

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

МАТЕРІАЛИ
та програма

XI Всеукраїнської
науково-технічної конференції
(м. Суми, 23–26 квітня 2024 р.)

Суми
Сумський державний університет
2024

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. О. Іванов; д-р техн. наук, професор
Л. Д. Пляцук; д-р техн. наук, професор В. І. Склабінський;
д-р техн. наук, проф. В. О. Залога; д-р техн. наук, професор
О. О. Ляпощенко; д-р техн. наук, професор О. П. Гапонова;
д-р техн. наук, професор М. І. Сотник; канд. хім. наук, доцент
Л. М. Пономарьова; канд. техн. наук, доцент С. М. Ванєєв;
канд. техн. наук, доцент А. В. Загорулько; канд. техн. наук,
доц. Р. О. Острога.

Технічний секретар:

голова НТСА СумДУ, асп. О. А. Куліков.

Сучасні технології у промисловому виробництві :
матеріали та програма XI Всеукраїнської науково-технічної
конференції (м. Суми, 23–26 квітня 2024 р.) / редкол.:
О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний
університет, 2024. – 347 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 для
інженерів усіх галузей виробництва.

© Сумський державний університет, 2024

Шановні пані та панове!

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій Сумського державного університету запрошує Вас взяти участь у роботі XI Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні технології у промисловому виробництві (СТПВ-2024)».

Секції конференції:

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

Адреса Сумського державного університету:
вул. Харківська, 116, м. Суми, 40007, Україна.

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

ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ»

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

Секретар – аспірантка Н. В. Лепьошкіна

1. Control of the electrical resistivity of rubber ropes using the four-probe method
Speaker: Shvachka A.V., postgraduate, of the Department of Mechanical Engineering and Welding Technology, Dnipro State Technical University, Kamianske
Supervisors: Belmas I.V., doctor of Technical Sciences, professor, head of the Department of Mechanical Engineering and Welding Technology, Dnipro State Technical University, Kamianske
Sukhomlyn V.I., candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Dnipro State Technical University, Kamianske
2. Особливості виготовлення лопатевих спіралей змішувачів
Доповідачі: Коваль С.О., аспірант, кафедра автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль
Стібайло О.Ю., аспірант, кафедра автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль
3. The thermoforming as a modern production method
Speaker: Shiyani O. Master of the Department of Machinery Engineering Technology, National University “Zaporizhzhia Polytechnic”, Zaporizhzhia
Supervisor: Pukhalska N. PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Machinery Engineering Technology, National University, “Zaporizhzhia Polytechnic”, Zaporizhzhia
4. Зміцнення лазерним ударом
Доповідач: Безхлібний Д.О., аспірант каф. ТМБ, НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя
Керівник: Пухальська Г.В., доцент каф. ТМБ, НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя

5. Антифрикційні матеріали на основі міді

Доповідачі: Рувінштейн Р.Л., здобувач, Андрусик Б.М., здобувач, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
Керівник: Шепеленко І.В., професор, кафедра ЕРМ, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

6. Автоматизація ділянки по виробництву деталей з поліестеролу

Доповідач: Льїн Д.О., інженер LLC “UBS-PROMO”, Гаврис В.В., магістр, гр. МІТ-М223г, НТУ «ХП»
Керівник: Яковенко І.Е., професор кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів, НТУ «ХП»

7. Design and technological analysis of parts of hinge joint fork type

Speaker: Mykhailo Amelin, graduate student, Sumy State University, Ukraine
Supervisors: Vitalii Ivanov, DSc., Professor, Head of the Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools, Sumy State University, Ukraine
Olaf Ciszak, DSc., Professor, Dean of the Faculty of Mechanical Engineering, Poznan University of Technology, Poland

8. Дослідження напрямів підвищення ефективності виробничого обладнання

Доповідач: Залета А.О., аспірант кафедри прикладної механіки та мехатроніки Луцького національного технічного університету
Керівник: Повстяной О.Ю., д.т.н., професор кафедри прикладної механіки та мехатроніки Луцького національного технічного університету

9. Перспективи розвитку модульних портативних верстатів в Україні

Доповідач: Біліченко М.В., магістр, НТУ "ХП", гр. МІТ-М223г, Харків
Керівники: Яковенко І.Є., професор, НТУ «ХП», МІТ, Харків, Пермяков О.А., професор, НТУ «ХП», МІТ, Харків

10. Аналіз впливу конструктивно-технологічних факторів на функціональну точність та надійність зубчастих передач

Доповіач: Куликівський В. Л., доцент, кафедра агроінженерії та технічного сервісу, Поліський національний університет, м. Житомир

11. The need for the development and use of control unit software in industry

Speaker: A. Kidanov, application programmer, Mobilsoft LLC, Kharkiv

12. Порівняння коефіцієнтів жорсткості допоміжних підвідних опор

Доповідачі: Басов Б. С., аспірант, СумДУ, м. Суми
Чаус О. С., студент гр. ГМ-016, ВСП КФК СумДУ, м. Конотоп

Керівник: Кушніров П. В., доцент, каф. ТМВІ СумДУ, м. Суми

13. Можливі способи стопоріння кріпильних гвинтів у торцевих фрезах

Доповідачі: Орлов Р. О., аспірант, СумДУ, м. Суми
Омеляненко А. Є., студент гр. ТМ-01/1

Керівник: Кушніров П. В., доцент, каф. ТМВІ СумДУ; м. Суми

14. Порівняння компонувань торцевих фрез з циліндричними різальними вставками

Доповідачі: Остапенко Б. А., аспірант;
Басов А. С., студент гр. ТМ-01/1

Керівник: Кушніров П. В., доцент, каф. ТМВІ СумДУ; м. Суми

15. Технологічне забезпечення процесу осьової витяжки шпильок у з'єднувальні кришки та корпусу відцентрованих насосі під час складальних операцій у дрібносерійному виробництві

Доповідачі: Биков М. С., аспірант, гр. А-15/МБ, СумДУ, м. Суми
Титов Д. С., студент гр. ТМ-01-2, СумДУ, м. Суми

16. Перспективи розроблення технологічного забезпечення механічного оброблення каналів апаратів спрямовувальних із застосуванням автоматизованих верстатних пристроїв

Доповідачі: Плис В. С., аспірант, СумДУ, м. Суми
Щербина М. В., студент, СумДУ, м. Суми

17. Застосування затискних верстатних пристроїв з епіциклоїдними приводами для підвищення технологічності обробки деталей типу важіль в дрібносерійному виробництві

Доповідачі: Авраменко С. Є., аспірант, СумДУ, м. Суми
Євдокимов О. Д., аспірант, СумДУ, м. Суми
Бугайов Є. Ю., гр. ТМ-01-2, студент, СумДУ, м. Суми

18. Secure planning of machine and personnel times for milling process

Speaker: Metenko Alexander, ТМ-01-2, Sumy State University, Sumy

Supervisor: Dmytro Adamenko, WAGO GmbH & Co. KG

19. Оптимізація способів з'єднання компонентів у насосному обладнанні шляхом поліпшення конструкції штифтових конічних з'єднань

Доповідачі: Кононович В. М., аспірант, гр. А-05/МТ, СумДУ, м. Суми
Титов Д. С., гр. ТМ-01-2, студент, СумДУ, м. Суми

20. On increasing the efficiency of the use assembly building electrical terminals

Speaker: Kuleshov M., student gr. ТМ-01-2,

Supervisors: Evtuhov A., Associate Professor, Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools, Sumy State University, Sumy,
Dmytro Adamenko, Executive Assistant СТО, WAGO GmbH & Co. KG, Minden

21. About the use of ceramic components in manufacturing dies and press molds

Speaker: Zamikhovskiy A., student gr. ТМ-01-2,

Supervisors: Evtuhov A., Associate Professor, Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools, Sumy State University, Sumy,
Dmytro Adamenko, Executive Assistant СТО, WAGO GmbH & Co. KG, Minden

22. Топологічна оптимізація конструкції прихвата верстатного пристрою

Доповідач: Макаренко Д.Ю., студент гр. ТМ.м-21,

Керівник: Євтухов А.В., доцент, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

23. Структурно-параметрична оптимізація конструкції прихвата верстатного пристрою

Доповідач: Кравченко Д.С., студент гр. ТМ.мз-22с,

Керівник: Євтухов А.В., доцент, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

24. Аналіз напружено-деформованого стану конструкції токарного патрона
Доповідач: Потомаха Д.Ю., студент, гр. ТМ.м-21,
Керівник: Євтухов А.В., доцент, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми

СЕКЦІЯ «ОБРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ»

Голова – зав. каф. ТМВІ, професор В. О. Іванов
Секретар – аспірант, Н. В. Лепьошкіна

1. Умови підрізування зубів колеса довбачем
Доповідач: Боженко О. М., студент, гр. МВ-01, СумДУ, Суми
Керівник: Швець С.В. доцент, каф. ТМВІ; Сум ДУ, Суми
2. Перспективи застосування мікрофрезерування для модифікації змочувальних властивостей поверхонь нітинолів
Доповідач: Балицька Н.О., к.т.н, доц., Державний університет «Житомирська політехніка»
3. Зношування різальних інструментів при обробці метало-матричних композитів
Доповідач: Томашевський О.О., аспірант, Державний університет «Житомирська політехніка»
Керівник: Балицька Н.О., к.т.н, доц. Державний університет «Житомирська політехніка»
4. Особливості коливань при кінцевому фрезеруванні та напрямки зменшення їх інтенсивності
Доповідач: Яхно Д.А., аспірант, НУ «Запорізька політехніка», м.Запоріжжя
Керівник: Дядя С.І., завідувач кафедри «Технологія машинобудування» НУ «Запорізька політехніка», м.Запоріжжя
5. Використання ортогональних масивів тагучі для дослідження впливу полімеру мор на ефективність лезової обробки при використанні інструменту з наноструктурованим покриттям
Доповідачі: Танченко С.В., старший викладач, кафедра «Металорізальні верстати та інструменти», НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя
Оглуздіна Л.С., старший викладач, кафедра «Металорізальні верстати та інструменти», НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

Фролов М.В., доцент, кафедра «Металорізальні верстати та інструменти», НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

6. Властивості штампової сталі 4Х5МФС при обробці інструментом на основі кубічного нітриду бору із зносостійким покриттям

Доповідач: Коваленко Я.П., аспірантка кафедри механічної інженерії, Державний університет «Житомирська політехніка», м.Житомир

7. Оцінка ефективності зшитого сополімеру у МОТЗ на ефективність плоского шліфування

Доповідач: Первеев Д.В., асистент, кафедра «Металорізальні верстати та інструменти», НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

Керівник: Циганов В.В., професор, кафедра «Металорізальні верстати та інструменти», НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

8. Визначення шорсткості обробленої поверхні за допомогою нейронних мереж

Доповідач: Олійник Я. О., аспірант кафедри ТМВІ, СумДУ

Керівник: Некрасов С. С., доцент кафедри ТМВІ, Сумський державний університет, м. Суми

СЕКЦІЯ «СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ»

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

Секретар – аспірант, Н. В. Лепьошкіна

1. Вплив густини рідини на показники тиску U-трубчастих манометрів

Доповідач: Ярина В. Р., студент групи СТ.мз-21с, СумДУ, м.Суми

Керівники: Гейко Т. О., студент групи АІ-2201, СНАУ, м. Суми
Івченко О. В., зав. кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми
Литвиненко О. В., ст. викладач кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми

2. Вплив гравітації на показники тиску U-трубчастих манометрів

Доповідачі: Ярина В. Р., студент групи СТ.мз-21с, СумДУ,
м. Суми
Прикота А. І., студент групи АІ-2201, СНАУ, м.
Суми
Керівники: Івченко О. В., зав. кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми
Литвиненко О. В., ст. викладач кафедри ПТС,
СНАУ, м. Суми

3. Вплив напорного середовища на показники тиску U-трубчастих манометрів

Доповідачі: Ярина В. Р., студент групи СТ.мз-21с, СумДУ,
м. Суми
Халепа А. О., студент групи АІ-2201, СНАУ, м.
Суми
Керівники: Івченко О. В., зав. кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми
Литвиненко О. В., ст. викладач кафедри ПТС,
СНАУ, м. Суми

4. Вплив капілярних ефектів на показники тиску U-трубчастих манометрів

Доповідачі: Ярина В. Р., студент групи СТ.мз-21с, СумДУ,
м. Суми
Несвідомін А. В., студент групи АІ-2201, СНАУ,
м. Суми
Керівники: Івченко О. В., зав. кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми
Литвиненко О. В., ст. викладач кафедри ПТС,
СНАУ, м. Суми

5. Overhaul, retrofitting, or replacement machines? Aspects of decision-making.

Доповідач: Cherkashyn V., student, gr. TM-01-2
Керівники: Evtuhov A., Associate Professor, Department of
Manufacturing Engineering, Machines and Tools, Sumy
State University, Sumy
Dmytro Adamenko, Executive Assistant CTO, WAGO
GmbH & Co. KG, Minden

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ І МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

Голова – О. П. Гапонова, зав. каф. ПМ і ТКМ, д-р техн. наук, професор
Секретар – Л. Б. Великодна, лаборант каф. ПМ і ТКМ

1. The modifying effect of polymer solutions on the mechanical properties of epoxy composites

Speakers: A.V. Chernov, PhD

O.V. Dudych, student

Supervisors: V.P. Kashytskyi, prof., Department of Materials Science
O.L. Sadova, associate prof., Department of Materials
Science, Lutsk National Technical University, Lutsk

2. Високопродуктивне оксидно-нітридне багат шарове покриття для зміцнення ріжучого твердосплавного інструменту

Доповідач: Ярина В. Р., студент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ

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

3. Стабільність покриття нітриду хрому при високих температурах в умовах дифузії бору

Доповідач: Князев С.А., канд. техн. наук

Керівник: Педченко Д. О., каф. «Матеріалознавство», НТУ
«ХП», м. Харків

4. Створення і дослідження експериментального еквиомольного сплаву системи Fe-Cr-Al-Si-B

Доповідач: Князева Г.О., PhD

Керівник: Сосонний О.В., каф. «Матеріалознавство», НТУ
«ХП», м. Харків

5. Досягнення та інновації технологій лиття

Доповідач: Масалітова К.І., магістр гр. МТ.м-31

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

6. Отримання електроіскрових легованих покриттів з високоентропійного сплаву $AlCr_{0.5}FeCo_{1.75}Ni_3W_{0.5}Ti_{0.8}B_{0.6}$

Доповідачі: Мисливченко О.М., с.н.с.,

Литвин Р.В., зав. лабораторії, ІПМ ім. І.М.
Францевича НАНУ, м. Київ

7. Технологічний процес отримання деталі «матриця вирубного штампу»

Доповідач: Молнар Ю.О., студентка гр. МТ-01/1,

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

8. Features of formation nanostructured coatings based on titanium nitride with alloyed aluminum or zirconium

Доповідачі: Pakhnenko D.V., postgraduate
Khaniukov K.S., postgraduate
Varakin V.O., postgraduate

Керівник: Hovorun T.P., associate professor of the department of PM and TCM, Sumy State University

9. Удосконалення технології поверхневого зміцнення виробів з використанням нагріву СВЧ

Доповідач: Бабков В.А., студент кафедри Матеріалознавства, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Керівники: Погрібний М.А., професор кафедри Матеріалознавства, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків
Реброва О.М., доцент кафедри Матеріалознавства, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

10. Застосування PROCAST для вирішення технологічних задач литва

Доповідач: Завалій В.О., студент групи МТ-01/1

Керівник: Дегула А.І., доцент кафедри ПМіТКМ, СумДУ, місто Суми

11. Технологія відновлення деталі «захоплюючий ролик»

Доповідач: Верещак Л.С., студент гр. МТ-01-1, СумДУ, м. Суми

12. Екологічно чисті матеріали: майбутнє будівельних матеріалів

Доповідач: Жмака В.М., аспірант, кафедра ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

13. Титаноалітування нікелевого сплаву ХН55ВМТКЮ

Доповідач: Кайдаш Д. В., аспірант гр. А-25/МТ

Керівники: Харченко Н. А. к. т. н., доц. каф. ПМ і ТКМ, СумДУ,
м. Суми

Лоскутова Т. В. д. т. н., проф. каф. ФМ і ТО НТУУ
«Київський політехнічний інститут ім. І.
Сікорського», м. Київ

