U}$ використовується для характеристики оборотності та навантаженості; коефіцієнт швидкохідності (приведена частота обертання) n_s та приведений діаметр D_s описують колову швидкість і діаметр робочого колеса машини, через яку проходить одинична об'ємна витрата та використовується одиничний перепад ентальпій; коефіцієнт витрати $Ф_2$ відображає продуктивність машини; коефіцієнт комплексної потужності $N_{компл}$ утворюється з величин, заданих у вихідних даних розрахунку, тому даний критерій слугує для оцінки основних параметрів та ефективності розширювальної машини на початковій стадії проектування.

Приведена колова швидкість, коефіцієнт швидкохідності та коефіцієнт витрати успішно використовуються як критерії подібності для розрахунків, моделювання та порівняння різних типів розширювальних машин.

Зважаючи на переваги застосування безрозмірних комплексів, результати експериментального дослідження турбогенератора на основі двоканальної чотирьохпотокової вихрової розширювальної машини з периферійно-бічним каналом опрацьовувались із застосуванням вище вказаних критеріїв.

На основі отриманих результатів були побудовані графічні залежності ККД турбіни від приведеної колової швидкості $\bar{U}$ та коефіцієнта комплексної потужності $N_{компл}$, графік приведеної частоти обертання n_s та приведеного діаметра D_s, залежність ККД від коефіцієнта витрати $Ф_2$.

Області раціонального використання вихрових розширювальних машин в даний час все ще доповнюються через варіативність проточних частин та їх відносно невисокий рівень дослідженості. Тому поле результатів експерименту в діапазоні ККД 15 - 25% було нанесено на існуючу n_s, D_s – діаграму. Вихрові турбіни з периферійно-бічним каналом мають нижчі частоти обертання і розміщені лівіше та вище області радіальних розширювальних машин, але нижче за наявні на діаграмі результати для вихрових турбін із зовнішнім периферійним каналом.

ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЛЬОДОУТВОРЕННЯ ДЛЯ ШТУЧНОГО ЛЬОДЯНОГО КАТКУ

Арсеньєв В. М., проф. каф. ТТФ; Колесник Н. С., студ. гр. Х.м-01;
Лєоньков Г. А., студ. гр. ХК-71/2Х, СумДУ, м. Суми

Глобальна тенденція до виснаження паливно-енергетичних ресурсів та екологічні проблеми стимулюють необхідність пошуку і впровадження альтернативних рішень на основі відновлюваних екологічно чистих джерел енергії.

Одним із перспективних рішень в цьому напрямку є створення альтернативних кліматичних систем на основі термокомпресійної трансформації низькопотенційних теплових потоків з використанням сонячної енергії. У даному випадку маються на увазі наступні види кліматичних систем:

– тепловикористовуючі теплові насоси для систем гарячого водопостачання та опалення;

– тепловикористовуючі холодильні машини для систем кондиціювання повітря (СКП);

– тепловикористовуючі холодильні машини для установок генерації холоду на двох або трьох температурних рівнях.

У даний час у рамках виконання різних програм по сонячний енергетиці найбільша увага приділяється створенню СКП з використанням сонячних колекторів. Це обумовлено тим, що СКП є одним із головних споживачів електричної енергії, особливо в країнах з розвиненою економікою (до 10...15% від загального рівня). Другий аспект – в СКП мають місце відносно низькі інтервали переносу теплоти (від 1...10°С до 30...35°С), що цілком забезпечується геліосистемою з нагрівом теплоносія до 60...70°С.

Для сонячних альтернативних холодильных систем необхідно передбачувати теплоакумуляцію або додатковий нагрів у газових чи електробойлерах для компенсації природних коливань сонячної активності.

У цьому випадку стають доцільними формувати схемні рішення на циклах з використання парової та двохфазної струменевої компресії (ежекторів).

Виконаний аналіз різних типів тепловикористовуючих холодильних машин з геліосистемами показав, що пароежекторні мають більш високі показники енергоефективності, ніж сорбційні на аналогічних умовах роботи, особливо для режимів отримання холоду на двох рівнях.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ДВОФАЗНИХ СТРУМИННИХ АПАРАТІВ

Шарапов С. О., канд. техн. наук, ст. викл. каф. ТТФ;
Снісаренко Д. О., студ. гр. Х.м-01, СумДУ, м. Суми

Однією з основних проблем, що вирішується світовою спільнотою на цей час, є енергозбереження. Одночасно реалізуються дві мети – збереження невідновлюваних енергоресурсів і скорочення шкідливих викидів в атмосферу продуктів згоряння, що є, зокрема, основним фактором глобального потепління. Одним із найважливіших напрямів вирішення зазначеної проблеми є використання енергозбережних технологій на основі використання теплових насосів.

Теплові насоси, здійснюючи зворотний термодинамічний цикл на низькокиплячій робочій речовині, утилізують низькопотенційну теплоту природних, технологічних і побутових джерел та трансформують її на більш високий температурний рівень. До того ж первинної енергії витрачається у 1,2–2,3 рази менше ніж у разі прямого спалювання палива.

Сучасні теплові насоси є досить високоефективними та ця ефективність, передусім, залежить від характеристик теплових джерел, що беруть участь у термотрансформації. А саме від температурного рівня нагрівання середовища споживача теплового навантаження і від температури надходження утилізованого низькопотенціального середовища.

У даній роботі досліджено можливість застосування води як дешевого та доступного холодоносія. Показано, що використання води в якості холодоагенту автоматично призводить до робочих тисків нижче атмосферного, що і реалізовано в теплонасосних установках з пароструминними вакуумними насосами. Метою даного дослідження є оцінка ефективності застосування рідинно-парового ежектора на робочому середовищі R718 у складі теплового насоса для системи опалення.