14. Розробка водостійких біокомпозитів на основі деревного борошна

Доповідач: Шегинський В.О., аспірант

Янчук С.Л., аспірант

Керівники: Кашицький В.П., професор

Садова О.Л., доцент, кафедра матеріалознавства,
Луцький національний технічний університет, Луцьк

15. Дослідження структури і властивостей самозмащувальних покриттів, отриманих методом електроіскрового легування

Доповідач: Кошельник О.О., магістрант гр.МТ.м-31, кафедра
ПМ і ТКМ, СумДУ, Суми

Керівник: Гапонова О.П., завідувачка кафедри ПМ і ТКМ,
СумДУ, Суми

16. Нові матеріали та прогресивні технології їх отримання

Доповідач: Білоус Л. О., аспірант НТУ «ХП», м.Харків

Керівник: Лузан С.О., завідувач кафедри зварювання,
Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут», м. Харків

17. Оптимізація параметрів наповнювача і технології формування деталей з вуглепластику

Доповідач: Марченко К.С., аспірантка кафедри Прикладного
матеріалознавства і ТКМ, група А-25/МТ

Керівник: Марченко С.В. доцент кафедри Прикладного
матеріалознавства і ТКМ, СумДУ, Суми

18. Design of experiments of pvd coatings tin

Speaker: N. Pinchuk, Researcher, Department of Materials
Science, National Technical University «Kharkiv
Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine Affiliation:
Visiting researcher, Department of Engineering and
Physics Karlstad University, Karlstad, Sweden

19. Програмне забезпечення для мікроструктурного аналізу

Доповідач: Ситніков В.О., аспірант, гр. А-25/МТ, кафедра ПМ і ТКМ, СумДУ, Суми

Керівник: Дегула А.І., доцент, кафедра ПМ і ТКМ, СумДУ, Суми

20. Дослідження впливу параметрів обробки на структуроутворення поверхневих шарів азотуванні методом електроіскрового легування

Доповідач: Тарельник Н.В., старший науковий співробітник, кафедра ПМ і ТКМ

Керівник: Гапонова О.П., завідувачка кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ, Суми

21. Дослідження параметрів отримання на властивості наноструктурованих нітридних покриттів на основі систем TiAlSi, TiAlSiY та TiAlCrY

Доповідач: Ханюков К.С., аспірант

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

22. Підвищення поверхневої твердості деталей машин виготовлених зі сталі 45X14N14B2M методом карбонітрації

Доповідач: Чумаков Д. С., аспірант гр. А-15/МТ; Назаренко І. В., аспірант гр. А-25/МТ

Керівник: Харченко Н. А., к. т. н., доцент кафедри ПМ і ТКМ, Сумський державний університет, м. Суми

23. Дослідження структури та властивостей сульфоцементованих електроіскрових покриттів

Доповідач: Юскаєв С. В., аспірант кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ, Суми

Керівник: Гапонова О.П., завідувачка кафедри ПМ і ТКМ

24. Підвищення ресурсу деталей машин при абразивному зношуванні

Доповідач: Лузан С.О., завідувач кафедри зварювання, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

25. Удосконалення нітроцементзації за допомогою методу електроіскрового легування

Доповідач: Охріменко В.О., аспірант

Керівник: Гапонова О. П., зав. каф. ПМ і ТКМ, Сумський державний університет, м. Суми

26. Ударна в'язкість біокомпозитів, наповнених подрібненими стеблами зернових культур

Доповідач: Вишинський М.І., аспірант
Керівники: Садова О.Л., доцент
Кашицький В.П., професор, кафедра матеріалознавства, Луцький національний технічний університет, Луцьк

27. Advantages of cryotechnology in foundry production

Speakers: Smirnov P., Galchenko I., Pavlenko V., Machine Building College of Sumy State University, Sumy, Ukraine
Supervisors: Pavlenko I., Sumy State University, Sumy, Ukraine; Pitel J., Technical University of Košice, Prešov, Slovak Republic

СЕКЦІЯ «ДИНАМІКА І МІЦНІСТЬ, КОМП'ЮТЕРНА МЕХАНІКА»

Голова – зав. каф. КМ ім. В. Марцинковського, к.т.н., доц. А. В. Загорулько
Секретар – завідувачка навчальною лабораторією С. О. Міщенко

1. Research of the transformation mechanisms of the bearing surfaces of the vehicle

Speaker: Tarovik V.V., master's student
Supervisor: Lobunko O.P., PhD, associate professor, National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv

2. Визначення статичної напруги в газопроводі

Доповідач: Железов Р.І., студент, група ДЕА-ПОНс-23мг, ННІ «УІПА» ХДУ ім. В.Н. Каразіна, м. Харків
Керівники: Прокопенко О.О., доцент кафедри АМЕТ, ННІ «УІПА» ХДУ ім. В.Н. Каразіна, м. Харків; Антоненко Н.С., декан факультету ЕіА, ННІ «УІПА» ХДУ ім. В.Н. Каразіна, м. Харків;

3. Дослідження несучої здатності кулькового радіального однорядного підшипника у ANSYS Workbench

Доповідач: Кальченко В. С. студент, група КМ-01/1
Керівник: Жигилій Д. О., доцент, СумДУ, м. Суми

4. Дослідження міцності корпусу сепаратора для очищення природного газу методом скінчених елементів у сапр autodesk inventor

Доповідач: Дермельов А. М., студент, група КМ-01-2

Керівник: Жигилій Д. О., доцент, СумДУ, м. Суми

5. Дослідження міцності корпусу насоса для перекачування води на комунальних об'єктах методом скінчених елементів у сапр solidworks

Доповідач: Вірченко М. І., студент, група КМ-01-2

Керівник: Жигилій Д. О., доцент, СумДУ, м. Суми

6. Підвищення надійності роторно-пластинчастих компресорів шлях модернізації механізму обертання ротора з пластинами

Доповідачі: Лобас І.В., аспірант

Бондар Д.І., аспірант

Керівник: Гудков С.М., доцент, СумДУ, м. Суми

7. Числовий розрахунок задачі гідропружності торцевого ущільнення з парою тертя «сталь – птфе-композит з наповнювачем із вторинної фторполімерної сировини»

Доповідач: Косошов Р.В., студент, група КМ-01-2

Керівник: Гудков С.М., доцент, СумДУ, м. Суми

8. Комп'ютерне моделювання зношування поверхні втулки сальникового набивкою

Доповідачі: Росляков М.О., студент, група КМ.м – 31

Сапожников Я.І., аспірант, група А.05-МБ

Керівник: Загорюлько А.В., зав. кафедри КМ, доцент, СумДУ, м. Суми

9. Числовий аналіз впливу деформацій ущільнювальних кілець на витратні та ротородинамічні характеристики лабіринтно-лункових ущільнень

Доповідач: Іземенко В.В., аспірант, група А-35/МБ

Керівник: Загорюлько А.В., зав. кафедри, доцент, СумДУ, м. Суми

10. Оцінка впливу гідродинамічних процесів в багатошпаринних ущільненнях

Доповідач: Яненко С.В., аспірант, СумДУ, м. Суми

11. Числове моделювання несинхронних складових коливань роторів турбокомпресорів

Доповідач: Григор'єв В.С., студент, група КМ.м-31,

Керівник: Позовний О.О., асистент, СумДУ, м. Суми

12. Тенденції розвитку сучасного виробництва в Україні
Доповідач: Лобов Є. С., студент, гр. КМ.м-31, СумДУ, м. Суми
13. Підвищення надійності турбонасосних агрегатів за рахунок аналізу динамічних характеристик їх роторів
Доповідач: Колеченко Б.О., студент, група КМ.м-31
Керівник: Позовний О.О., асистент, СумДУ, м. Суми
14. Чисельне моделювання руху повітряних потоків
Доповідач: Кириленко М.Р., студент, група КМ.м-31
Керівник: Позовний О.О., асистент, СумДУ, м. Суми
15. Вплив динамічних характеристик системи пружньодеформованих шпаринних ущільнень на вібростан відцентрового насосу
Доповідач: Левченко К. І., студентка, група КМ-01/1
Керівник: Позовний О.О., асистент, СумДУ, м. Суми
16. Аналіз впливу підшипників на стійкість обертання ротора турбокомпресора
Доповідач: Сіднін В.В., студент, група КМ-01/1
Керівник: Позовний О.О., асистент, СумДУ, м. Суми
17. Аналіз існуючих методів діагностування технічного стану роторних машин та перспектив їх використання
Доповідач: Пестун М. О., аспірант, СумДУ, м. Суми
18. Використання методу фотопружності для дослідження напружено-деформованого стану деталей
Доповідач: Чубур Б.С., студент, група КМ.м-31
Керівник: Савченко Є.М., доцент, СумДУ, м. Суми
19. Вібродіагностування як найефективніший метод оцінки технічного стану роторних машин
Доповідач: Яковчук А. В., аспірант, СумДУ, м. Суми
20. Перспективи застосування технологій штучного інтелекту при створенні системи діагностування технічного стану машин
Доповідач: Ващенко С.А., аспірант, СумДУ, м. Суми

21. Використання комп'ютерних технологій при розробці та виготовленні деталей машин хімічних виробництв

Доповідачі: Покидченко В.О.,
Товстоган М.Г., студенти, групи КМ.м-31
Керівник: Савченко Є.М., доцент, СумДУ, м. Суми

22. On determination of derivatives of the mittag-leffler function

Speakers: Volodymyr Pavlenko, School No. 10, Sumy, Ukraine;
Viktoriia Yakovchuk, Sumy State University, Sumy, Ukraine
Supervisors: Ivan Pavlenko, Sumy State University, Sumy, Ukraine;
Olaf Ciszak, Poznan University of Technology, Poznan, Poland

23. Вибір найбільш небезпечного навантаження автомобіля з урахуванням побудови епюр всф

Доповідач: Лобода Н. О., учень
Сапожников Я. І., аспірант, СумДУ, м. Суми
Керівник: Смірнов В. О, заступник директора, Центр STEM, СумДУ

24. Методологія викладання окремих тем опору матеріалів з урахуванням педагогічних вимог

Доповідачі: Рожков М. О., студент, група ІМ-31/2
Сапожников Я. І. аспірант., СумДУ, м. Суми
Керівник: Смірнов В. О., заступник директора, Центр STEM, СумДУ

СЕКЦІЯ «ЕКОЛОГІЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

Голова – зав. каф. ЕПЗТ .професор Л. Д. Пляцук
Секретар – Д. В. Гопкало

1. Впровадження інноваційних стратегій забезпечення екологічної безпеки в Україні

Доповідач: Твердохлебова Н.Є., доцент кафедри безпеки праці та навколишнього середовища, НТУ «ХП», м. Харків

2. Оцінка впровадження виробництва біопалива на основі опалого листя для міста суми
Доповідач: Гончаренко М.О., студент, СумДУ, м. Суми
Керівник: Фалько В.В., к.т.н., ст. викладач, СумДУ, м. Суми
3. Регіональні аспекти управління екологічною безпекою в умовах сталого розвитку
Доповідачі: Твердохлебова Н.Є., доцент кафедри безпеки праці та навколишнього середовища, НТУ «ХП», м. Харків
Євтушенко Н.С. доцент кафедри безпеки праці та навколишнього середовища, НТУ «ХП», м. Харків
4. Шахтне захоронення радіоактивних відходів ас в соляних породах та глинистих формаціях
Доповідачі: Мосійчук Р. А., студент;
Батальцев Є. В., старший викладач
Керівник: Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми
5. Спалювання листя та сухоостою: небезпека для довкілля та суспільства
Доповідач: Карташева Д.М, гр.ОС-21
Керівник: Трунова І.О., доцент; каф. ЕПТ СумДУ, м. Суми
6. Виробничий травматизм у харківському регіоні
Доповідач: Мартиненко О.Г, студент, гр. Е-223в
Керівники: Мезенцева І.О., к.т.н., доцент, Вамболь С.О., д.т.н., професор, кафедра БПтаНС, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків
7. Аналіз ризиків від генномодифікованих продуктів харчування
Доповідач: Кузьома В.С., студент гр. ТС-21
Керівник: Трунова І.О., доцент каф. ЕПТ, Сумський держаний університет, м. Суми

8. Впровадження системного контролю та розробки нових інструкцій з охорони праці

Доповідач: Мезенцев С.М., аспірант
Керівники: Кузьменко О.О., к.т.н., доцент
Мезенцева І.О., к.т.н., доцент, кафедра БПтаНС,
Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут», м. Харків

9. Війна як фактор посилення негативного впливу на довкілля та кліматичних змін

Доповідач: Сумцова К.С., гр. ОС-11, кафедра ЕПТ СумДУ, м. Суми

10. Аналіз умов праці працівників машинобудівних підприємств та стратегії для їх поліпшення

Доповідачі: Євтушенко Н.С. доцент кафедри безпеки праці та навколишнього середовища; Твердохлебова Н.С., доцент кафедри безпеки праці та навколишнього середовища, НТУ «ХП», м. Харків

11. Інформаційна система прогнозування кількості атмосферних опадів

Доповідач: Нагорняк В.Б., студент групи ІСТ-20-1
Керівники: Белей О. І., доцент
Штаєр Л. О., доцент, кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ

12. Огляд технологічних рішень екологічно безпечної переробки фосфогіпсу

Доповідач: Ступак М.В., гр.ТС-01
Керівник: Черниш Є.Ю., доцент кафедри ЕПТ, СумДУ, м. Суми

13. Органічна речовина дигестату та її роль у біоремедіації забруднених ґрунтів

Доповідач: Кулик Н. С., студентка
Керівник: Аблєєва І. Ю., д.т.н, доцент, СумДУ, м. Суми

14. Вплив стоків з очисних споруд на екосистему річки

Доповідач: Кириченко Я., студ. СумДПУ

Керівники: Кузьміна Т., доц. СумДУ, м. Суми

Бабко Р., Ін-т зоології НАНУ, м. Київ

Плященик В., КП «Водоканал Ужгород», м. Ужгород

Забурко Я., викл. ун-т Люблінська політехніка, м. Люблін, Польща

15. Використання технологій озеленення з метою зниження шумового забруднення міських житлових територій на прикладі житлового району тростянця

Доповідач: Давидова С. Е., студентка

Керівник: Яхненко О. М., ст. викладач, СумДУ, м. Суми

16. Відновлювальні джерела енергії та перспектива їх розвитку в Україні

Доповідач: Непокротова А. В., студентка

Керівник: Яхненко О. М., ст. викладач, СумДУ, м. Суми

17. Удосконалення технологій утилізації відходів вогневидами методами

Доповідач: Гой Л. С., студентка

Керівник: Бурла О. А. асистент, СумДУ, м. Суми

18. Моніторинг доквілля в районі золовідвалу сумської ТЕЦ

Доповідач: Гурець І. М., аспірант гр. Ав-25/ТС, СумДУ

19. Зв'язування важких металів під час анаеробного зброджування

Доповідач: Лисицька А. В., студентка

Керівник: Аблеєва І. Ю., д. т. н., доцент, Сумський державний університет, м. Суми, Україна

20. Екологічні та соціокономічні переваги озеленення дахів

Доповідач: Єрьоменко А. О., студентка;

Керівник: Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

21. Екологічна безпека процесу піролізу гумотехнічних відходів

Доповідач: Сумцова К. С., гр. ОС-11; кафедра ЕПТ СумДУ, м. Суми

Керівник: Сидоренко С. В., докторант, кафедра ЕПТ СумДУ, м. Суми

22. Переробка золи енергоощадною технологією

Доповідач: Измоденова Т. І., пошукувач, Науково-дослідний інститут мінеральних добрив і пігментів Сумського державного університету, м. Суми

23. Анаеробна деградація галогенованих органічних сполук

Доповідач: Парамонов А. В., аспірант
Керівник: Аблєєва І. Ю., д. т. н, доцент, Сумський державний університет, м. Суми, Україна

24. Використання зведених таблиць у природоохоронній діяльності: можливості та перспективи

Доповідач: Гришко А. О., студентка
Керівник: Рой І. О. доцент, СумДУ, м. Суми

25. Перспективність перетворення біогазового дигестату на гранули

Доповідач: Сіпко І. О., аспірантка
Керівник: Аблєєва І. Ю., д. т. н, доцент, СумДУ, м. Суми

26. Використання циклу кребса для саморегулювання життєдіяльності мікроорганізмів активного мулу