У результаті було виявлено, що застосування рідинно-парового ежектора, який працює за принципом струминної термокомпресії, дає змогу підвищити коефіцієнт перетворення циклу теплового насосу порівняно з традиційними аналогами в середньому на 10 %. Ексергетична ефективність нового устаткування становить 0,391, що в середньому у 2 рази вище, ніж у традиційних. Це досягається шляхом переходу на нові робочі параметри в циклі, що призводить до зменшення теплових навантажень на апарати, зниження ексергії потоку палива і підвищення загальної ефективності.

У результаті термоекономічного аналізу визначено загальну вартість палива та питому вартість одиниці продукту у новій та традиційних схемах теплонасосних установок. Застосування РПЕ дає змогу зменшити загальну вартість палива в середньому на 123,09 у. о. на рік, і зменшити питому вартість одиниці продукту в середньому на 15,5 % без урахування витрат на холодоагент у традиційних схемах.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СХЕМ ПІДВЕДЕННЯ ГАЗУ ДО РОТОРА СТРУМЕНЕВО-РЕАКТИВНОЇ ТУРБІНИ

Ванєєв С. М., зав. каф. ТТФ; Родимченко Т. С., асп., СумДУ; Мірошниченко О. І., провідний інженер-конструктор, АТ «СМНВО – ІНЖИНІРИНГ»; Мірошниченко Д. В. науковий співробітник, ТОВ «НВП «АРМА-Т», м. Суми

У промисловості часто використовують турбінні приводи малої потужності. Серйозним конкурентом лопатевим турбінам малої потужності є струмино-реактивна турбіна (СРТ). СРТ володіє такими якостями як: простота конструкції, технологічність виготовлення, відносна дешевизна, надійність в експлуатації [1,2,3,4,5].

У СРТ відбувається перетворення потенційної енергії стисненого газу в кінетичну енергію надзвукового струменя, що витікає з тягового сопла. В результаті утворюється реактивна сила на тяговому соплі (соплах) і відповідно крутний момент на валу турбіни. Процес перетворення потенційної енергії робочого тіла в кінетичну енергію струменя є основним і відбувається в тяговому соплі. При цьому ККД турбіни в цілому зростає з ростом тиску і температури робочого тіла перед тяговим соплом. У зв'язку з цим підведення робочого тіла до тягового сопла повинно здійснюватися з найменшими втратами.

Для визначення оптимальної конструкції СРТ був проведений порівняльний аналіз схем підведення газу до ротора даних турбін. Для аналізу були виділені дві основні схеми. У першій схемі витрата газу визначається перерізом тягового сопла ротора. У другій схемі витрата газу визначається перерізом підвідного нерухомого сопла.

Колесо Сегнерово і турбіна Лаваля є попередниками сучасних СРТ і конструктивно виконані за першою схемою. Робоче тіло підводиться до сегнерова колеса в трубі по осі обертання, за кінематичною структурою - це радіально-осьова турбінна ступінь відцентрового типу [1,5]. Конструктивна проблема підведення газу в ротор за першою схемою полягає в тому, що звичайні контактні або лабіринтові ущільнення схильні до зносу і забруднення і допускають великий витік газу, значно знижуючи ККД турбіни.

У другій схемі [2,3,4] газ підводиться по осі вала за допомогою підвідного нерухомого сопла, яке може бути регульованим, розташованим з досить великим осьовим зазором по відношенню до вхідного торця валу ротора (до 0,5-0,7 мм). Якщо відношення тисків на турбіні надкритичне, то на виході з підвідного сопла утворюється недорозширений надзвуковий струмінь, який, розширюючись, входить в циліндричну частина втулки-дифузора, перекриваючи зазор між статорною і роторною частинами і практично, виключає витоки в зазор (слабкі хвилі тиску не можуть пройти проти надзвукового потоку). У циліндричної частини осьового каналу потік

переходить через стрибок ущільнення на дозвукову швидкість, потім в дифузорі, розташованому після циліндричного каналу, потік гальмується і далі рухається по тракту з невеликою швидкістю до тягового сопла, з якого витікає зі звуковою або надзвуковою швидкістю. Таке підведення робочого тіла дозволяє не використовувати складні ущільнення зазору між статором і ротором, значно зменшити витоки і, відповідно, збільшити ККД турбіни, а також збільшити надійність роботи турбіни, що дає можливість використовувати СРТ в якості виконавчого пристрою в різних турбоагрегатах, але потрібно правильне визначення співвідношення площ критичних перерізів підвідного та тягового сопел.

В результаті роботи були проаналізовані конструктивні виконання схем підведення газу до ротора , визначено вплив схеми підведення на ККД і основні параметри СРТ, визначені основні переваги та недоліки розглянутих схем.

Список літератури

1. Кириллов И. И. Теория турбомашин. Примеры и задачи / Кириллов И. И., Кириллов А. И. // – Л.: Машиностроение, 1974 – 320 с.

2. С. М. Ванеев, С.К. Королев, А.С. Бережной, В. В. Гетало. Исследование струйно-реактивного турбодетандера // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2011. - №4. - С. 33-40.

3. Бережной А.С. Совершенствование рабочих характеристик струйно-реактивного пневмоагрегата на основе уточнения модели рабочего процесса: диссерт. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.17 – гидравлические машины и гидропневмоагрегати, науч. рук. к.т.н., доц. Ванеев С.М. / Бережной Александр Сергеевич; Сумский государственный университет. – Сумы, 2014. – 157 с.

4. Гетало В. В. Совершенствование систем редуцирования давления путем применения струйно-реактивных пневмоагрегатов: диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.17 – гидравлические машины и гидропневмоагрегати, науч. рук. к.т.н., доц. Ванеев С.М. / Гетало Виктор Валерьевич, Сумский государственный университет. – Сумы, 2014. – 150 с.

5. Смирнов М.В. Безлопаточные центробежные ступени для турбодетандеров малой мощности: диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.04.12 – турбомашины и комбинированные турбоустановки, науч. рук. д.т.н. Фокин Г.А. / Смирнов Максим Викторович, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – Санкт-Петербург, 2018. – 161 с.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ПОВІТРЯНИЙ СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР

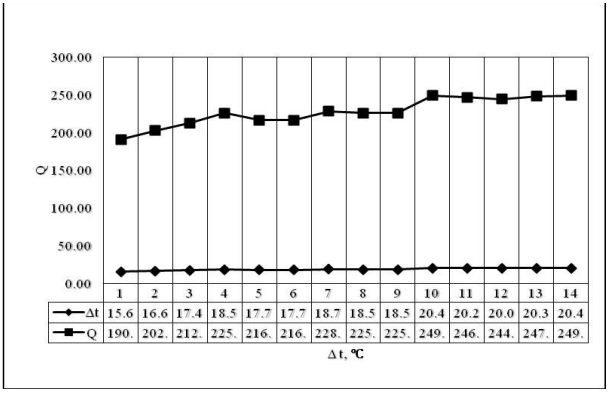
Громов Р. Ю. студ. гр. ХКз-91м.; Шеліхова А. І., студ. гр. ХК-71; Прокопов М. Г., ст. викл. каф. ТТФ; Шарапов С. О. ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми

Повітряний сонячний колектор використовує сонячну енергію та нагріває повітря, яке проходить через нього. Далі нагріте повітря потрапляє до помешкання або до енергоакумулятора. До переваг таких колекторів в порівнянні з рідинними належать:

- простота та надійність;
- термін експлуатації до 25 років;
- не замерзає в холодну пору року;
- може бути інтегрована в будь-яку існуючу систему опалення і вентиляції;
- низька собівартість.

До недоліків таких колекторів можна віднести той факт, що конструкція витрачає енергію на роботу вентилятора, таким чином збільшуючи витрати на експлуатацію системи. Колектор не може бути основною системою опалення, так як не забезпечує постійних характеристик, як протягом доби, так і при зміні сезонів року.

Для того щоб з'ясувати яку теплову потужність можна взяти з одиниці поверхні колектора на кафедрі ТТФ СумДУ був розроблений та виготовлений дослідний стенд, отримані результати на різних режимах роботи вентилятора та без нього. Шляхом експеременті в були отримані дані температур на вході і виході з колектора. Залежність кількості теплоти ватт від різниці температур на вході та виході в колекторі протягом світлового дня представлена на рисунку 1.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Δt	15.6	16.6	17.4	18.5	17.7	17.7	18.7	18.5	18.5	20.4	20.2	20.0	20.3	20.4
Q	190.	202.	212.	225.	216.	216.	228.	225.	225.	249.	246.	244.	247.	249.

Рисунок 1 – Залежність кількості теплоти від різниці температур на вході та виході в колекторі

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ (ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА)»

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПРОМИСЛОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Мерзляков Ю. С., ст. викл. каф. ТТФ;
Новіцький Д. В., студ. гр. Х.м-01Х, СумДУ, м. Суми

Промислова вентиляція – це сукупність заходів і пристроїв, що забезпечують мікроклімат та чистоту повітря у будівлі, видалення надлишків теплоти, вологи та інших забруднюючих речовин, а також розрахунковий повітрообмін у приміщеннях.

Проектування систем вентиляції вимагає суворого дотримання усіх державних будівельних норм та правил, відповідно до призначення вентиляції.

Санітарно-гігієнічне призначення вентиляції полягає у підтримці стану повітряного середовища шляхом асиміляції надлишків тепла і вологи. Окрім санітарно-гігієнічних вимог до проектування вентиляції пред'являють технічні вимоги із забезпечення чистоти, вологості і швидкості руху повітря, залежно від особливостей технологічного процесу.

Промислові вентиляції володіють значним енергетичним потенціалом, при цьому, зазвичай, надлишкове повітря систем вентиляцій скидається до атмосфери. Найбільш актуальною проблемою даного направлення є ефективне збереження та використання енергетичного потенціалу надлишкового повітря систем вентиляцій у технологічних установках. Для вторинного використання енергії повітря, що скидається системою вентиляції до атмосфери, використовують теплоутилізатори.

Основні види теплоутилізаторів:

1. Пластинчасті (перехресні) теплообмінники.
2. Роторні рекуператори.
3. Рекуператори з проміжним теплоносієм (найчастіше як проміжний теплоносій використовують водно-гліколевий розчин).

Впровадження теплоутилізаторів у діючі системи промислових вентиляцій дозволяє зменшити економічні витрати на опалення, гаряче водопостачання, кондиціювання повітря тощо за рахунок раціонального використання вторинних енергетичних ресурсів, якими володіє надлишкове вентиляційне повітря.

Список літератури

1. Кордюков М. І. Оцінка енергоспоживання систем вентиляції та кондиціонування повітря / М. І. Кордюков // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання : Науково-технічний збірник. – 2016. – Вип. 20. – С. 46-53.

2. Росковшенко Ю.К.. Теплогазопостачання і вентиляція : навч. посіб. / Ю.К. Росковшенко, М.В. Степанов. – К.: ІВНВКП «Укргеліотех», 2008. – 258 с.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ ЕКСЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ УСТАНОВОК З ВИРОБНИЦТВА ПОРИСТОЇ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ

Левченко Д. О., канд. техн. наук, доцент; Манжаров А. С., асп. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми

У деяких процесах хімічних установок енергія для виробництва тепла, електроенергії і сировини може становити до 85% виробничих витрат [1], що дозволяє говорити про енергетичну ефективність як про важливу складову при проектуванні хімічних установок. Аналіз, проведений в роботі [2] дозволив виділити такі ініціативні заходи щодо підвищення енергетичної ефективності: удосконалення існуючих процесів; впровадження (комерціалізація) нових процесів; переробка відходів; інвестиції в поновлювані джерела енергії; створення продукції, що дозволяє економити енергію.