Доповідач: Забара І. І., аспірантка
Керівники: Пляцук Л. Д., професор; Батальцев Є. В. старший викладач, СумДУ, м. Суми

27. Уловлювання та зберігання вуглецю як метод пом'якшення наслідків зміни клімату

Доповідач: Закорко А. С., студентка
Керівник: Пляцук Л. Д., професор
Батальцев Є. В. старший викладач, СумДУ, м. Суми

28. Системний підхід до вирішення проблеми забруднення морського середовища пластиком

Доповідач: Москаленко В. В., студентка
Керівники: Пляцук Л. Д., професор; Батальцев Є. В. старший викладач, СумДУ, м. Суми

29. Технологічні рішення відновлення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами

Доповідач: Качан А. О., студентка
Керівник: Бурла О. А. асистент, СумДУ, м. Суми

30.Екологічні проблеми виробництва гідрогену та шляхи їх вирішення

Доповідач: Савенкова К. О., студентка

Керівник: Батальцев Є. В., старший викладач

Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

31.Advantages and disadvantages of using digestate as fertilizer

Speaker: Нопкало D. V., student

Supervisors: Vaskin R. A., Associate Professor; Vaskina I. V., Associate Professor, Sumy State University, Sumy, Ukraine

32.Заповідна справа і реалізація сталого розвитку

Доповідач: Рагімов С., студент СумДУ

Керівники: Кузьміна Т., доцент, СумДУ, м. Суми

Бабко Р., Кириченко-Бабко М., Ін-т зоології НАНУ, м. Київ

33.Реалізація технологій захисту не за рахунок використання ремонтних конструкцій (муфт) при виконанні ремонтних робіт на магістральних газопроводах під тиском

Доповідач: Гулий С.М., студент

Керівник: Яхненко О. М., ст. викладач, СумДУ, м. Суми

34.Прогнозування перенесення забруднюючих речовин із зони аерації теплоелектростанцій

Доповідач: М'якаєв О.В., аспірант гр. А-35/ТС, СумДУ, м. Суми

35.Забруднення земель у результаті воєнних дій

Доповідач: Литвиненко І.К., студент гр. ТС-01, СумДУ

Керівник: Гурець Л.Л., професор, СумДУ

36.Можливості застосування відходів тваринництва у біогазових технологіях

Доповідач: Веселовський Я.Є., студент, гр. ТС-01, СумДУ, м. Суми

Керівники: Васькіна І. В., ст. викладач; Васькін Р.А., доцент, СумДУ, кафедра ЕПЗТ, м. Суми

37. Зменшення негативного впливу целюлозно-паперової промисловості на гідросферу

Доповідач: Яцук С.В., студент

Керівники: Пляцук Л. Д., професор; Батальцев Є. В., старший викладач, СумДУ, м. Суми

38. Створення пунктів роздільного збирання побутових відходів

Доповідач: Лазненко Д. О., доцент, СумДУ, м. Суми

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ»

Голова — зав. каф. ХІ к.т.н., доцент Р. О. Острога

Секретар — аспірант О. Ю. Юрченко

1. Фізичні моделювання процесів сепарації з осушенням стисненого повітря в експериментальній установці з сепараційно-конденсаційним і дроселюючим пристроями.

Доповідачі: Бондар Д.І., аспірант

Лобас І.В., аспірант

Керівники: Ляпощенко О.О., д.т.н., проф.

Гудков С.М., к.т.н., доцент, СумДУ, м. Суми

2. Вплив зміни витрати рідини та рівня стовпа рідини на факел розпилу на виході з корзини обертового вібраційного гранулятора мінеральних добрив.

Доповідач: Юрченко О.Ю., асп.

Керівники: Склабінський В.І., д.т.н., проф.

Гусак О.Г., к.т.н., проф., СумДУ, м. Суми

3. Визначення температури гранул мінеральних добрив після контакту з повітрям у грануляційній башті.

Доповідач: Нічволодін К.В., аспірант; СумДУ, гр. А-25/ХТ

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

4. До вибору конструкції випарного апарата для концентрування розчинів неорганічних речовин.

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

Заїкін О. І., студент, ХМ-91;

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

5. Застосування метанолу для боротьби з гідратами та його регенерація у газопереробці.

Доповідачі: Довгаль О. В., студент, ХМм-31

Карпенко А. С., студент, ХМм-31

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

6. Моделювання гідрозваженого шару в циліндроконічних апаратах.

Доповідач: Криводуб Д. Г., аспірант, А-35/МБ

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

7. Шляхи підвищення ефективності процесу сушіння у сушарках киплячого шару.

Доповідачі: Авдєєв В.П., студ., гр. ХМ-01/3кі-2

Кучеренко Р.Ю., студ., гр. ХМм-31

Керівник: Юхименко М.П., доц. каф. ХІ, СумДУ

8. Шляхи підвищення ефективності процесу сушіння у пневматичних трубах-сушарках.

Доповідачі: Гупал І.О., студ., гр. ХМ-01/1кі

Євдокимов К.С., студ., гр. ХМм-31

Керівник: Юхименко М.П., доц. каф. ХІ, СумДУ

9. Шляхи підвищення ефективності процесу сушіння у барабанних сушарках.

Доповідачі: Пархоменко В.А., студ., гр. ХМ-01/1кі

Пісклов О.В., студ., гр. ХМм-31

Керівник: Юхименко М.П., доц. каф. ХІ, СумДУ

10. Вибір методів осушення природного газу з урахуванням факторів, що впливають на цей процес.

Доповідач: Александров С.В., студент, гр. ХМм-31

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

11. Рекуперативні теплообмінники в установках каталітичного крекінгу.

Доповідач: Гусак В.О., студент, гр. ХМм-31

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

12. Особливості експлуатації установки для виробництва бензолу та толуолу.

Доповідач: Тіцький Р.В., студент, гр. ХМм-31

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

13. Виробництво біоетанолу другого покоління з сільськогосподарських відходів як стратегічний крок до енергетичної незалежності України в умовах війни.

Доповідач: Шматенко В.А., аспірант СумДУ, А-25/ХТ
Керівник: Ляпощенко О.О., д.т.н., професор, СумДУ

14. Інтенсифікація процесу каталітичної ізомеризації низькооктанових фракцій вуглеводнів у високооктанові ізокомпоненти бензинів.

Доповідач: Мандрика О.О., студент, гр. ХМ.м-31
Керівник: Ляпощенко О.О., д.т.н., професор, СумДУ

15. Дослідження технологічних параметрів процесу гранулювання мінеральних добрив в апараті з активною гідродинамікою потоків.

Доповідач: Мищенко Д. І., аспірант, гр. А-35/МБ
Керівник: Острога Р. О., доцент, каф. ХІ

16. Інтенсифікація теплообмінних процесів у виробництві етилового спирту.

Доповідач: Сергієнко А. Р., студент, гр. ХМ.м-31
Керівник: Острога Р. О., доцент, каф. ХІ

17. Дослідження процесів виділення дрібної фракції з полідисперсної суміші гранульованого суперфосфату.

Доповідач: Острога Д. В., аспірант, гр. А-25/ХТ
Керівник: Острога Р. О., доцент, каф. ХІ

18. Гідродинамічні умови сепарації трьохфазних систем у вихрових апаратах.

Доповідач: Єсипчук С.С. аспірант групи А-35/ХТ
Керівники: Скиданенко М.С. к.т.н., доцент
Ляпощенко О.О. д.т.н., професор; кафедра хімічної інженерії; м. Суми

19. Іоніти як каталізatori реакції між моноетаноламіном і оцтовою кислотою.

Доповідач: Ковалишин В.Р., аспірант кафедри технології органічних продуктів
Керівник: Мельник С.Р., професор кафедри технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

20. Сушіння залізного купоросу в секціонованому апараті киплячого шару.

Доповідач: Кірний В.Л., аспірант
Керівник: Юхименко М.П., доц. каф. ХІ, СумДУ

21. Механічна активація фосфоритних руд в ударних активаторах.
Доповідачі: Москальчук О.М., студент групи ХМ.м.-31
Болтушенко В. Ю.
Геута Д. О. студенти групи МБ-11/2кі
Керівник: Скиданенко М.С. к.т.н., доцент, кафедра хімічної інженерії; м.Суми
22. Закономірності обробки відпрацьованої відбільної глини рафінування соняшникової олії водно-спиртовими розчинами.
Доповідач: Роговий Ю.О., аспірант кафедри технології органічних продуктів
Керівник: Мельник С.Р., професор кафедри технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів
23. Модифікування природного клиноптилоліту як сорбента для очищення води сполуками заліза.
Доповідач: Матвій Т.І., аспірант кафедри хімії і технології неорганічних речовин НУ «Львівська політехніка», м. Львів
Керівник: Знак З.О., завідувач кафедри хімії і технології неорганічних речовин НУ «Львівська політехніка», м. Львів
24. Отримання сорбента для очищення води на основі клиноптилоліту, модифікованого міді оксидами.
Доповідач: Мацьків М.Я., аспірант кафедри хімії і технології неорганічних речовин НУ «Львівська політехніка», м. Львів
Керівник: Знак З.О., завідувач кафедри хімії і технології неорганічних речовин НУ «Львівська політехніка», м. Львів
25. Physico-mechanical properties of epoxy composites filled with metallized polyamide granules.
Доповідачі: Kucherenko A.M., Junior Research Fellow
Masyuk A.S., Senior Research Fellow
Pokhmurska A.V., engineer I category, Department of Chemical Technology of Plastics Processing, Lviv Polytechnic National University, Lviv

26. Технологічні особливості відцентрового формування плівок на основі полівінілпіролідонвмісних гідрогелевих матеріалів з комбінованою матрицею.

Доповідачі: Гриценко Т.О., аспірант
Пелинь С.М., студентка гр. ХТМ-21
Керівник: Левицький В.Є., професор, кафедра хімічної технології переробки пластмас, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

27. Сонохімічне модифікування клиноптилоліту наночастинками міді (і) оксиду.

Доповідачі: Мацьків М.Я., аспірант каф. хімії і технології неорганічних речовин
Цимбалюк В.В., аспірант каф. хімії і технології неорганічних речовин
Керівники: Сухачький Ю.В., доцент каф. хімії і технології неорганічних речовин
Мних Р.В., доцент каф. хімії і технології неорганічних речовин
Знак З.О., завідувач каф. хімії і технології неорганічних речовин, Національний університет «Львівська політехніка», Львів

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ НАУКИ»

Голова — в.о. зав. каф. ТПХ доцент Л. М. Пономарьова
Секретар — О. Д. Мавланова

1. Синтез композитних матеріалів на основі гідроксиапатиту з додаванням екстракту календули

Доповідач: Зінчук А.Д., студент групи І-22/1пх, факультет ТеСЕТ, СумДУ, Суми
Керівник: Яновська Г.О., к.х.н., доц. каф. ТПХ, ТеСЕТ, СумДУ, Суми

2. Формування полімерних мембран методом електроспінінгу

Доповідач: Радченко О.І., студентка СумДУ, гр. ПХ-01
Керівник: Яновська Г.О., к.х.н., доцент кафедри ТПХ, Суми

3. Дослідження впливу функціональних добавок на антикорозійні властивості лакофарбових покриттів

Доповідач: Ярова Т. Ю., студентка гр. ПХ.м-31, СумДУ
Керівники: Хмизенко Р. В., начальник відділу науково-дослідницького, компанія ТОВ «ВП «ПОЛІСАН», м. Суми
Яновська Г. О., кандидат хімічних наук, доцент СумДУ

4. Методи часткової заміни титан (IV) оксиду в лакофарбових матеріалах

Доповідач: Панченко Р. А., студент групи ПХ-01, СумДУ, м. Суми

5. Синтез наночастинок оксидів металів полііольним методом

Доповідач: Чудеса К. В., студентка групи І-22/пх, СумДУ, м. Суми
Керівник: Пшеничний Р. М., доцент кафедри ТПХ, СумДУ, м. Суми

6. Дослідження катіонної ємності ґрунтів у воронках від снарядів

Доповідач: Крупська А. М., студентка, гр. І-11/2пх
Керівник: Воробйова І. Г., канд. техн. наук, доцент каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми

7. Моніторинг забруднення повітря міста суми

Доповідач: Вінченко А. І., студент групи ПХ-01
Керівник: Пономарьова Л. М., доцент кафедри ТПХ, СумДУ, м. Суми

8. Оцінювання хімічного забруднення фторидами ґрунтів сумського регіону

Доповідач: Матвійчук В. О., студентка; СумДУ, гр. ПХ-01
Керівник: Воробйова І. Г. доцент каф. ТПХ. СумДУ

9. Буферна ємність природних вод

Доповідач: Кочура Є. К. студентка групи І-22/1пх
Керівник: Пономарьова Л. М., доцент каф. ТПХ. СумДУ, м. Суми

10. Проблема забруднення ґрунтів важкими металами

Доповідач: Гончаренко Л.І., студентка гр. І-22/1пх
Керівник: Воробйова І. Г. доц. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми

11. Фотоколориметричні методи визначення вмісту загального заліза у воді

Доповідач: Дудіна Г.В., зав. навч. лабораторіями каф. ТПХ,
СумДУ, м. Суми

12. Фотоколориметричні методи визначення вмісту загального заліза у воді

Доповідач: Дудіна Г.В., зав. навч. лабораторіями каф. ТПХ,
СумДУ, м. Суми

13. Високоєфективна рідинна хроматографія: можливості метода

Доповідач: Грицина А. В., Пономарьова Л.М., СНАУ, СумДУ,
м. Суми, Україна

14. Фотоколориметричний метод аналізу

Доповідач: Ольховик А.В., студентка, гр. І-11/2ПХ; СумДУ
Керівник: Пономарьова Л. М. к.х.н., доц. каф. ТПХ, Сумський
державний університет, м. Суми, Україна

15. Електрофізичні властивості твердих фторид-провідних фаз в системі
(BaF₂)_x–(SnF₂)_{1-x} (0 < x < 0,2)

Доповідачі: Гоменюк В.В., студент, група ПХ.м-31, СумДУ, м.
Суми
Лисенко О.В., аспірант, ІЗНХ ім. В. І. Вернадського
НАНУ, м. Київ
Керівник: Пшеничний Р.М., доцент кафедри ТПХ, СумДУ, м.
Суми

16. Kinetics of synthesis of potassium titanate from ilmenite concentrate of the
irshansk deposit

Speaker: Khodyuk O. V., first-year student
Supervisors: Pysarenko S. V., Assistant Professor of Chemistry
Kaminskyi O. M., D. in Chemistry, Associate Professor
Denysiuk R. O., D. in Chemistry, Associate Professor
Titov Y. A., D. in Chemistry, Leading Researcher,
Professor (b.v.s.)
Ivan Franko State University of Zhytomyr, Ukraine

17.Оксидування титанових сплавів методом плазмової електролітичної оксидації

Доповідач: Муквич В.Ю., студентка СумДУ, гр. ПХ-01

Керівник: Пшеничний Р.М, доцент кафедри ТПХ, СумДУ, м. Суми

18.Електрохімічні процеси в реалізації європейського «зеленого курсу»: принцип замкнутого ресурсообігу

Доповідач: Радченко А.Е., здобувач вищої освіти IV курсу, кафедра ТПХ СумДУ, ПХ-01

Керівники: Большаніна С.Б., к. тех. н., доцент кафедри ТПХ СумДУ
Дудіна Г. В., зав. навч. лабораторіями кафедри ТПХ, СумДУ, м. Суми

19.Кінетика адсорбції парацетамолу з водного розчину поверхнею калій титанату

Доповідач: Писаренко С.В., асистент кафедри хімії

Керівники: Денисюк Р.О., доцент
Камінський О.М., доцент
Євдоченко О.С., доцент кафедри
О.В. Анічкіна, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка, Житомир
Кожухова М.М., лаборант хімічного аналізу відділу контролю якості ТОВ фірма "Новофарм-Біосинтез", Звягель

20.Електромембранне виділення нікелю зі стічних вод гальванічних виробництв

Доповідач: Пятишкіна П. Д., студентка гр. І-22/1пх

Керівник: Большаніна С. Б., доцент кафедри ТПХ, СумДУ, м. Суми

21.Мембранний електроліз розчинів, забруднених іонами кадмію

Доповідач: Шокаленко О.В., студент 3 курсу, І-11

Керівник: Большаніна С. Б., доцент кафедри ТПХ, СумДУ, м. Суми

**СЕКЦІЯ «ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ І ГІДРОПНЕВМОАГРЕГАТИ.
ПРИКЛАДНА ГІДОАЕРОМЕХАНІКА»**

Голова — зав. каф. ПГМ професор, д.т.н. М. І. Сотник
Секретар — аспірант В. О. Андрусяк

1. Підвищення міцності колес, створених методом 3D друку

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

Керівник: Рагушний О. В., к.т.н., доц., ст. викладач каф. ПГМ,
СумДУ, м. Суми.