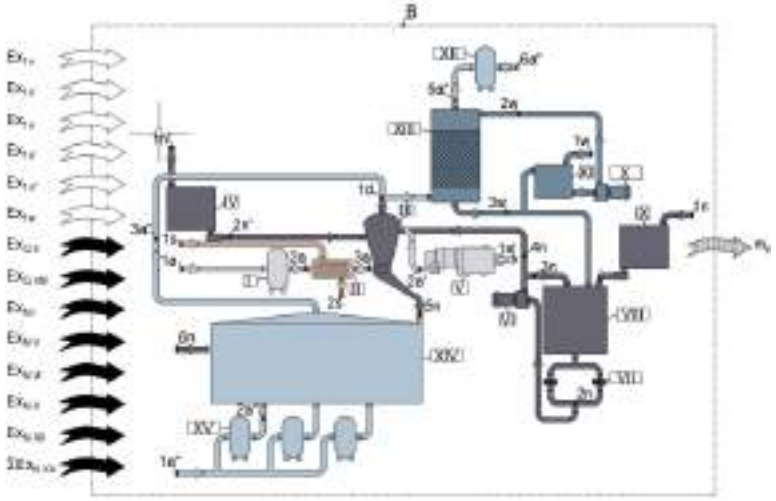


Рисунок 1 – Базовий ексергетичний контур технологічної схеми гранулювання пористої аміачної селітри

I - газодувки; II - калорифер; III - гранулятор; IV - бункер; V - компресор; VI - насос; VII - фільтр; VIII - ємність; IX - бункер; X - насос; XI - ємність 2; XII - газодувки; XIII - абсорбер XIV - охолоджувач; XV – газодувки

Дане дослідження присвячене визначенню показників ефективності установки з виробництва пористої аміачної селітри з різними енерго- і мас утилізаційними модулями в порівнянні з базовою схемою. Визначено шляхи підвищення ефективності використання енергоресурсів за рахунок включення ежекторно-утилізаційного модуля, тепломасообмінних апаратів

регенеративного непрямого-випарного охолодження, а також субатмосферного циклу Брайтона. В якості методу аналізу використаний змішаний ексергетичний аналіз, що дозволяє оцінити всі потоки контуру системи як потоки однієї величини. Цільовим параметром для визначення ефективності обох систем є відношення продуктивності установки до витрат ексергії на виробництво одиниці маси продукту.

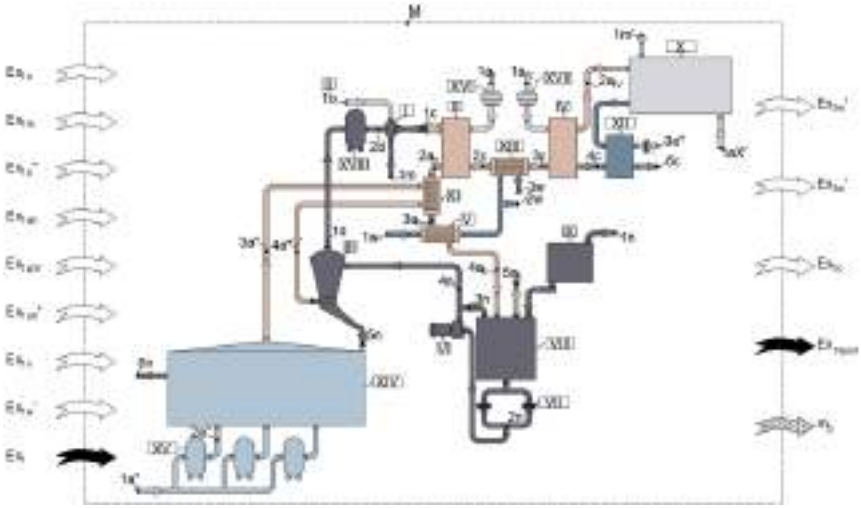


Рисунок 2 – Модифікований ексергетичний контур технологічної схеми гранулювання пористої аміачної селітри

I - ежектор; II - НМХ 1; III - гранулятор; IV - НМХ 2; V - теплообмінний апарат 1; VI - насос; VII - фільтр; VIII - ємність; IX - бункер; X - субатмосферного циклу Брайтона; XI - теплообмінний апарат 2; XII - реактор-утилізатор; XIII - теплообмінник 3; XIV - охолоджувач; XV - газодувки; XVI, XVII - вентилятор; XVII - газодувки (компресор).

В результаті виконаного аналізу було отримано, що застосування вищезазначених апаратів і установок дозволило підвищити ефективність базової схеми на 87%.

Список літератури

1 T. Carole, P. Scheihing, L.S. Energy Efficiency and Use in the Chemical Industry. In Proceedings of the ACEEE proceedings; 2001; pp. 267–275.

2 S. Fawkes, K. Oung, D.T. Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement. In Proceedings of the An Introduction for Policy Makers; 2016; p. 173.

ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТІВ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ В СИСТЕМІ КОМПРИМУВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Кіт Б. Т., студ. гр. ХКдн-74др; Мелейчук С.С, доц. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми; Галелюк А. З., викладач, Дрогобицький коледж нафти і газу, м. Дрогобич

Системи стиснення природного газу в компресорних станціях, що діють на лініях транспортування природного газу, характеризуються значим виділенням тепла. Особливості використання теплообмінного обладнання в даних системах обмежено відносно великими питомими тепловими навантаженнями, а також відсутністю у необхідній кількості природніх джерел води чи промислових систем обороту та охолодження. Найбільш прийнятним, у якості системи охолодження з техніко-економічної точки зору, є застосування апаратів повітряного охолодження з використання атмосферного середовища як охолоджуючого теплоносія.