2. Дослідження пластикових зразків виготовлених методом 3D друку для застосування в насособудуванні

Доповідач: Волобуєв В. В., аспірант, гр. А-35/МБ

Керівник: Кулініч С. П., к.т.н., доц., ст. викладач каф. ПГМ,
СумДУ, м. Суми.

3. Методи визначення осьової та радіальної сили в конторрному ступені

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

Керівник: Рагушний О. В., к.т.н., доц., ст. викладач каф. ПГМ,
СумДУ, м. Суми.

4. Моделювання шуму лопаті квадрокоптера

Доповідач: Душеба О.В., аспірант

Керівник: Лук'янов Петро В., доцент, кафедра АРБ ННІАТ,
КПІ ім. І. Сікорського, м. Київ

5. Поширення ударної хвилі у бульбашковій рідині

Доповідач: Павлова К.С., аспірантка, кафедра гідро-газових систем, Національний авіаційний університет, м. Київ

6. Часткове прилипання-просковзання у області розвитку нестисливої течії рідини в примежовому шарі

Доповідач: Лук'янов П.В., доцент, Сун Л., аспірант, кафедра гідро-газових систем, Національний авіаційний університет, м. Київ

7. Аналіз течії в бокових пазухах робочого колеса багатоступеневого насосу з опозитним розташуванням робочих коліс

Доповідач: Маківський О. С., аспірант, гр. А-15/МБ

Керівник: Лугова С. О., к.т.н., асистент каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

8. Сутність проблеми підвищення швидкості обертання ротора відцентрового насосу і її впливу на робочий процес

Доповідач: Глянько В. С., аспірант, кафедра ПГМ; група А-35/МБ

9. До питання підбору насосного устаткування під технічні характеристики мережі

Доповідач: Андрусак В. О., аспірант, каф. прикладної гідроаеромеханіки

Керівник: СумДУ; Кондусь В. Ю., к.т.н. доцент, каф. прикладної гідроаеромеханіки СумДУ;
Івченко О. В., к.т.н. доцент, в.о. зав. каф. Проектування технічних систем СНАУ, м. Суми

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГЕТИЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»

Голова — зав. каф. ПГМ професор, д.т.н. М. І. Сотник

Секретар — аспірант В. О. Андрусак

1. Запровадження системи моніторингу і регулювання обсягами споживання теплової енергії у будівлях

Доповідач: Трофімова Є. С., студентка, гр.ЕМ-01/1, СумДУ, м. Суми

Керівник: Антоненко С. С., доцент каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми

2. Цегла – суперконденсатор

Доповідач: Грицай М. О., студентка, гр. ЕМ-01/1, СумДУ, м. Суми

3. Features of the implementation of a cogeneration energy plant to increase the energy efficiency and energy sustainability of the facility

Speaker: Yehor Yehorov, student, group IM-21, Sumy State University, Sumy

Supervisor: Mykola Sotnyk, professor, Sumy State University, Sumy

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОСМНИХ ВИРОБНИЦТВ»

Голова — зав. каф. ТТФ, канд. техн. наук, доцент С. М. Ванєєв
Секретар — О. І. Мірошниченко

1. Експериментальне дослідження рідинно-парового струминного апарату з соплами активного потоку профільованої форми

Доповідач: Гусєв Д. М., аспірант, Сумський державний університет, м. Суми

Керівник: Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри ТТФ

2. Вакуумна система охолодження для установки виробництва біодизеля

Доповідач: Гусєв Д. М., аспірант
Листопадний В. М., магістрант, гр. К.м-31

Керівник: Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри ТТФ, Сумський державний університет, м. Суми

3. Експериментальне дослідження течії двофазного потоку в камері змішування рідинно-парового струминного апарату

Доповідач: Євтушенко С. О., аспірант

Керівник: Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри ТТФ Сумський державний університет, м. Суми

4. Бівалентні теплонасосні установкина базі рідинно-парових ежекторів

Доповідачі: Кравченко А. А., магістрант, гр. К.м-31
Мощенко О. О., магістрант; гр. К.м-31

Керівники: Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри ТТФ; Олада Є. М., зав. навч. лабораторіями кафедри ТТФ, Сумський державний університет, м. Суми

5. Енергоєфективна система відведення продуктів згоряння на базі рідинно-парових струминних апаратів в котельних установках

Доповідачі: Кочура С. В., магістрант, гр. К.м-31
Гусєв Д. М., аспірант

Керівники: Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри ТТФ
Скиданенко М. С., канд. техн. наук, доц., доцент кафедри ХІ
Покотило В. М., провідний фахівець кафедри ХІ;
Сумський державний університет, м. Суми

6.Схемне рішення теплоелектрогенеруючого агрегату на базі рідинно-парового струминного апарату

Доповідачі: Вербицький А. Р., аспірант

Кожушко М. В., магістрант, гр. К.м-31

Керівник: Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри ТТФ, Сумський державний університет, м. Суми

7.Використання ежекторів у транскритичних холодильних системах на діоксиді вуглецю

Доповідач: Карпцов А.С., аспірант, група А-35/МБ, СумДУ, м. Суми

Керівник: Мерзляков Ю. С., доцент, кафедра технічної теплофізики

8.Шляхи впровадження енергозбереження в теплообмінних апаратах

Доповідач: Салімов Є. О., студент групи ХК-01/2

Керівники: Ванєєв С.М., к.т.н., доцент

Бага Т.С., асистент, кафедра технічної теплофізики, СумДУ, м. Суми

9.Розроблення струминно-реактивного приводу шарового крану магістрального газопроводу

Доповідач: Валюх О. О., студент групи К.м-31

Керівник: Ванєєв С.М., к.т.н, зав. кафедри технічної теплофізики, СумДУ, м. Суми

10.Розрахунки і дослідження вихрових компресорів

Доповідач: Герзанич М.М., студенти, гр. К.м-31

Керівники: Ванєєв С. М., к.т.н, зав. кафедри

Бондарев В. М.

Величко Р. Ю, кафедра технічної теплофізики, Сумський державний університет, м. Суми

11.Розроблення пристрою для абразивоструменевого оброблення внутрішніх поверхонь глибоких отворів

Доповідачі: Павлик І. В., д-р техн. наук, проф., кафедра комп'ютерної механіки ім. В. Марцинковського
Дерев'янчук А. Й., канд. техн. наук, проф., кафедра військової підготовки

Бага В. М., канд. техн. наук, доцент, кафедра технічної теплофізики, Сумський державний університет, м. Суми

12.Розроблення нової конструкції робочого сопла пневмоабразивної установки

Доповідачі: Гончаренко А. А.

Кобзарь Ю. О., студ., гр. К.м.-31

Керівники: Бага В. М., канд. техн. наук, доц., кафедра технічної теплофізики

Павленко І. В., проф., кафедра комп'ютерної механіки ім. В. Марцинковського, СумДУ, м. Суми

СЕКЦІЯ «ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА»

Голова — зав. каф. ТТФ к.т.н., доцент С. М. Ванеєв

Секретар — О. І. Мірошніченко

1.Simulation of thermal physical processes in components hybrid vehicles

Speaker: Tarazan E., student,

Supervisor: Lobunko O.P., candidate of technical sciences, associate professor, Department of Space Engineering, National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv

2.Методи визначення характеристик струминно-реактивної турбіни

Доповідач: Мірошніченко О. І., асп.

Керівники: Ванеєв С. М. к.т.н, зав. каф.

Бага Т. С., асистент

Мірошніченко Д. В., к.т.н., старший науковий співробітник; СумДУ; м. Суми

3.Аналіз впливу граничних умов при розрахунках струминно-реактивної розширювальної машини за допомогою програмного комплексу ANSYS CFX

Доповідач: Мелейчук О. С., аспірант

Керівник: Ванеєв С. М., к.т.н., доцент, зав. каф. технічної теплофізики, СумДУ, м. Суми

4.Види теплообмінних апаратів та методи оптимізації їх роботи

Доповідачі: Салімов Є. О.

Іванов Г. О. студенти групи ХК-01/2

Керівники: Бага Т.С., асистент

Бага В.М., к.т.н., доцент, кафедра технічної теплофізики, СумДУ, м. Суми

5. Дослідження впливу геометричних параметрів проточної частини на характеристики вихрового компресора

Доповідач: Сітало В. С., аспірант

Керівник: Ванєєв С. М., к.т.н., доцент, кафедра технічної теплофізики, СумДУ, м. Суми

6. Перспективи використання діоксиду вуглецю (CO₂) як холодильного агенту в Україні

Доповідач: Назаренко М.В., студент, група ХК-01/2, СумДУ, м. Суми

Керівник: Мерзляков Ю.С., доцент, кафедра технічної теплофізики;

7. Аналіз енергоефективності тепловикористовуючого термотрансформатора, що працює на R744 у режимі холодильної машини

Доповідач: Король О. С., аспірант

Керівники: Арсеньєв В. М., канд. техн. наук, професор, Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент, кафедра технічної теплофізики, Сумський державний університет, м. Суми

8. Перспективи використання термодіодів, як сучасних енергоефективних теплоізоляційних технологій

Доповідач: Баран С. В., студ. група ХКдн-04др

Керівник: Мелейчук С. С., доцент каф. технічної теплофізики, СумДУ, м. Суми

9. Моделювання робочого процесу витікання робочої суміші через робоче сопло пневмоабразивної установки

Доповідачі: Конотоп В.І, студент гр. К.м. - 31 кафедри ТТФ
Ніколаєв О.В., студент гр. К.м. - 31 кафедри ТТФ
Ферубко С.М., студент гр. К.м. - 31 кафедри ТТФ

Керівники: Бага В.М., к.т.н., доцент кафедри технічної теплофізики
Бага Т.С., асистент кафедри ТТФ; Сумський державний університет, м. Суми

10. Розрахунок економічного ефекту з урахуванням вартості життєвого циклу

Доповідач: Шулумей О. В., студент, гр. КМ-31

Керівник: Бондаренко Г. А., професор, кафедра технічної теплофізики, СумДУ, м. Суми

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ»

CONTROL OF THE ELECTRICAL RESISTIVITY OF RUBBER ROPES USING THE FOUR-PROBE METHOD

*Belmas I.V., doctor of Technical Sciences, professor, head of the
Department of Mechanical Engineering and Welding Technology, Dnipro State
Technical University, Kamianske*

*Sukhomlyn V.I., candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor, Dnipro State Technical University, Kamianske
Shvachka A.V., postgraduate, of the Department of Mechanical Engineering
and Welding Technology, Dnipro State Technical University, Kamianske*

In the field of operation of rubber ropes, an important problem arises of controlling the resistivity of materials. The resistivity is an important parameter determined by the physical and chemical state of the material and can serve as an indicator of its physical and mechanical properties. Ropes in electric cable cars, including rubber ropes, are subjected to various loads and aggressive environments during operation, which can affect their physical and mechanical characteristics and electrical properties.

Electrocontact methods include two-, four-probe and Van der Pauw methods. The Van der Pauw method allows measuring the electrical resistivity of samples of any shape, but requires individual placement of probes depending on the shape of the sample. The most versatile method is the four-probe method, which is usually performed using a four-probe measuring transducer and a microohmmeter. This method allows you to measure the resistivity of materials and takes into account the effect of their size on the measurement results.

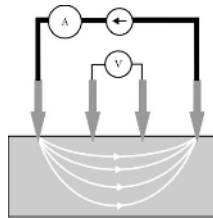


Figure 1 – Four-contact method for measuring resistivity measurement

The results show that the algorithm for applying current and potentials to two cables does not require a large amount of input data. The control system shows a better performance in the detection of breaks, which can be used as a diagnosis algorithm for the development of a multi-layer wire rope diagnosis system.

Four contacts are connected to the object of control of the measuring circuit (Fig. 1).

In order to adapt the four-contact method resistivity measurement method to the real field conditions, it is necessary to analyze the propagation of direct electric current in the target objects with different shapes and sizes.

ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛОПАТЕВИХ СПІРАЛЕЙ ЗМІШУВАЧІВ

*Коваль С.О., аспірант, Стібайло О.Ю., аспірант,
кафедра автомобілів, Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль*

Змішувачі оснащені гвинтовими лопатевиими робочими органами широко використовуються при змішуванні різних компонентів у будівництві, сільському господарстві, у харчовій та переробній промисловості тощо. Особливостями гвинтових лопатевиими робочих органів є розташування вздовж осі вала по гвинтовій лінії окремих лопатей. Найбільш технологічним способом їх виготовлення є навівання із використанням додаткових операцій, пов'язаних із виготовленням лопатей, яке може передбачати наступну послідовність технологічних операцій:

1. Навивання спіралі відповідного діаметра із заготовки прямокутного профілю.
2. Вирубання (вирізання) сегментних отворів (відповідної величини і профілю) на торцевій поверхні навитої щільним пакетом на ребро спіралі для формування на ній необхідних лопатевиими елементів.
3. Калібрування спіралі на заданий крок.

В табл. 1 представлено базові конструктивно-технологічні параметри процесу виготовлення лопатевиими спіралей навиванням.

Таблиця 1 – Основні конструктивно-технологічні параметри процесу виготовлення лопатевиими спіралей навиванням

№	Частота обертання, оправи, об/хв.	Повздовжня подача формувального ролика, мм/об.	Діаметр оправи, мм	Висота спіралі, мм	Товщина заготовки, мм	Крок спіралі, мм	Площа лопатей до площі спіралі (в %)
1	0,05...0,55	21...132	20...50	5...30	0,8...1,5	21...132	0,1...0,45
2	0,058...0,1	24,5...240	25...100	5...50	0,8...2,0	24,5...240	0,12...0,5
3	0,067...0,15	28...360	30...150	5...75	0,8...3,0	28...360	0,15...0,55
4	0,067...0,2	28...480	30...200	5...100	0,8...3,0	28...480	0,15...0,65
5	0,067...0,25	28...600	30...250	5...125	0,8...3,0	28...600	0,15...0,75

При розробці технології виготовлення гвинтових лопатевиими робочих органів проводиться аналіз основних показників технологічності та конструктивної складності їх отримання [1, 2]. Технологічні особливості конструктивних параметрів гвинтових лопатевиими спіралей змішувачів, які виготовлені оригінальними способами з різнотипних матеріалів, представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Технологічні особливості конструктивних параметрів гвинтових лопатевих спіралей виготовлених різними способами

№ п/п	Спосіб виготовлення	Коефіцієнт використання матеріалу, K	Питома висота витка, $b'=B/H$
1.	Штампування кілець з лопатевими елементами відповідного профілю з подальшим їх розгинанням на заданий крок та зварюванням (механічним кріпленням) у спіраль	0,2 - 0,5	1 - 50
2.	Прокатування заготовок різної форми у спіралі на прокатних станах з наступним кріпленням до них лопатевих елементів відповідного профілю виготовлених штампуванням чи вирізанням	0,4 - 0,8	≤ 3
3.	Навивання щільним пакетом спіралей по внутрішньому торцевому профілю з прямокутних заготовок з подальшим вирубування (вирізання) сегментних отворів (вилучень) і калібруванням на заданий крок	0,5 – 0,8	3 - 16
4.	Навивання щільним пакетом спіралей по внутрішньому торцевому профілю з прямокутних заготовок з калібруванням на заданий крок і подальшим вирізанням сегментних отворів (вилучень)	0,5 – 0,8	3 - 16
5.	Розрізання торцевої частини заготовки Г-подібного профілю з подальшим навиванням на оправу її внутрішньою суцільною циліндричною частиною та калібруванням спіралі Г-подібної форми на заданий крок	0,98 – 1,0	2 - 25
6.	Вирубування (вирізання) на торцевій частині заготовки Г-подібного профілю сегментних отворів (вилучень) з подальшим навиванням на оправу її внутрішньою суцільною циліндричною частиною та калібруванням спіралі Г-подібної форми на заданий крок	0,7 – 0,95	2 – 30

Список літератури

1. Гевко Ів. Технологічність конструкцій гвинтових секційних робочих органів / Вісник ТНТУ // Ів. Гевко, В. Клендій – Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Том 79. – № 3. – С. 148-155.
2. Технологічні основи формоутворення спеціальних профільних гвинтових деталей / Гевко Б.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Драган А.П., Новосад І.Я. – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. – 367 с.

THE THERMOFORMING AS A MODERN PRODUCTION METHOD

*Shiyan O. Master of the Department of Machinery Engineering Technology,
National University “Zaporizhzhia Polytechnic”, Zaporizhzhia;
Pukhalska H. PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of
Machinery Engineering Technology, National University
“Zaporizhzhia Polytechnic”, Zaporizhzhia*

Hot vacuum forming technology is the manufacture of products from sheet thermoplastic materials in a hot form by giving them the shape of a matrix under the influence of high temperature and vacuum or low air pressure. In the production process, the sheet of plastic is heated to the softening temperature and tightly fits the surface of the matrix due to the creation of reduced pressure between it and the matrix [1].



Figure 1 – Equipment for thermoforming

The standard method of vacuum forming consists of several stages, namely: fixing the workpiece on the matrix; heating the polymer sheet; preliminary stretching of the sheet; pumping out air from the matrix and pressing the workpiece; cooling of the material and removal of the product from the matrix; final processing of the product [2]. Polymer sheets are attached to the matrix using a clamping frame. Fixing elements must provide a pressing force sufficient to hold sheets up to 6 mm thick. In the technology of vacuum forming, infrared emitters and quartz lamps are usually used to heat the workpieces. The entire surface area of the workpiece is divided into several zones, each of which is heated by a separate element, and the heating temperature is controlled using special pyrometers. Before the end of the heating process, the polymer sheet must maintain its original position. Stretching is performed after the plastic reaches the working temperature of forming and serves to equalize the thickness of the workpiece. After preliminary heating and stretching of the fixed workpiece in the forming apparatus, the air is pumped out with a vacuum pump. When the pressure inside the device decreases, the polymer material, which has reached the state of plasticity, begins to fit the shape of the matrix. Depending on the requirements for the final product, the technology of vacuum forming can be combined with the technology of stamping using a punch. The combination of these methods can achieve maximum accuracy of the specified shapes of parts, as well as ensure the uniformity of the distribution of the polymer material on the surface of the matrix, completely eliminating the formation of folds and areas with different

thicknesses. To avoid damage to the part, its removal from the matrix is carried out after the material has completely cooled. If the equipment used for vacuum forming of plastic is equipped with air cooling systems, the cooling time of the products can be reduced by 20 – 30%. Extraction of the part from the matrix occurs under the influence of excess pressure created between the part and the matrix. For the production of important parts, vacuum dies are equipped with temperature control systems. The presence of such systems makes it possible to achieve uniform cooling of the product, which helps to increase its operational characteristics. The product removed from the matrix should be separated along the contour from excess polymer material. The formed part can serve as a semi-finished product for further assembly production. For this, the product can be cut, holes can be drilled in it for fastening elements and cuts can be made for inserts [3,4].

Advantages of production by the method of vacuum forming: the thickness of the plastic used varies from 0,05 to 6 mm, and the dimensions of the products can reach 5 m; the possibility of removing the part from the form manually; relatively low cost of the matrix; low cost of equipment for vacuum forming. Various materials can be used for vacuum forming: acrylic, polystyrene, ABS plastic, polyvinyl chloride, polyethylene terephthalate, polycarbonate, etc.



Figure 2 – The thermoforming using in advertising

Plastic casing and shell products for many industries are manufactured using the method of vacuum forming: for aviation, automobile and shipbuilding industries; in the production of packaging containers and containers of all kinds; for the needs of food production, chemical industry, medicine; in the production of household appliances, devices and equipment; for the needs of construction and architecture [3, 4].

References

1. ДСТУ 2242-93 Склопластики конструкційні. Типи, технологія, властивості. Терміни та визначення. 1994. 65 с.
2. L. Throne Understanding Thermoforming. Hanser Gardner Publications: Inc., Cincinnati, OH. 1999, 548 p.
3. Vacuum Forming Services - Custom Vacuum Forming Plastic | Emco Industrial Plastics. URL: www.emcoplastics.com. (Access from: 2024-03-11).
4. Vacuum Forming – 5 Finishing Methods. URL: www.toolcraft.co.uk. (Access from: 2024-03-11).

ЗМІЦНЕННЯ ЛАЗЕРНИМ УДАРОМ

*Безхлібний Д.О., аспірант каф. ТМБ; Пухальська Г.В., доцент каф. ТМБ,
НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя*

Лазерне зміцнення – це механічний процес, під час якого на поверхню впливають лазерні імпульси з високою інтенсивністю і генеруються ударні хвилі [1].

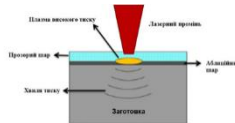


Рисунок 1 – Схема лазерного удару [1]

Поверхнєве зміцнення променем лазера характеризується низкою особливостей, що дають змогу забезпечити: зміцнення локальних обсягів матеріалу оброблюваних деталей у місцях їх зношування; локальне зміцнення поверхонь важкодоступних заглиблень або смуг, в які промінь лазера може бути введений за допомогою нескладних оптичних пристроїв; «плямисте» поверхнєве зміцнення значних площ деталей; задану мікрошорсткість зміцнених поверхонь [2]. Лазерне зміцнення використовує динамічні механічні ефекти ударної хвилі, створюваної лазером, для модифікації поверхні матеріалу. По суті, лазерну обробку можна виконати лише за допомогою двох компонентів: прозорої накладки та високоенергетичної імпульсної лазерної системи. Прозора накладка утримує плазму, що утворюється на поверхні деталі лазерним променем. Також часто буває корисно використовувати тонку накладку, непрозору для лазерного променя, між водною накладкою і цільовою поверхнею. Це непрозоре накладення може захистити поверхню від потенційно шкідливих теплових ефектів лазерного променя, забезпечити рівномірну поверхню для взаємодії лазерного променя з матеріалом; однак бувають ситуації, коли непрозоре накладення не використовується [3].

Послідовність обробки починається з нанесення непрозорого шару на заготовку або поверхню об'єкта. Зазвичай використовувані непрозорі матеріали для накладання являють собою чорну або алюмінієву стрічку, фарбу або фірмову рідину Rapid Coater. Стрічку або фарбу зазвичай наносять на всю оброблювану поверхню, а Rapid Coater наносять на кожну лазерну пляму безпосередньо перед запуском лазерного імпульсу. Після нанесення непрозорої накладки поверх неї накладають прозору накладку. Прозора накладка, яка використовується під час обробки, являє собою воду; вона дешева, її легко наносити, вона легко відповідає найскладнішій геометрії поверхні і її легко видалити. Кварцові або скляні накладки створюють

набагато вищий тиск, ніж вода, але вони обмежені плоскими поверхнями, їх необхідно замінювати після кожного пострілу, і з ними важко поводитися у виробничих умовах. Змінюючи щільність потужності лазера, тривалість імпульсу і кількість послідовних імпульсів на площі, можна досягти діапазону величин і глибини поверхневих стискаючих напружень. Величина поверхневих напружень порівняна з дробоструминним зміцненням, але глибина набагато більша і становить до 5 мм за умови використання декількох пострілів на місці. Глибина стискаючих напружень, що досягається при використанні найпоширеніших параметрів обробки, становить від 1 до 2 мм [4]. Цей глибокий рівень стискаючих напружень створює стійкий до пошкоджень шар і бар'єр для виникнення та росту тріщин, що, отже, збільшує втомний термін служби і забезпечує стійкість до корозійного розтріскування під напругою і стирання [2]. Лазерну обробку протягом багатьох років використовували виробники авіаційно-космічної техніки Європи і США для підвищення стійкості лопаток двигуна до пошкоджень від сторонніх предметів, втомної втоми і розтріскування. Лазерне зміцнення ефективно застосовується до лопаток газотурбінних двигунів GE, а також до лопаток ТРДД у двигунах серії Rolls Royce Trent. Для авіаційної техніки лазерне зміцнення відкриває численні можливості щодо поліпшення витривалості частин гелікоптера, таких як елементи приводних механізмів та дає можливість для створення легковагих приводних механізмів більш високої вантажопідйомності, ніж у теперішньому поколінні гелікоптерів [5].

Список літератури

1. Лазерне зміцнення. URL: [https://irobs/catalog/lazernaya-obrabotka/spetsprotsessy_1/#:~:text=Лазерное%20упрочнение%20\(лазерный%20опининг\)%20-,напряжений%20в%20широком%20спектре%20материалов.](https://irobs/catalog/lazernaya-obrabotka/spetsprotsessy_1/#:~:text=Лазерное%20упрочнение%20(лазерный%20опининг)%20-,напряжений%20в%20широком%20спектре%20материалов.) Посилання дійсне на 11.03.2024 р.
2. Технологія лазерного ударного зміцнення. URL: [https://akz34/technical_library/tekhnologii-obrabotki-poverkhnosti-materialov/lazernoe-udarnoe-uprochnenie.](https://akz34/technical_library/tekhnologii-obrabotki-poverkhnosti-materialov/lazernoe-udarnoe-uprochnenie) Посилання дійсне на 11.03.2024 р.
3. Berthe, L., Arrigoni, M., Boustie, M., Cuq-Lelandais, J., Broussillou, C.; та ін. «State-of-the-art laser adhesion test (LASAT)» (PDF). *Nondestructive Testing and Evaluation*. 2011. Vol. 26 (3–4): P. 303. doi:10.1080/10589759.2011.573550.
4. Bolis, C., Berthe, L., Boustie, M., Arrigoni, M., Barradas, S., та ін. «Physical approach to adhesion testing using laser-driven shock waves». *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2007. Vol. 40 (10). P. 3155–3163. doi:10.1088/0022-3727/40/10/019.
5. «Laser Peening». LSP Technologies. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=Zr4KmdSe43.](https://www.youtube.com/watch?v=Zr4KmdSe43) Посилання дійсне на 11.03.2024 р.

АНТИФРИКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ МІДІ

Шепеленко І.В., професор, кафедра ЕРМ, Рувінштейн Р.Л., здобувач, гр.АТ-23М, Андрусик Б.М., здобувач, гр.КБ-20, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Головним напрямком розвитку науково-технічного прогресу є створення, випуск та широке використання прогресивних матеріалів.

Нажаль зараз, провідна галузь нашої країни – металургійна, яка завжди була опорою української економіки, знаходиться в дуже складній ситуації. За даними [1] виробництво сталі та чавуну в Україні значно впало у порівнянні з довоєнним періодом (табл.1).

Таблиця 1 – Показники діяльності металургійних підприємств України

Виробництво, млн. т	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
- сталі	20,61	21,36	6,26	6,23
- чавуну	20,42	21,16	6,39	6,0

Разом з тим, Україна продовжує залишатися важливим учасником на міжнародному ринку металургії (23 місце серед 71 країни-виробників сталі та 16 позиція серед 40 країн-виробників чавуну).

Традиційно, зі своїх сировинних ресурсів наша держава має *Fe, Mn, Al, Ti, Cr, Zr, Hf*. Але значний дефіцит міді створює складності в Україні при виробництві таких антифрикційних матеріалів як бронза та латунь [2].

Частковим вирішенням даної проблеми є використання сировини власного виробництва – сталей та чавунів, виробництво яких давно налагоджено в нашій країні, з антифрикційними та зносостійкими покриттями.

Особливої уваги при цьому заслуговує технологія фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО), переваги якої переконливо доведено в ряді робіт [3, 4 та ін.].

Отже, ФАБО сталевих та чавунних виробів дозволить, крім підвищення експлуатаційних властивостей робочих поверхонь, вирішити проблему створення антифрикційних матеріалів на основі міді.

Список літератури

1. <https://gmk.center/ua/news/ukrainski-metalurgi-za-pidsumkami-2023-roku-virobili-5-37-mln-t-prokatu/>
2. Солових Є.К. Тенденції розвитку технологій поверхневого зміцнення у машинобудуванні: Монографія. – Кіровоград: КОД. 2012. – 92 с.
3. Шепеленко, І. В.; Немировський, Я. Б.; Посвятенко, Е. К. Підвищення якості антифрикційних покриттів з використанням пластичного деформування. *Mech. Adv. Technol.* 2022, 6, 24-30.
4. Шепеленко, І. В.; Немировський, Я. Б.; Посвятенко, Е. К. Технологія зміцнення робочої поверхні гільз циліндрів із забезпеченням їх антифрикційних властивостей. *ТТД* 2022, 29-36.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ДІЛЯНКИ ПО ВИРОБНИЦТВУ ДЕТАЛЕЙ З ПОЛІСТЕРОЛУ

Яковенко І.Е., професор кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів, НТУ «ХПІ», Ільїн Д.О., інженер LLC “UBS-PROMO”, Гаврис В.В., магістр, гр. МІТ-М223г, НТУ «ХПІ»

Тенденції сучасного машинобудування в Україні спрямовані на відмову від технологій індивідуального неавтоматизованого виробництва та вдосконалення виробничих процесів за рахунок комп'ютерного моделювання з використанням CAD/CAM систем процесу конструювання виробів та проектування технологічних процесів, використання концепцій «Індустрія 4.0» та, зрештою, автоматизацію всіх виробничих процесів.

Авторами був проведений аналіз виробництва невеликими серіями деталей з полістиролу товщиною до 4мм при різних габаритних розмірах (до 2070x750мм) з механічною обробкою по контуру та обробкою отворів (до 322 од.) і вікон різної конфігурації.

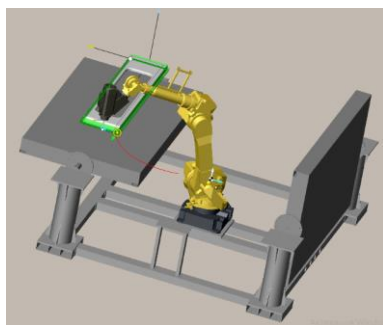
Існуючий технологічний процес обробки був орієнтований на використання ручного інструменту (електродриль). Як ріжучий інструмент використовувалися кінцеві та дискові фрези для обробки контуру та свердла для обробки отворів. Для забезпечення точності положення отворів свердління здійснюється за допомогою кондукторів, які кріпляться безпосередньо на заготовці. Допоміжний час виконання технологічної операції на закріплення та розмітку заготовки, зміну інструменту досягав 65-80% від загального часу обробки.

Перед авторами було поставлено завдання автоматизувати технологічний процес виготовлення виробів та підвищити ефективність ділянки механічної обробки. Авторами було розглянуто кілька варіантів автоматизації технологічного процесу.

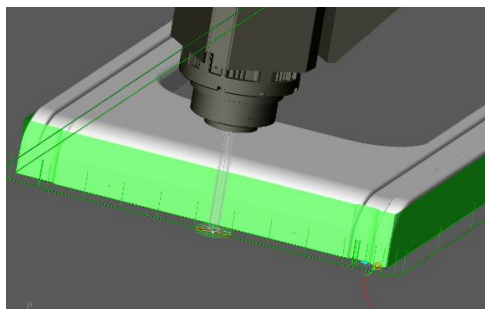
Варіант з концентрацією операцій та виконання свердління отворів за рахунок багатоінструментальної обробки повністю не забезпечував одночасну обробку всіх отворів через незначну міжцентрову відстань і вимагав значних капітальних витрат з проектування та виробництва інструментальних насадок, що не окупається при невеликих партіях випуску.

Варіант із використанням верстата з ЧПУ для одноінструментної обробки (навіть із технічними характеристиками для меблевого виробництва, що значно дешевше, ніж обладнання для металообробки) також потребує значних капітальних витрат через значні габарити можливих об'єктів обробки.

Тому авторами було проаналізовано можливість використання робота-маніпулятора для виконання розглянутих вище технологічних операцій. Техніко-економічний аналіз характеристик різних роботів-маніпуляторів [1,2] показав, що найбільш ефективним варіантом для обробки типових виробів є застосування робота-маніпулятора M710iC-70 корпорації Fanuc [2] (рис.1).