Апарати повітряного охолодження складаються з чотирьох основних елементів: теплообмінні секції, вентилятор з приводом, прилад для регулювання продуктивності повітря, опорних конструкцій. Особливість розрахунку теплообмінних секцій передбачає врахування нагнітання охолоджуваного середовища під високим тиском. Труби у трубних решітках розташовуються горизонтально у чотири, шість або вісім рядів. Враховуючи відносно невисоку теплопровідність та густину повітря, зовнішня поверхня труб виконана орібреною з коефіцієнтом орібрення від 9 до 20. Труби для стандартизованих апаратів повітряного охолодження виготовляються у двох виконаннях: біметалічні (внутрішня стальна та зовнішня алюмінієва труба) та монометалічні (алюмінієва труба з накатними ребрами). Підбір вентилятора потребує особливої уваги, тому що при значно невеликих статичних напорах він повинен забезпечити необхідну продуктивність повітря. Як правило, у теплообмінних апаратах даного типу використовуються осьові вентилятори з діаметром від 0,8 до 6 м. Регулювання продуктивності повітря дозволяє раціонально використовувати електроенергію приводу вентилятора та досягається за рахунок використання двошвидкісних електродвигунів, плавного регулювання швидкості обертання вентилятора або зміною кута повороту лопатей вентилятора. Не останню роль у безперебійній та надійній роботі системи охолодження відіграють опорні конструкції, на яких монтується апарат повітряного охолодження. Конструкції виконуються металічними або залізобетонними.

В дані роботі представлено варіативний розрахунок площі теплопередаючої поверхні апарату повітряного охолодження в залежності від продуктивності та теплофізичних параметрів природного газу, що нагнітається. Проведено аналіз впливу коефіцієнту орібрення поверхні біметалічних труб на коефіцієнт теплопередачі апарату в цілому. Подальший розвиток роботи – це формування рекомендацій щодо оптимальної методики розрахунку апарату повітряного охолодження.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧОГО СОПЛА ЕЖЕКТОРНО-ОЧИСНОЇ УСТАНОВКИ

Литовченко В. М., студ. гр. Км-01; Бага В. М., канд. техн. наук, ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми

Підвищення вимог до енергозбереження посилює вимоги до якості процесів перетворення енергії в енергетичних установках. Ежекторне обладнання знайшло своє широке застосування в ежекційних системах охолодження двигунів, в паротурбінних установках, в кондиціонерах і навіть в простих пульверизаторах.

В данній роботі виконано дослідження ежекторно-очисної установки, в якій в якості ежектора використовується піскоструйне сопло. Пікоструменева чистка використовується для очищення поверхонь різних матеріалів. Причому, тенденція застосування піскоструминних апаратів і піскоструминних камер за останні роки збільшуються. В робочому соплі змішуються два потока: абразивного матеріалу та стисненого повітря. Течія через сопло в даній роботі досліджувалася чисельно та експериментально.

Чисельно і експеріментально досліджувався робочий процес прямоточного ежектора з оцінкою його кількісних та якісних характеристик. Проведена оцінка розподілу концентрації компонентів в вихідному перерізі ежектора. Базові геометричні параметри проточної частини досліджуваного сопла (ежектора): внутрішній діаметр сопла d = 7 мм, наружний діаметер сопла D = 18 мм, довжина сопла l = 22 мм.

За результатами виконаних досліджень проводився пошук більш раціональної геометрії. З отриманих результатів видна тенденція до збільшення значення коефіцієнта витрати повітряно-абразивної суміші сопла та його витратної швидкості зі збільшенням його внутрішнього діаметру при сталих значеннях вхідних та вихідних параметрів p1, p2. При збільшення прохідного перетину сопла в два рази, величина витрати через нього збільшується в 4.5 рази. Встановлена відмінність в структурі течії робочого потоку в соплах з різними значеннями внутрішнього діаметру d=7мм та d=20мм. При d=7мм маємо чітку нерівномірність параметрів течії на виході з сопла, чого не відбувається при збільшенні параметру d. Встановлено, що зменшення довжини сопла (до 4 мм) призвело до підвищення швидкості більше ніж вдвічі, що в свою чергу збільшило значення масової витрати суміші та коефіцієнта витрати сопла. Це створило умови до підвищення ефективності роботи ежекторно-очисної установки, а саме час обробки квадратного метра металу зменшився в 4,5 рази і складає 2 хвилини. Проведена верифікація результатів чисельного дослідження шляхом порівняння з результатами експерименту.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛАБІРИНТНИХ УЩІЛЬНЕНЬ ЗА РАХУНОК ВПЛИВУ НА ЇХ ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ

Нестеренко В. А., студент гр. ХКдн-74др; Бага В. М., канд. техн. наук, ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми

По призначенню ущільнення діляться на кінцеві (ущільнення хвостовиків вала) і внутрішні (ущільнення проточної частини: міждіафрагментні, надбандажні, міжступінчаті, думмісні). У даній роботі основний натиск робиться на внутрішні ущільнення, тому розглядаються тільки газові (т.зв. “сухі”) ущільнення, а ущільнення кінцеві із застосуванням запірних рідких середовищ перебувають за межами тематики роботи.

Підвищення ефективності лабіринтних ущільнень за рахунок впливу на їх геометричні параметри в даній роботі досліджувалося на прикладі лабіринтного ущільнення покривного диска відцентрового компресора шляхом проведення серії чисельних розрахунків відповідних моделей на різних режимах його роботи.

Були розраховані моделі лабіринтних ущільнень, для цього побудована розрахункова модель проточної частини досліджуваних об'єктів. Твердотільні моделі створювалися в CAD-системі КОМПАС-3D V12

Показано чисельним дослідженням і підтверджено експериментально вплив фізичних властивостей газів на витратні характеристики лабіринтних ущільнень, які проявляються тим сильніше, чим важче газ.

Встановлено неузгодженість значень коефіцієнта витрати і величини теоретичного витрати отриманих за різними формулами зі значеннями отриманими в результаті проведення численних і експериментальних дослідів. Розбіжності складають близько 35%.