а)



б)

Рисунок 1 – Схема робочого місця з використанням робота M710iC-70 (а) та формування траєкторії обробки контуру деталі «Накладка» (б)

Для обраного типу обладнання було проведено повну технологічну підготовку виробництва:

- створено 3D моделі найбільш трудомістких об'єктів обробки з використанням системи SolidWorks;

- на підставі цих моделей спроектовано настановно-затискні пристрої у вигляді повного підтримуючого каркаса з вакуумним притисканням для забезпечення жорсткості;

- створені 3D моделі об'єктів обробки дозволили розробити комплект управляючих програм для обробки цих пристроїв на верстатах з ЧПУ;

- підібрано різальний інструмент та визначено режими обробки (як інструмент вибрано кінцеву фрезу CoroMill ® 316 GC1030/H10F [3], ріжучий профіль якої дозволяє і обробляти отвори, і формувати контур);

- у системі Fanuc «Roboguide» розроблено комплекс програм для обробки ьтпових виробів з використанням робота-маніпулятора M710iC-70.

Автоматизація ділянки дозволила скоротити час допоміжних робіт на 30-50% при виконанні операції і скоротити кількість робітників і розрядність виконуваних робіт.

Запропонований варіант автоматизації ділянки дозволяє не лише скоротити час обробки розглянутих виробів, але й забезпечує можливість обробки інших виробів з аналогічних пластичних матеріалів.

Список літератури

1. Fanuc Robot M-710iC // каталог фірми Fanuc America Corporation. – 2017. -216с.

2. Kuka KR IONTEC [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kuka.com/de-de/produkte-leistungen/robotersysteme/industrieroboter/kr-iontec/> – KR IONTEC.

3. Обертві інструменти. ФРЕЗУВАННЯ / каталог фірми Sandvik Coromant - 2021. 359 с .

DESIGN AND TECHNOLOGICAL ANALYSIS OF PARTS OF HINGE JOINT FORK TYPE

Mykhailo Amelin, graduate student, A-35/MT, Vitalii Ivanov, DSc., Professor, Head of the Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools, Sumy State University, Ukraine, Olaf Ciszak, DSc., Professor, Dean of the Faculty of Mechanical Engineering, Poznan University of Technology, Poland

Fork-type parts are widely used in manufacturing engineering, particularly in the automotive industry. According to their functional purpose, the parts are classified into switching forks (switching gears, clutches, and similar kinematic links of machines) and hinged forks (transmitting rotation from the shank to the rear hinge fork and drive axle gears).

The paper deals with forks of hinge joints of moving machine parts, which are parts with a complex spatial shape. The design and technological analysis of the parts made it possible to identify five main features. The work examines the design of parts used in the automotive industry. Parts of this type have a shank designed to transmit torque from the part with which it is connected, and they can be smooth, slotted, combined, or have a flat surface. To transmit the torque, shafts have a hole that can be smooth, slotted, square, or with a keyway. Some designs of fork-type parts have a mounting hole (smooth or threaded) on the shank to secure the part that is installed in the shank hole. The main characteristic of the parts is the presence of lugs that are parallel to each other. The surfaces of the lugs have through-holes, which, depending on the functional purpose, can be coaxial or non-coaxial. Other parts, such as cross-pieces or bearings for torque transmission, are installed in the fork holes. The surfaces of the lugs can be machined to ensure that the surfaces are parallel to each other and perpendicular to the axis of the primary holes, as well as to improve the fit of the contacting parts. In some fork-part designs, a plane that is perpendicular to the shank axis can be machined. It contributes to the reliability of the structure in the loads during the performance of the service purpose and the needs for product assembly.

There are requirements for the design and manufacture of fork-type parts. In particular, the accuracy of the dimensions of the primary holes is H7–H9, the deviation of the distances between the parallel end surfaces of the forks is H10–H12, the distance between the axes of the holes has deviations from 0.1 to 0.025 mm. In most cases, there are no special requirements for the accuracy of the surface shape. The parallelism tolerance of the primary hole axes is 0.05–0.3 mm per 100 mm of length, the perpendicularity tolerance of the hole axes to the planes is within 0.1–0.3 mm per 100 mm of radius. The parallelism tolerance of the end surfaces is 0.05–0.25 mm per 100 mm of length. The surface roughness of the holes of the forks is $Ra=2.5\text{...}0.5\ \mu\text{m}$.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧОГО ОБЛАДНАННЯ

*Повстяной О.Ю., д.т.н., професор кафедри прикладної механіки та мехатроніки Луцького національного технічного університету
Залета А.О., аспірант кафедри прикладної механіки та мехатроніки Луцького національного технічного університету*

Важливою складовою розвитку економіки в ринкових умовах є підвищення ефективності виробництва. Прогресивним напрямом створення нових виробничих систем в машинобудуванні є використання агрегатно-модульного принципу.

Збільшення номенклатури виробів, які підлягають виготовленню, зумовлює велике різноманіття несумісних між собою конструктивних схем технологічних машин, що утруднює їх впровадження через високі витрати, викликані низьким рівнем уніфікації та серійності. Разом з тим, швидка зміна програми виробництва вимагає універсальності обладнання [1].

Подолання цієї суперечності можливе завдяки використанню машинних систем, які забезпечені можливістю швидкого перенастроювання під потреби технологічного процесу. Гнучкість в такому разі виражається можливістю оперативної реконфігурації такого устаткування [2]. Саме модульний принцип побудови обладнання дозволяє створювати машини, що поєднують у собі переваги спеціалізації та універсалізації.

Спеціалізація при цьому досягається за рахунок створення необхідного набору первинних функціональних модулів, кожен з яких призначений для елементарного впливу на виріб. Універсалізація полягає в системному ефекті, який досягається шляхом синтезу первинних модулів, з'єднаних відповідно до потреб конкретного технологічного процесу [3].

Ефективність подібного підходу визначається, зокрема, наявністю розвиненої системи зв'язків між первинними функціональними модулями, що забезпечують їх з'єднання в єдине компонування, здатне виконувати необхідну композицію елементарних операцій. Така модульна система дозволяє досягти компромісу між універсальністю та спеціалізацією, які в однаково високій мірі вимагаються від сучасного обладнання.

Список літератури

1. Фролов Є. А., Кравченко С. І., Попов С. В., Гнітько С. М. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування : монографія. Полтава : ПНТУ, 2019. 204 с
2. Пуховський Є. С. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування : навч. посіб. Ч. 1. Київ : НТУУ «КПІ», 2017. 286 с.
3. Дудюк Д. Л., Мазепа С. С., Мисик М. М. Гнучке автоматизоване виробництво і роботизовані комплекси : навч. посіб. Львів : «Магнолія 2006», 2008. 278 с.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МОДУЛЬНИХ ПОРТАТИВНИХ ВЕРСТАТІВ В УКРАЇНІ

*Яковенко І.С., професор, НТУ «ХПІ», МІТ, Харків ,
Пермяков О.А., професор, НТУ «ХПІ», МІТ, Харків,
Біліченко М.В , магістр, НТУ "ХПІ", МІТ, гр. МІТ-М223г, Харків*

У найближчі кілька років в Україні машинобудівна галузь повинна буде вирішувати кілька проблем, серед яких ми хотіли б виділити дві: розвиток оборонної промисловості, як у галузі виробництва нової техніки, так і ремонту пошкодженої, і відновлення зруйнованого в результаті військової агресії обладнання енергетичного комплексу. Це пов'язано насамперед із необхідністю модернізації та ремонтом великогабаритних вузлів, агрегатів та систем, демонтаж яких утруднений, потребує значних витрат або неможливий у принципі. І, якщо раніше такі роботи в основному виконувались вручну з використанням універсального інструменту, то зараз все частіше використовуються спеціальні портативні верстати, які дозволяють значно підвищити якість виконуваних робіт і, що важливіше за нинішніх умов, значно скоротити терміни виконання модернізації та ремонту.

Порівняно зі верстатами звичайного компоновання портативні верстати мають ряд відмінних рис, які формують основні принципи проектування, виготовлення та експлуатації даного класу обладнання. До основних таких особливостей можна віднести:

- монтаж верстата безпосередньо на виробі, що передбачає транспортування його до місця експлуатації у розібраному вигляді;
- виконання однієї конкретної технологічної операції з використанням портативного верстата конкретної компоновки та набору необхідних вузлів;
- відносно короткий життєвий цикл безпосередньо портативного верстата, оскільки після виконання операції він повинен бути демонтований і його подальша експлуатація в такому компонованні найімовірніше затребувана не буде.

На підставі розглянутих вище особливостей портативних верстатів та аналізу найбільш поширених конструкцій даного типу обладнання, можна зробити висновок про перспективність розробки модульної структури компоновання таких верстатів, що дозволяє вирішити низку проблем, пов'язаних із життєвим циклом обладнання.

Модульна конструкція верстата дозволяє:

- скоротити терміни проектування та, відповідно, виробництва верстата за рахунок використання модульних уніфікованих вузлів та елементів;
- підібрати модулі з оптимальними структурно-параметричними характеристиками для виконання конкретної технологічної операції;
- забезпечити транспортування та зручність монтажу портативного верстата з окремих модулів безпосередньо на виробі з мінімальною кількістю додаткових та підгоночних робіт при монтажі;

- продовжити життєвий цикл окремих модулів за рахунок використання в інших компоувальних рішеннях портативних верстатів для виконання аналогічних або інших операцій;

- організувати виконання робіт у замовника за рахунок спеціалізованих ремонтних бригад (або окремих працівників), що дозволить скоротити терміни монтажу та виконання робіт за рахунок спеціалізації працівників.

З іншого боку, розвиток ІТ технологій у сучасному світі має на увазі широке використання автоматизованого проектування технологічного обладнання на базі модульних компоувальних рішень, що ще більше скорочує терміни проектування і, відповідно, виробництва такого обладнання. Для реалізації такого підходу необхідно створити типові варіанти структур портативних верстатів, базу використаних модулів і реалізувати модель структурно-параметричного синтезу можливих варіантів компоувальних рішень.

Завдяки аналізу найпоширеніших типів компоунок портативних верстатів в Україні та у світових лідерів по виробництву цього обладнання автори пропонують класифікацію компоувальних схем даного класу верстатів та їх основних функціональних елементів. Пропоновані схеми реалізують основні технологічні операції, які характерні для такого обладнання на базі модулів різного призначення (енергетичні, базові, формоутворюючі та ін.). Така класифікація стала основою створення математичної моделі послідовного направленого синтезу структурних компоувальних рішень мобільних портативних верстатів з урахуванням принципів агрегування та з наступним вибором різних модулів, які необхідні для реалізації цих компоунок з точки зору оптимального забезпечення виконання конкретної технологічної операції.

Список літератури

1. Яковенко І.Є. Проектування портативних станків для модернізації та ремонту габаритних деталей. /І.Є.Яковенко, М.Г.Іщенко, Б.А.Балаян, В.Є.Логвін, О.О.Мілеєва // XIX ММНТК «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво», 25-26 листопада 2020р., м. Суми. – Суми: СумДУ, 2020. – с.144-145.

2. І.Є. Яковенко, О.А Мілеєва, М.Г. Іщенко Агрегатно-модульний принцип під час проектування компоунок портативних верстатів. //XIV Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців» (01-04 грудня 2020 року): матеріали конференції / за ред. Проф. Є.І. Сокола. - Харків: НТУ "ХПІ", 2020. - с.491.

3. І. Яковенко, Д. Шепелів, В. Шарлай, О. Пермяков, С. Сліпченко, Ю. Гаврилюк. Analysis and Synthesis of Mobile Portable Machine Tools Layouts . //International Conference on Reliable Systems Engineering (ICoRSE) - 2022 pp 160-171. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15944-2_16.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ФУНКЦІОНАЛЬНУ ТОЧНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

*Куликівський В. Л., доцент, кафедра агроінженерії та технічного сервісу,
Поліський національний університет, м. Житомир*

Розвиток сучасної техніки ставить все зростаючі вимоги до зубчастих передач. Постійне збільшення частоти обертання, що передаються, навантажень, необхідність зниження габаритних розмірів вимагає розробки нових або вдосконалення існуючих зубчастих зачеплень. Важливими етапами життєвого циклу зубчастої передачі є теоретичне та технологічне формування зубчастих коліс [1, 2]. Оптимальне формування зубчастих коліс дозволяє підвищити якість, знизити собівартість обробки, покращити експлуатаційні, економічні та екологічні показники різних машин, механізмів, а також їх ремонтпридатність, конкурентоспроможність, що є актуальним завданням.

Методи підвищення якості зубчастих передач є єдиним комплексним процесом і поширюється на весь виробничий цикл від проектування до виготовлення передавальних механізмів. Використання несиметричного профілю зуба у нереверсивних передачах дозволяє, за досить великого коефіцієнта перекриття, істотно підвищити кут зачеплення. Перехід на більший кут зачеплення супроводжується зменшенням швидкості ковзання, що сприятливо позначається на збільшенні контактно-гідродинамічного шару мастила та стійкості поверхні зубів проти заїдання. Товста контактно-гідродинамічна плівка – природний демпфер коливань зубів передачі.

Одним з важливих напрямів підвищення витривалості зубів під час згинання та покращення працездатності за іншими критеріями є зниження динамічних навантажень за рахунок використання профільної модифікації (рис. 1). Введення модифікації зубів коліс для компенсації зміни основного кроку, обумовленого деформацією виступів під навантаженням, дозволяє знизити величину динамічного навантаження в зачепленні на 25...35 %. Результат профільної модифікації зуба еквівалентний підвищенню точності зубчастого колеса на один ступінь.

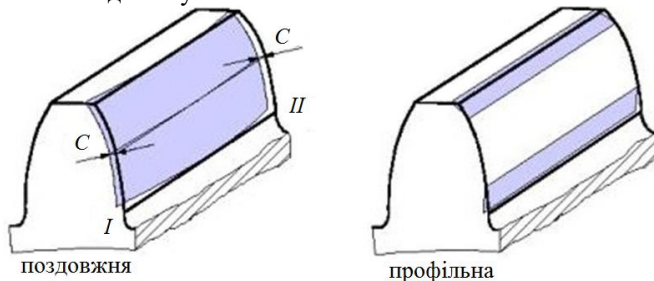


Рисунок 1 – Типи модифікації зуба колеса

Комбіноване зміщення профілю зуба (у тангенціальному та радіальному напрямку), при тій же точності виготовлення, підвищує міцність під час згинання та зносостійкість його активних поверхонь в 2...2,5 рази. Профільна модифікація дозволяє локалізувати лінії контакту спряжених поверхонь, як наслідок, підвищити точність розрахунків.

До важливих заходів підвищення витривалості зубів, при згині, відноситься вибір раціональної форми перехідної кривої, а також виготовлення коліс із заглибленням основи виступів. Довговічність зубчастих коліс із заглибленням та необробленою западиною в 2,5...3 рази вища, ніж у вінців зі шліфованою перехідною кривою. Гострі краї торця зуба є концентраторами напружень. Зняття рівномірної радіусної фаски по торцю зуба виключає граничний контакт і зменшує ймовірність виникнення втомних тріщин від країв зуба та викришування металу. У процесі обробки зубчастих коліс виникають помилки в їх елементах, пов'язані із:

- деформацією під час різання;
- зношування різального інструменту;
- неточності верстатів та їх налагодження;
- відхилення при встановленні заготовки та оброблюваного інструменту.

Для забезпечення високої точності зубчастого колеса необхідно підвищувати:

- точність виготовлення базових поверхонь;
- якість виконання чорнових операцій нарізання зубів;
- ефективність хіміко-термічних операцій з метою зменшення короблення;
- модифікацію профілю зуба, за глибиною, довжиною та формою відхилення.

Проведені дослідження показують, що попередні операції істотно впливають на більшість параметрів якості зубчастих коліс. Вплив технологічної спадковості, за різними параметрами, коливається в широкому діапазоні і становить 15...85 %. Необхідно мати на увазі, що ряд поверхонь у процесі чорнової обробки формується остаточно. До таких ділянок відносяться, насамперед, поверхні западини зуба та зона заглиблення, яка зі свого боку визначає нижню межу активної лінії профілю виступу.

Список літератури

1. Ковальов В. Д., Васильченко Я. В., Антонюк В. С., Волошин О. І., Рябченко С. В. Технологічні напрямки щодо забезпечення якісного виготовлення великогабаритних редукторів. *Вісник НТУ «ХП»*. Сер. *Технології в машинобудуванні*. 2017. № 26. С. 19–30.
2. Sharovalov V., Klochko A., Gasanov M., Antsyferova O., Belovol A. Optimizing the technology of reconditioning large high precision gear rims. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2018. № 1 (3). С. 59–70.