Використовувався експериментальний стенд для визначення витратних характеристик лабіринтних ущільнень, який необхідний для отримання значень величини витрати протікання при різних режимних і геометричних параметрах. Випробування проводилися на модельних $p2 = 0{,}1$ МПа і натурних $p2 = 5{,}3$ МПа умовах. Розбіжності в значеннях коефіцієнтів витрати до 10%.

Результати чисельного дослідження показали, що кожен з семи досліджених газів має своє значення коефіцієнта витрати при інших рівних умовах, що необхідно враховувати.

За результатами експериментального дослідження показані розбіжності в значеннях коефіцієнта витрати водяного пару і повітря до 30%.

Зі збільшенням частоти обертання валу, коефіцієнт витрати збільшується до 10% на натурних умовах випробування в залежності від робочого середовища.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЗОТНОГО КОНТУРУ ЦИКЛУ ВИРОБНИЦТВА СКРАПЛЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Шарапов С. О., ст. викл. кафедри ТТФ, СумДУ; Лісовенко Д. О., інженер-конструктор, АТ «СМНВО – ІНЖИНІРИНГ», м. Суми

Технологічним процесом скраплення природного газу називається його переведення у рідкий стан за температур, які менші за критичні. Скраплений природний газ (СПГ) використовують як альтернативне паливо для двигунів автомобілів, а також для рухомих електростанцій, для термічної обробки металів, технологічних потреб підприємств тощо.

За оцінками експертів виробництво СПГ є одним з найшвидше зростаючих секторів ринку енергоресурсів. Станом на 2020 рік обсяг продажів зрідженого газу становив близько 27% від світових експортних продажів. У свою чергу багато європейських країн розглядають можливість інвестицій в інфраструктуру імпорту СПГ, зокрема в потужності з його транспортування. На сьогоднішній десь багато країн нарощують потенціал для скраплення природнього газу. Тому це питання є актуальним на сьогоднішній день.

Технологічні схеми устаткування СПГ розрізняються за вибраним холодильним циклом, який вибирається в залежності від того, з якою метою проводиться СПГ, а також від тиску та складу природного газу, що надходить в устаткування. Розрізняють такі холодильні цикли, що основані на використанні ефекту Джоуля-Томсона: з одноразовим дроселюванням, з одноразовим дроселюванням та попереднім охолодженням спеціальним потоком із стороннім холодоагентом (азот, аргон тощо), з подвійним дроселюванням.

В роботі представлено проект заводу з отримання СПГ із застосуванням холодильного циклу з детандерним охолодженням, в основі якого лежить ізоенропне розширення робочого тіла в турбодетандері з використання енергії стиснутого газу. Особливістю цієї роботи є те, що процес розширення відбувається в детандер-компресорному агрегаті (ДКА). В якому турбіна і компресор знаходяться на одному валу, це дає можливість використовувати енергію стисненого газу, та передавати її на привід компресора.

Використання у цій схемі різних типів відцентрових компресорів дозволило зробити оцінку ефективності їх застосування. Так, у роботі було розраховано такі компресори: одновальний однопоточний, одновальний двопоточний та багатовальний.

Розрахунки за обраною схемою показали, що найбільш ефективним у даному випадку буде одновальний двопоточний компресор, але застосування багатовального компресора дало змогу спростити схему азотного контуру циклу виробництва СПГ. А саме замість двох одновальних компресорів з проміжним охолодженням можна застосувати один багатовальний, який дає змогу забезпечити необхідний ступінь підвищення тиску та зменшити вартість основного обладнання технологічної схеми.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ДВОФАЗНИХ СТРУМИННИХ АПАРАТІВ

Шарапов С. О., канд. техн. наук, ст. викл. каф. ТТФ;
Снісаренко Д. О., студ. гр. Х.м-01, СумДУ, м. Суми

Однією з основних проблем, що вирішується світовою спільнотою на цей час, є енергозбереження. Одночасно реалізуються дві мети – збереження невідновлюваних енергоресурсів і скорочення шкідливих викидів в атмосферу продуктів згоряння, що є, зокрема, основним фактором глобального потепління. Одним із найважливіших напрямів вирішення зазначеної проблеми є використання енергозбережних технологій на основі використання теплових насосів.

Теплові насоси, здійснюючи зворотний термодинамічний цикл на низькокиплячій робочій речовині, утилізують низькопотенційну теплоту природних, технологічних і побутових джерел та трансформують її на більш високий температурний рівень. До того ж первинної енергії витрачається у 1,2–2,3 рази менше ніж у разі прямого спалювання палива.

Сучасні теплові насоси є досить високоефективними та ця ефективність, передусім, залежить від характеристик теплових джерел, що беруть участь у термотрансформації. А саме від температурного рівня нагрівання середовища споживача теплового навантаження і від температури надходження утилізованого низькопотенціального середовища.

У даній роботі досліджено можливість застосування води як дешевого та доступного холодоносія. Показано, що використання води в якості холодоагенту автоматично призводить до робочих тисків нижче атмосферного, що і реалізовано в теплонасосних установках з пароструминними вакуумними насосами. Метою даного дослідження є оцінка ефективності застосування рідинно-парового ежектора на робочому середовищі R718 у складі теплового насоса для системи опалення.

У результаті було виявлено, що застосування рідинно-парового ежектора, який працює за принципом струминної термокомпресії, дає змогу підвищити коефіцієнт перетворення циклу теплового насосу порівняно з традиційними аналогами в середньому на 10 %. Ексергетична ефективність нового устаткування становить 0,391, що в середньому у 2 рази вище, ніж у традиційних. Це досягається шляхом переходу на нові робочі параметри в циклі, що призводить до зменшення теплових навантажень на апарати, зниження ексергії потоку палива і підвищення загальної ефективності.

У результаті термоекономічного аналізу визначено загальну вартість палива та питому вартість одиниці продукту у новій та традиційних схемах теплонасосних установок. Застосування РПЕ дає змогу зменшити загальну вартість палива в середньому на 123,09 у. о. на рік, і зменшити питому вартість одиниці продукту в середньому на 15,5 % без урахування витрат на холодоагент у традиційних схемах.