THE NEED FOR THE DEVELOPMENT AND USE OF CONTROL UNIT SOFTWARE IN INDUSTRY

A. Kidanov, application programmer, Mobilsoft LLC, Kharkiv

The work of a modern programmer who deals with the problems of specialized computer systems is based on two main components: knowledge of technical means and the ability to develop application software for programmable logic controllers (PLC) [1].

It is difficult to imagine a field of human activity where controllers are not used, even our daily life, not to mention industry, is completely dependent on these inconspicuous devices. They are everywhere: in telephones, washing machines, clocks, power devices, heating, ventilation and air conditioning systems, provide cooking, recreation and entertainment for people. The controller is the main component of any computer system.

PLC (programmable logic controller) is an electronic microprocessor device used to automate technological processes. It is specially designed for use in industrial environments. The PLC constantly monitors the state of the input devices and makes decisions based on the user program to control the state of the output devices [1, 2].

Malfunction of the control module is a very unpleasant breakdown. Failure often occurs due to interruptions in the power grid, voltage surges during the operation of the machine disables the electronic module. Washing stops, sometimes for a long time. All the indicators can flash at the same time, but the machine does not turn on. Some models of washing machines continue endless washing. Usually the board can be repaired. Sometimes the board needs individual flashing for each model. At the same time, the module is dismantled, which is removed for diagnostics. Control boards are diagnosed and repaired at company stands. This makes it possible to correctly identify the breakdown and conduct full testing in all modes. Therefore, the use and development of software to control all kinds of interruptions in work can prevent the failure of the washing machine.

That is why the PLC must meet certain requirements [3]:

- Work in "hard" real time;
- Long autonomous operation without maintenance;
- Resistance to environmental factors;
- Ability to quickly replace components;
- Easy-to-understand programming languages;
- Possibility of reprogramming "in the field";
- Ability to exchange data with third-party devices.

The PLC provides processing of input information from the control object (input process variables) and formation of control actions (output process variables) in accordance with the user program created by the developer of the control system.

Based on this, with the constant improvement of industrial technologies, industrial washing equipment is also constantly modernized. On a traditional basis,

it has moved to a fully automated stage. However, the application of industrial Android tablets with developable controller software on industrial washing machines aims to improve industrial efficiency.

Implementation plan. The Industrial Android Tablet PC for Industrial Washing Machine has the features of high starting torque, stable operation and perfect fault protection measures. Special software, factory default application parameters on site and unique wide voltage design of 220VAC-460VAV, starting torque can reach 150% at 0.5Hz, automatic torque increase function can realize low frequency and large output torque in control mode V/F. 16-segment speed can meet multi-speed control mode for different occasions, wide speed range, no stop during acceleration and deceleration and stable speed throughout the process. It has a special function of automatically increasing the V/F curve, which can be adjusted according to the washing conditions, so that the washing machine starts smoothly.

- The industrial washing machine uses an industrial Android tablet computer to adjust the speed according to different technological requirements, and can easily select multi-speed mode according to different materials;

- Simultaneous use of variable frequency, change of frequency and voltage of asynchronous motor, implementation of control of washing and dehydration speed, which significantly improves operational characteristics;

- Implement a soft engine start and reduce the impact on the grid. The inverter has rich protection functions such as overload, overload and overvoltage. When the load or motor is abnormal, the inverter will stop due to fault and block the output quickly, which can protect the motor in time.

Considering the effect of using new modern software, the use of Android industrial tablet computers can not only meet the needs of customers in the operation of industrial washing machines in high dehydration and low energy consumption, but also achieve the control of frequency conversion, automatic time, automatic braking and speed, which can be selected and set as needed. Without mechanical brakes, it effectively reduces the wear of the mechanical parts of the engine and significantly reduces the rate of mechanical maintenance.

References

1. Wulandari N., Abdullah A. G. Design and simulation of washing machine using Fuzzy Logic Controller (FLC). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 384. P. 012044

2. Ahmed T., Ahmad A., Toki A. Fuzzy logic controller for washing machine with five input & three output. International journal of latest trends in engineering and technology (IJLTET). 2016. P. 136–143.

3. How does a smart washing machine work? URL: <https://elexexplorer.com/2021/05/24/how-does-a-smart-washing-machine-work/#:~:text=Dirt%20sensor:,is%20having%20an%20optical%20detecto>
r

ПОРІВНЯННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЖОРСТКОСТІ ДОПОМІЖНИХ ПІДВІДНИХ ОПОР

*Басов Б. С., аспірант; Кушніров П. В., доцент, каф. ТМВІ СумДУ, м. Суми;
Чаус О. С., студент гр. ГМ-01б, ВСП КФК СумДУ, м. Конотоп*

Для зниження деформацій та вібрацій заготовок внаслідок дії сил різання, у верстатних пристроях застосовують допоміжні опори. Підвідні опори використовують для збільшення жорсткості ділянок заготовки, де можлива поява деформацій внаслідок дії збурюючих сил. Такі опори є більш рекомендованими, ніж самовстановлювані, оскільки вони мають більшу власну жорсткість. Жорсткість підвідної опори з вертикальним опорним штирем і з поліпшеними ергономічними властивостями визначена експериментальним шляхом за допомогою пружинного динамометра, а також шляхом моделювання. Також шляхом моделювання було визначено коефіцієнти жорсткості інших видів опор.

Було здійснено порівняння коефіцієнтів жорсткості деяких варіантів опор:

- підвідної опори з вертикальним опорним штирем (№1),
- поворотної підвідної опори зі сферичною основою (№2),
- поворотної підвідної опори зі сферичною основою (№2) разом із заготовкою.

Результати порівняння наведені на рисунку 1. Найбільший коефіцієнт жорсткості ($k = 1444$ Н/мм) має опора з вертикальним опорним штирем (№1). Це може бути пояснено більш простою конструкцією цієї опори, що містить меншу кількість деталей і поверхонь, що контактують.



Рисунок 1 – Порівняння коефіцієнтів жорсткості різних варіантів опор

Наразі інженери та працівники промисловості тепер мають інформацію про параметри жорсткості розглянутих підвідних опор та про існуючі методики визначення коефіцієнтів жорсткості цих опор.

МОЖЛИВІ СПОСОБИ СТОПОРІННЯ КРІПІЛЬНИХ ГВИНТІВ У ТОРЦЕВИХ ФРЕЗАХ

*Орлов Р. О., аспірант; Омеляненко А. Є., студент гр. ТМ-01/1;
Кушніров П. В., доцент, каф. ТМВІ СумДУ; м. Суми*

Торцеві фрези, що призначені для чистового оброблення площин, можуть містити ріжучі вставки циліндричної форми. При чистовому фрезеруванні надтвердими матеріалами застосовуються високі режими різання (швидкості різання понад 1000 м/хв.), а також можливі періодичні ударні навантаження на різальні вставки. При цьому залежно від конструкції фрези може виникнути небезпека самовідгвинчування кріпильних гвинтів з можливим випаданням ріжучих вставок. Тому бажано передбачати механізми перешкод такому випаданню, тобто стопоріння. Наприклад, в техніці використовують такі способи стопоріння, як: контргайка або стопорний (встановлювальний) гвинт; пружинна шайба; стопорна шайба з лапкою; шплінт розвідний; кернування нарізного торця; бічне кернування нарізних деталей; м'який в'язкий дріт; засвердлювання з установленням пружинного кільця; приварювання нарізного з'єднання; стопорна багатопласта шайба; розрізна деталь, що стягується гвинтом.

Для торцевої фрези (рисунок 1) запропоновано стопоріння кріпильного гвинта додатковим гвинтом, який вкручується в той же самий нарізний отвір, що і гвинт кріплення.

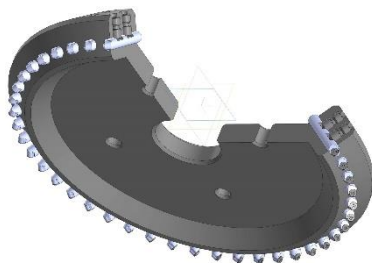


Рисунок 1 –Торцева фреза зі стопорними додатковими гвинтами

Такий спосіб стопоріння дозволяє зробити конструкцію інструменту більш технологічною, оскільки не потрібна наявність додаткових нарізних отворів і гвинтів інших розмірів (крім тих, що вже використовуються при кріпленні). Необхідно тільки збільшення довжини нарізного отвору в корпусі фрези для розміщення в ньому і кріпильного гвинта, і стопорного. Таким чином відбувається уніфікація нарізних елементів, що застосовуються у вузлі установлення ріжучої вставки.

ПОРІВНЯННЯ КОМПОНУВАНЬ ТОРЦЕВИХ ФРЕЗ З ЦИЛІНДРИЧНИМИ РІЗАЛЬНИМИ ВСТАВКАМИ

*Остапенко Б. А., аспірант; Басов А. С., студент гр. ТМ-01/1;
Кушніров П. В., доцент, каф. ТМВІ СумДУ; м. Суми*

Циліндрична різальна вставка в корпусі торцевої фрези може бути встановлена різними способами. Проведемо аналіз переваг та недоліків двох таких варіантів установлення.

Корпус торцевої фрези може містити точні циліндричні отвори 1, в яких встановлюються різальні циліндричні вставки 2 (рисунок 1). На бічних поверхнях зазначених різальних вставок виконано плоскі лиски, за якими різальні вставки 2 базуються від повороту навколо власної осі та закріплюються торцями гвинтів кріплення 3 і 4. Можливим є застосування додаткових гвинтів 5 і 6, що забезпечують більш надійне закріплення різальних вставок.

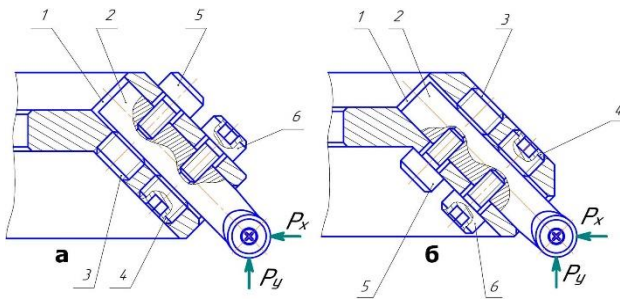


Рисунок 1 – Два варіанти (а, б) встановлення циліндричної різальної вставки в корпусі торцевої фрези

При компонованні (а) тіло різальної вставки спирається на верхню поверхню отвору 1, тому це підвищує жорсткість системи від дії складової сили різання P_y (вектор сили «замикається» безпосередньо на корпус фрези). Складові сили різання P_x впливатиме на торці гвинтів 3 і 4, що не є оптимальним. Однак для чистового фрезерування з малими припусками саме таке компоновання буде кращим (жорсткість у вертикальному напрямку – важливіша). Це забезпечує підвищення якості чистоти оброблення заготовки.

Компоновання (б) дозволяє «замикати» складову силу P_x через верхню поверхню отвору 1 на корпус інструмента. Це є кращим варіантом при знятті великих припусків та значних подачах (напівчистове та чорнове оброблення), коли складові сили P_y є меншою за величиною, ніж P_x (отримання якісної чистоти оброблення тут не є головною метою).

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ОСЬОВОЇ ВИТЯЖКИ ШПИЛЬОК У З'ЄДНАННІ КРИШКИ ТА КОРПУСУ ВІДЦЕНТРОВАНИХ НАСОСІВ ПІД ЧАС СКЛАДАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ У ДРІБНОСЕРІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

*Биков М. С., аспірант, гр.А-15/МБ, СумДУ, м. Суми
Титов Д. С., студент гр.. ТМ-01-2, СумДУ, м. Суми*

Процедура технологічного забезпечення процесу осьової витяжки шпильок у з'єднанні кришки та корпусу відцентрованих насосів у дрібносерійному виробництві вимагає визначення останніх норм.

З трьох можливих вимірюваних значень параметрів вібрації відцентрованих насосів (амплітуда переміщень, швидкість коливань, прискорення) для оцінки технічного стану рекомендується використовувати швидкість коливань (віброшвидкість), тому, що цей параметр найбільш повно характеризує енергію коливального процесу.

Тому, для виявлення дефектів осьової витяжки шпильок у з'єднанні кришки та корпусу відцентрованих насосів за інформативні ознаки слід використовувати та аналізувати такі технологічні параметри, як тиск, температура, швидкість, потужність, вібрація, стан мастила та інші. Також важливим є при цьому не порушити базування кришки відносно корпусу. Це забезпечується за рахунок використання у конструкції конічних штифтових з'єднань [1].

Усі дефекти можна виявляти за рівнем вібрації агрегату. Тому, використання методів віброакустичної діагностики для контролю технічного стану відцентрованих насосів є очевидною перевагою. Хоча механічна вібрація і є найпоширенішою причиною, що обмежує надійність і довговічність відцентрованих насосів та спричиняє виникнення і розвиток дефектів їх елементів і вузлів, саме параметри і характеристики вібраційних процесів у порівнянні з іншими володіють найбільшою інформативністю.

Таким чином можна вважати, що основні положення віброакустичної діагностики машин і механізмів може бути основою, на якій розроблятиметься метод контролю стану відцентрованих насосів.

Список літератури:

1. Дегтярьов І. М., Нешта А. О., Самардак М. П., Кононович В. М., Клок Я. В. Аналіз геометричних параметрів та технічних вимог до штифтових конічних з'єднань у вузлах насосів. Вісник НТУ «ХП», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». 2021. № 4 (10). С. 24-35. DOI:10.20998/2413-4295.2021.04.04.

*Робота виконана під керівництвом доцента, к.т.н., доцента Дегтярьова І.М.
та к.т.н, старшого викладача Нешти А.О.*

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ КАНАЛІВ АПАРАТІВ СПРЯМОВУВАЛЬНИХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

*Плис В.С., аспірант, СумДУ, м. Суми,
Щербина М.В., студент, СумДУ, м. Суми*

Апарати спрямовувальні є невід'ємною частиною конструкції відцентрових насосів, які відіграють ключову роль у різних секторах по всьому світу, забезпечуючи ефективне та надійне перекачування рідин в промислових, комунальних, сільськогосподарських та побутових умовах. У промисловості відцентрові насоси є одними з найпоширеніших, особливо в хімічній, нафтопереробній, водопостачальній та енергетичній галузях.

Відцентрові насоси є одними з найбільш розповсюджених і універсальних типів насосів, мають однаковий принцип дії і конструктивні елементи, що містять декілька основних компонентів, які разом забезпечують його ефективну роботу: корпус, робоче колесо, вал, апарат спрямовувальний, підшипники, ущільнення вала тощо. Конструкція відцентрового насоса може варіюватись залежно від його типу та призначення, але зазначені вище елементи є основними для більшості моделей.

Апарат спрямовувальний заслуговує особливої уваги, оскільки має складну геометричну форму каналів. Характерний профіль каналів апаратів забезпечує виконання ними службового призначення, проте саме цей геометричний елемент становить найбільші складнощі у процесі обробки. Виникає необхідність у наявності додаткових пристроїв або перезакріпленні оброблюваної деталі, оскільки безперешкодна обробка усіх каналів за один установ неможлива.

Останніми десятиліттями цю проблему вирішують обробкою на фрезерних верстатах з ЧПК, які не потребують використання додаткових пристроїв, проте уникнути перезакріплення через відсутність інструментальної доступності не вдається. На це витрачається багато часу і може виникати похибка закріплення. Через досить велику номенклатуру апаратів їх складно закріпити в стандартних пристроях, тому зазвичай їх кріплять в спеціальних або універсальних.

З точки зору зменшення допоміжного часу і витрат на спеціальні пристрої пропонується розробити універсальний автоматизований переналаджуваний пристрій для обробки направляючих апаратів за один установ забезпечуючи максимальну інструментальну доступність обробки.

Тому тема майбутнього дослідження є перспективною і її треба розвивати саме в контексті зміни до підходів оброблення апаратів, режимів різання, підбору інструменту і контролю.