ХАРАКТЕРИСТИКА КОНДЕНСАТОРА ЯК ЕЛЕМЕНТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ

Козін В. М., ст. викл. каф. ТТФ; Дубів О. З., студ. гр. ХКдн-74др, СумДУ, м. Суми; Баран В. В., викладач, Дрогобицький коледж нафти і газу, м. Дрогобич

Холодильна машина є складною системою до якої як підсистеми входять компресор, випарник та конденсатор. Характеристику холодильної машини розглядають як результат «взаємодії» характеристик основних елементів схеми. Її можна отримати, суміщаючи характеристики елементів та визначаючи таким чином точки їх сумісної роботи.

Характеристика конденсатора являє собою залежність

$$\dot{Q}_к = f\left(t_к, t_{w1}\right),$$

де $\dot{Q}_к$ – теплове навантаження на конденсатор; $t_к$ – температура конденсації холодильного агенту; t_{w1} – початкова температура охолоджуючого середовища.

З урахуванням виразів для теплопродуктивності конденсатора

$$\dot{Q}_к = k_{вн} \cdot F_{вн} \cdot \left(t_к - \overline{t}_w\right) = G_w \cdot c_w \cdot \left(t_{w2} - t_{w1}\right)$$

записують вираз для температури конденсації холодильного агенту (характеристики конденсатора)

$$t_к = t_{w1} + \dot{Q}_к \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot G_w \cdot c_w} + \frac{1}{k_{вн} \cdot F_{вн}}\right).$$

Тут $k_{вн}$ – коефіцієнт теплопередачі у конденсаторі, зведений до внутрішньої поверхні теплопередачі; $F_{вн}$ – площа внутрішньої поверхні теплопередачі; G_w – масова витрата охолоджуючого середовища, що має теплоємність c_w; t_{w2} – кінцева температура охолоджуючого середовища; $\overline{t}_w$ – середня температура охолоджуючого середовища.

Для побудови характеристики конденсатора необхідно знати функціональний взаємозв'язок $k_{вн} = f\left(\theta\right)$, де $k_{вн} = q_{вн} / \theta$. Величину $q_{вн}$ знаходять із сумісного розв'язання системи рівнянь

$$\begin{cases} q_{а.вн} = \alpha_а \cdot \theta_а \cdot \dfrac{F_э}{F_{вн}} = D \cdot \theta_а^{0,75} \cdot \dfrac{F_э}{F_{вн}}; \\ q_{w.вн} = \dfrac{\theta_w}{\dfrac{1}{\alpha_w} + \sum \dfrac{\delta_i}{\lambda_i}}. \end{cases}$$

Тут $\theta_а = t_к - t_{ст}$; $\theta_w = t_{ст} - \overline{t}_w$ – різниці температур, а константа D залежить від теплофізичних властивостей конденсату, геометрії пучка і трубок

$$D = 0,725 \cdot \sqrt{\frac{r \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3 \cdot g}{\mu \cdot d_э}} \cdot n^{-\frac{1}{6}} \cdot \psi_p.$$

ХАРАКТЕРИСТИКА ВИПАРНИКА ЯК ЕЛЕМЕНТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ

Козін В. М., ст. викл. каф. ТТФ; Сорочак О. С., студ. гр. ХКдн-74др, СумДУ, м. Суми; Баран В. В., викладач, Дрогобицький коледж нафти і газу, м. Дрогобич

Однією зі складових холодильної машини як складної системи є її випарник. Отже, при складанні характеристики холодильної машини як об'єкта моделювання та подальшого аналізу можливих режимів її роботи необхідно знати характеристики її елементів.

Характеристика випарника являє собою залежність

$$\dot{Q}_0 = f\left(t_0, t_{s2}\right),$$

де $\dot{Q}_0$ – теплове навантаження на випарник (холодопродуктивність); t_0 – температура кипіння холодильного агенту; t_{s2} – кінцева температура охолоджуваного середовища.

З урахуванням виразів для холодопродуктивності

$$\dot{Q}_0 = k_{вн} \cdot F_{вн} \cdot \left(\overline{t}_s - t_0\right) = G_s \cdot c_s \cdot \left(t_{s1} - t_{s2}\right)$$

записують вираз для температури кипіння холодильного агенту як характеристики випарника

$$t_0 = t_{s2} + \dot{Q}_0 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot G_s \cdot c_s} - \frac{1}{k_{вн} \cdot F_{вн}}\right).$$

Тут $k_{вн}$ – коефіцієнт теплопередачі у випарнику, зведений до внутрішньої поверхні теплопередачі; $F_{вн}$ – площа внутрішньої поверхні теплопередачі; G_s – масова витрата охолоджуваного середовища, що має теплоємність c_s; $\overline{t}_s$ – середня температура охолоджуваного середовища.

Для побудови характеристики випарника необхідно знати функціональний взаємозв'язок $k_{вн} = f\left(\theta\right)$, де $k_{вн} = q_{вн} / \theta$. Величину $q_{вн}$ знаходять із сумісного розв'язання системи рівнянь

$$\begin{cases} q_{а.вн} = \alpha_а \cdot \theta_а \cdot \dfrac{F_э}{F_{вн}} = B \cdot \theta_а^4 \cdot \dfrac{F_э}{F_{вн}}; \\ q_{s.вн} = \dfrac{\theta_s}{\dfrac{1}{\alpha_s} + \sum \dfrac{\delta_i}{\lambda_i}}. \end{cases}$$

Тут $\theta_а = t_{ст} - t_0$; $\theta_s = \overline{t}_s - t_{ст}$ – різниці температур, а константа B залежить від теплофізичних властивостей холодильного агенту $A_к$ та безрозмірних коефіцієнтів, що враховують вплив мастила $\varepsilon_м$, оребрення $\varepsilon_р$ та геометрію трубного пучка $\varepsilon_п$

$$B = A_к^4 \cdot \varepsilon_м \cdot \varepsilon_р \cdot \varepsilon_п.$$

ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПРЕСОРА ЯК ЕЛЕМЕНТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ

Козін В. М., ст. викл. каф. ТТФ; Бадецький Н. В., студ. гр. ХКдн-74др, СумДУ, м. Суми

Компресор є однією з найважливіших складових холодильної машини. При складанні характеристики холодильної машини як об'єкта моделювання та подальшого аналізу її можливих режимів роботи необхідно знати характеристику компресора.

Характеристика компресора має вигляд

$$\dot{Q}_0 = f\left(t_0, t_к\right),$$

де $\dot{Q}_0$ – теплове навантаження на випарник (холодопродуктивність); t_0 – температура кипіння холодильного агенту; $t_к$ – температура конденсації холодильного агенту.

З метою побудови такої характеристики виконують ряд розрахунків циклу холодильної машини за умови $t_к = \text{const}$ та декількох значень температур кипіння t_0. Такі розрахунки циклу виконують декілька разів для усіх можливих температур конденсації $t_к$.

Холодопродуктивність компресора $\dot{Q}_0$, ізоентропну N_s, індикаторну N_i та електричну $N_{ел}$ потужності знаходять за формулами:

$$\dot{Q}_0 = \frac{\lambda \cdot V_T}{v_1} \cdot q_0;\ N_s = \frac{\lambda \cdot V_T}{v_1} \cdot l_s;\ N_i = \frac{N_s}{\eta_i};\ N_{ел} = \frac{N_i}{\eta_{мех} \cdot \eta_{ел}},$$

де q_0 – питома холодопродуктивність; l_s – питома ізоентропна робота компресора.

Теоретичну об'ємну продуктивність

$$V_T = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S \cdot z \cdot n$$

визначають за відомими геометричними та режимними параметрами. Коефіцієнти корисної дії η_i, $\eta_{мех}$, $\eta_{ел}$ задають згідно дослідних даних для компресорів подібного типу. Коефіцієнт подачі λ або розраховують, або задають згідно дослідних даних.

Для кожного режиму роботи компресора знаходять теплопродуктивність конденсатора

$$\dot{Q}_к = \frac{\lambda \cdot V_T}{v_1} \cdot q_к,$$

де $q_к$ – питома теплопродуктивність конденсатора.

Отримані характеристики компресора $\dot{Q}_0 = f\left(t_0, t_к\right)$ наносять безпосередньо на характеристику випарника, а залежності теплопродуктивності конденсатора у вигляді $\dot{Q}_к = f\left(t_0, t_к\right)$ – на окремий графік. Для електричної потужності також будують окремий графік виду $N_{ел} = f\left(t_0, t_к\right)$.

ЧИСЕЛЬНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СОПЛА АБРАЗИВОСТРУМЕНЕВОЇ УСТАНОВКИ

Сіренко Б. І., аспірант гр. А-05/МБ; Резнік І. В., аспірант гр. А-05/МТ;
Бага В. М., канд. техн. наук, ст. викл. каф. ТТФ, СумДУ, м. Суми

У даній роботі проводилася серія чисельних та експериментальних досліджень робочого сопла абразивоструменевої установки з метою пошуку більш раціональної його конструкції.

Задачею дослідження було виконання пошуку числових значень внутрішнього діаметру d та довжини сопла l при яких воно працює з найбільшою ефективністю. Сопло повинно працювати при мінімальній потребі стисненого повітря. Замалі значення діаметру d призводять до непрацездатності сопла. Завеликі, до різкого підвищення витрати повітря. В свою чергу короткі сопла швидко зношуються, є менш стійкими до нерівномірного зносу, а в довгих маємо надлишковий опір, що призводить до втрати швидкості на виході з сопла.

Основними показниками ефективності є значення швидкості на виході з сопла та час обробки квадратного метра деталі. Чим вища швидкість абразиву, тим вважається потужніше сопло. Експериментально встановлено, що мінімальний діаметр сопла складає 6,8–7,2 мм. При менших його значеннях сопло закупорюється, кут розкриття струї стає мінімальним та швидкість абразивної суміші на виході зменшується в декілька разів, що робить сопло непридатним для роботи.

Встановлено, що зменшення довжини сопла (до 4–5 мм) призводить до підвищення швидкості на виході більш ніж вдвічі, що підвищює значення масової витрати абразивної суміші та коефіцієнта витрати сопла. Це створює умови до підвищення ефективності роботи ежекторно-очисної установки, а саме час обробки квадратного метра металу зменшується в 4,5 рази і складає 2 хв. Збільшується тривалість безперервної роботи сопла на заданому режимі від 20 до 55 хв.

Єкспериментально підтверджена працездатність сопла Вентурі виконаного зі Ст. 40. Воно на 30 % ефективніше за циліндричне сопло того ж діаметру.

На циліндричному соплі з діаметром $d = 7$ *мм* та довжиною $l = 24$ мм випробовувалися такі покриття як карбонітрація та хромування. Проведення карбонітрації дало змогу підвищити час експлуатації сопла на 7 годин без видимих ознак зносу. Хромування поверхні виявилося менш стійким до дії абразивного матеріалу, час експлуатації сопла з хромованою проточною частиною підвищився на 4 години. Досліди показали незадовільну стійкість вищевказаних покриттів до дії абразивного матеріалу.

Наукове видання

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

МАТЕРІАЛИ
та програма

VIII Всеукраїнської
науково-технічної конференції
(м. Суми, 20–23 квітня 2021 р.)

Відповідальний за випуск О. Г. Гусак
Комп'ютерне верстання: І. В. Павленко, В. С. Чубур
Обкладинка: Х. В. Берладір

Стиль та орфографія авторів збережені.

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 16,67. Обл. вид. арк. 20,47. 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.