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

ЗАСТОСУВАННЯ ЗАТИСКНИХ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ З ЕПІЦИКЛОЇДНИМИ ПРИВОДАМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВАЖІЛЬ В ДРІБНОСЕРІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Авраменко С. Є., аспірант, СумДУ, м. Суми
Євдокимов О. Д., аспірант, СумДУ, м. Суми
Бугайов Є. Ю., гр. ТМ-01-2, студент, СумДУ, м. Суми

Підвищення технологічності механічної обробки таких деталей, як важелі, дає багатогранні переваги для всієї виробничої екосистеми. Покращена технологічність не тільки знижує виробничі витрати і прискорює час виходу на ринок, але й збільшує якість продукції та ефективність ланцюжка поставок. Розробляючи деталі з урахуванням технологічності, виробники можуть оптимізувати виробничі процеси, мінімізувати відходи матеріалів та більш оптимально використовувати ресурси, тим самим знижуючи витрати і підвищуючи прибутковість.

Крім того, надання пріоритету технологічності сприяє гнучкості та адаптивності, дозволяючи виробникам швидко реагувати на мінливі вимоги ринку та ітерації дизайну. Також такий підхід сприяє сталому розвитку, зменшуючи вплив на навколишнє середовище за рахунок мінімізації споживання енергії, викидів та використання небезпечних матеріалів. Крім того, прискорення створення прототипів та ітерацій дизайну завдяки міркуванням технологічності дає можливість виробникам швидше та ефективніше впроваджувати інновації. Зрештою, інтеграція технологічності в процес проектування надає виробникам конкурентну перевагу, дозволяючи їм пропонувати продукцію вищої якості за нижчими цінами та утримувати лідерство в сучасному динамічному виробничому ландшафті.

Одним з таких рішень може бути використання затискних верстатних пристроїв з епіциклоїдними редукторами, особливо в умовах дрібносерійного виробництва що дасть змогу забезпечити значні переваги для обробки деталей типу важіль. Ось чим може бути корисна така установка та деякі сфери її застосування:

Високоточне затискання: такі пристрої забезпечують плавний і точний рух, що дозволяє затискати деталі типу важіль. Це особливо корисно в умовах дрібносерійного виробництва, де точність має вирішальне значення у підтримці стабільності параметрів та якості виготовлених деталей.

Універсальність затиску: пристрої можуть бути адаптовані до різних форм, уможливаючи різноманітні варіанти затиску. Така адаптивність вигідна в дрібносерійному виробництві, де є велика номенклатура деталей, що виготовляються в обмеженій кількості.

Скорочення часу переналадження: ефективні затискні пристрої з епіциклоїдними редукторами можуть значно скоротити час налаштування,

особливо де часто відбуваються переналадження між різними деталями, мінімізація часу налагодження має важливе значення для оптимізації продуктивності та пропускну здатності.

Покращена стабільність і жорсткість: пристрої забезпечують стабільне і жорстке затискання, гарантуючи, що деталі залишаються надійно закріпленими під час обробки. Ця стабільність має вирішальне значення для досягнення високоякісних результатів при роботі з деталями типу важіль, які можуть бути схильні до вібрації та/або деформації під час обробки.

Співвідношення ціна-ефективність: хоча епіциклоїдні зубчасті системи можуть вимагати початкових інвестицій, вони можуть забезпечити довгострокову економію коштів за рахунок підвищення ефективності, зниження рівня браку і мінімізації простоїв, пов'язаних з налаштуванням і регулюванням.

Затискні верстатні пристрої з епіциклоїдними редукторами для деталей типу важіль в дрібносерійному виробництві можуть включати в себе наступні сфери застосування:

Автомобільні компоненти: важільні деталі, такі як важелі перемикачів передач, гальмівні важелі та важелі зчеплення, вимагають точної обробки для забезпечення оптимальної продуктивності. Затискні пристрої на основі епіциклоїдного зубчастого колеса можуть забезпечити точне позиціонування і стабільність під час обробки.

Аерокосмічні компоненти: дрібносерійне виробництво аерокосмічних компонентів часто включає в себе деталі типу важелів, такі як штоки управління, системи передавання зусиль чи виконавчі механізми. Епіциклоїдні зубчасті затискні пристрої можуть допомогти підтримувати жорсткі допуски, необхідні для цих критично важливих компонентів.

Медичні прилади: деталі типу важіль часто зустрічаються в медичних пристроях, таких як хірургічні інструменти, ортопедичні імплантати та діагностичне обладнання. Точне затискання, що забезпечується епіциклоїдними зубчастими колесами, має важливе значення для забезпечення функціональності та надійності цих компонентів.

Електроніка та приладобудування: важелі, що використовуються в електроніці та приладобудуванні, такі як перемикачі, ручки та роз'єми, вимагають високої точності під час виготовлення.

Таким чином, застосування верстатних затискних пристроїв з епіциклоїдними редукторами для деталей типу важіль в дрібносерійному виробництві має такі переваги, як висока точність, універсальність, скорочення часу налагодження, поліпшена стабільність і економічна ефективність. Ці переваги роблять такі системи цінними активами у виробничих умовах, де ефективність, гнучкість і якість мають першорядне значення.

*Робота виконана під керівництвом к.т.н., доцента Дегтярьова І.М.
та к.т.н, старшого викладача Нешти А.О.*

SECURE PLANNING OF MACHINE AND PERSONNEL TIMES FOR MILLING PROCESS

*Metenko Alexander, TM-01-2, Sumy State University, Sumy
Dmytro Adamenko, WAGO GmbH & Co. KG*

Modern factories in Europe and the world for many in the imagination are large enterprises, real giants in various fields of production, as well as those that use only the most modern machines and technologies and highly qualified personnel. However, considering the issue more deeply, certain features of organization and planning are revealed.

Each production enterprise is unique in its own way. In Ukraine, in various European countries and on the American continent, there are different approaches to planning their production processes. Of course, large companies that are able to produce thousands, tens, or even hundreds of thousands of their products per year have an appropriate planning method, although many of them have problems, namely: over time, errors appear that could not be ignored before. quite significant. And for this, one should look for the right solution with the involvement of resources that will not outweigh the price, which makes their products competitive.

Modern solutions for this are not only in modern technologies, but also in planning. Today, many modern enterprises use old methods of planning production processes and calculating the processing time of their own products. This also includes the problem of misallocation of available human and technical resources, and if you look in perspective, wrong decisions during planning can lead to the fact that the company can lose significant funds due to completely understandable problems.

Having considered the planning problem, we can conclude that in modern production it is possible to do without the use of automated software, but this will cost large errors in calculations, which will lead to additional costs in the future. Today's solution for the vast majority of series and mass production in computer-aided design (CAD) systems. CAD, as a tool, will help the technologist correctly and with the correct allocation of resources to obtain the most optimal result in planning with minimal expenditure of time and financial resources, and as a result, accordingly, to obtain high-quality and competitive products. on the world market.

Literature review:

1. Ivanov V., Dehtiarov I., Zaloga V., Kosov I., Savchuk V. (2020) Increasing Productivity of Connecting Rods Machining. In: Ivanov V. et al. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing III. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2020, P. 264-275. DOI 10.1007/978-3-030-50794-7_26

*The work was carried out under the supervision of PhD,
associate professor Ivan Dehtiarov.*

ОПТИМІЗАЦІЯ СПОСОБІВ З'ЄДНАННЯ КОМПОНЕНТІВ У НАСОСНОМУ ОБЛАДНАННІ ШЛЯХОМ ПОЛІПШЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ШТИФТОВИХ КОНІЧНИХ З'ЄДНАНЬ

Кононович В. М., аспірант, гр. А-05/МТ, СумДУ, м. Суми
Титов Д. С., гр. ТМ-01-2, студент, СумДУ, м. Суми

В різних сферах промисловості широко використовуються штифтові конічні з'єднання для точного та надійного з'єднання деталей. Основне застосування цих з'єднань - у насосному обладнанні, де вони забезпечують надійний зв'язок між ротором та валом насоса.

Також вони використовуються в передачах обертового моменту, наприклад, у приводах верстатів та машин, де потрібна точність та стійкість до великих навантажень. Штифтові конічні з'єднання також застосовуються в автомобільній промисловості для з'єднання валів двигуна з трансмісією або приводом коліс, а також в будівельній та енергетичній галузях для з'єднання деталей промислових вентиляторів, генераторів, турбін та іншого обладнання.

Покращення штифтових конічних з'єднань насосного обладнання можна досягти за допомогою різних методів [1], включаючи використання новітніх матеріалів, застосування передових технологій виготовлення, розробку нових дизайнів, а також використання більш точних методів монтажу. Важливо також враховувати шорсткість поверхні штифтових конічних з'єднань, яка може впливати на їхню точність, міцність та зносостійкість. Оптимальний рівень шорсткості поверхонь залежить від умов застосування та вимог до з'єднання.

Отже, вдосконалення штифтових конічних з'єднань насосного обладнання є важливим завданням для забезпечення його ефективної та надійної роботи. Застосування нових матеріалів, оптимізація конструкції та вдосконалення процесів виробництва можуть покращити їхню міцність, точність та зносостійкість, що в свою чергу підвищить надійність насосного обладнання.

Список літератури:

1. Dehtiarov I. M., Neshta A. O., Samardak M. P., Antosz K., Avramenko S. E. Contact of Working Surfaces for Spherical Washers and Recommendations for Determining the Gap in the Joint. JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES. 2020. 7(2). P. B1-B7. DOI: 10.21272/jes.2020.7(2).b1.

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

ON INCREASING THE EFFICIENCY OF THE USE ASSEMBLY BUILDING ELECTRICAL TERMINALS

Kuleshov M., student gr. TM-01-2,

*Evtuhov A., Associate Professor, Department of Manufacturing Engineering,
Machines and Tools, Sumy State University, Sumy,*

Dmytro Adamenko, Executive Assistant CTO, WAGO GmbH & Co. KG, Minden

As part of the cooperation between the Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools of Sumy State University and WAGO GmbH & Co. KG, a study was initiated to improve the efficiency of assembly building electrical terminals.

WAGO is the world's leading manufacturer of construction terminals and terminal boxes. WAGO screwless self-clamping electrical terminals allow for quick, safe, and reliable connection of mono-core copper or aluminum conductors. WAGO terminal boxes are characterized by their compact design.

The installation of a conductor in a construction electrical terminal is performed in several stages:

- 1) stripping (removal) of conductor insulation;
- 2) installing the conductor in the terminal boxes;
- 3) fixing the conductor in the terminal boxes.

The insertion of the conductor into the terminal boxes is usually performed manually. The fixation of the conductor in the WAGO terminal boxes is performed automatically, thanks to the screwless (springy) self-clamping design. The problematic stage of conductor installation is the stripping (removal) of the conductor insulation.

Conductor insulation stripping is usually performed using additional equipment - a stripper, which allows you to remove the insulation quickly and efficiently without damaging the conductor. A professional tool for stripping conductors without damage has a force regulator and blade positioning. At the same time, it should be noted that the use of a stripper as an additional tool for stripping conductors raises specific technical and organizational problems:

- 1) the mandatory presence of a stripper;
- 2) using a stripper requires additional time to set it up;
- 3) the design of the stripper is rather complicated, which calls into question its reliability;
- 4) in certain production conditions, the stripper cannot be used.

Therefore, the main task of the initiated research is to design an electrical mounting terminal, the design of which will allow for fast and high-quality stripping of the conductor insulation (without damaging it), eliminate the issue of additional debugging, the use of extra equipment, and implement springy (screwless) clamping of the conductor.

ABOUT THE USE OF CERAMIC COMPONENTS IN MANUFACTURING DIES AND PRESS MOLDS

*Zamikhovskiy A., student gr. TM-01-2,
Evtuhov A., Associate Professor, Department of Manufacturing Engineering,
Machines and Tools, Sumy State University, Sumy,
Dmytro Adamenko, Executive Assistant CTO, WAGO GmbH & Co. KG, Minden*

As part of the cooperation between the Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools of Sumy State University and WAGO GmbH & Co. KG, a study was initiated to optimize the design of dies and press molds used for the manufacture of electrical wiring terminals in mass production.

The study found that the main factor determining the low efficiency of the existing production is long downtimes caused by intensive wear and tear of die and press mold components such as punches, former blocks, and sliders.

The main material used to manufacture these components is tool alloy steel. Therefore, as a promising direction for optimizing the design of dies and press molds to increase the wear resistance of their components, it was proposed to manufacture them from ceramic materials based on $ZrO_2Y_2O_3$, Al_2O_3 , Al_2TiO_5 , $SiSiC/SSiC$.

A problematic issue in manufacturing products from ceramic materials is the limited choice of processing methods. It is known that blade machining has low efficiency due to the high hardness and abrasive properties of ceramics. A more efficient processing method that ensures high precision and quality of ceramic surfaces is abrasive and diamond grinding.

Recently, research has been ongoing into the development of hybrid materials based on aluminum oxide (Al_2O_3) and titanium nitride (TiN) that can be processed by electrical discharge cutting [1]. There are also studies on the manufacture of products from ceramic materials based on sintered silicon carbide (SSiC) and silicon-infused silicon carbide (SiSiC) using 3-D printing [2, 3].

References

1. Friedrich, H., Wagner, R., Sauerzapfe, K. Development and Application of Electrically Conductive Ceramics. CERAMICAPPLICATIONS 7 (2019) [2], 35–39.
2. ROCAR Silicon carbide. Ceramic Materials for Mechanical Engineering [Electronic resource]. https://www.ceramtec-group.com/fileadmin/user_upload/Corporate/11_Downloads/09_Pumps-Valves-Seals/cz_rocar_en.pdf
3. ROCAR 3D - Ceramics in New Dimensions. 3D-Printing - Additive Manufacturing with Silicon Carbide [Electronic resource]. https://www.ceramtec-group.com/fileadmin/user_upload/Industrial/01_Products_Industries/3D_Printing/CeramTec_3D_Druck_Broschu_re_EN.pdf

ТОПОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИХВАТА ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

*Макаренко Д.Ю., студент гр. ТМ.м-21,
Євтухов А.В., доцент, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми*

В рамках виконання кваліфікаційної роботи магістра було спроектовано верстатний пристрій для установалення та закріплення заготовки штока РТ 117.234.02-03 на горизонтально-розточувальній операції.

З метою зменшення матеріаломісткості компонентів пропонуваної конструкції верстатного пристрою з використанням програми інженерного аналізу ANSYS Workbench (модуль Structural Optimization) було реалізовано алгоритм топологічної оптимізації для конструкції важільного прихвата, що реалізує функцію затискання заготовки.

В результаті попереднього аналізу напружено-деформованого стану (НДС) прихвата виконання А було визначено максимальний рівень внутрішніх напружень його конструкції (48 МПа), характерний для зони контакту прихвата з центральною опорою, див. рис. 1. Для наближення розрахункової моделі до реальних умов роботи прихвата були задані такі граничні умови: фіксована опора – для площини прихвата в зоні, що контактує з опорою; сила 3042 Н – сила на штоку привода закріплення (для довгого плеча прихвата); сила 6084 Н – реакція опори (з боку заготовки, для короткого плеча прихвата). Розміри поперечного перерізу прихвата виконання А – 68×60 мм, довжина – 410 мм, маса – 11,81 кг.

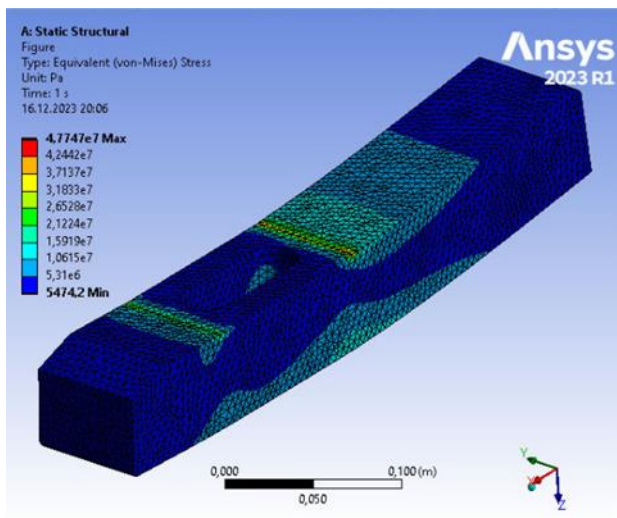


Рисунок 1 – Елюра внутрішніх напружень прихвата виконання А

Топологічна оптимізація конструкції прихвата за критерієм мінімальної маси виробу за прийнятих граничних умов дозволила побудувати епюру псевдощільності, див. рис. 2.

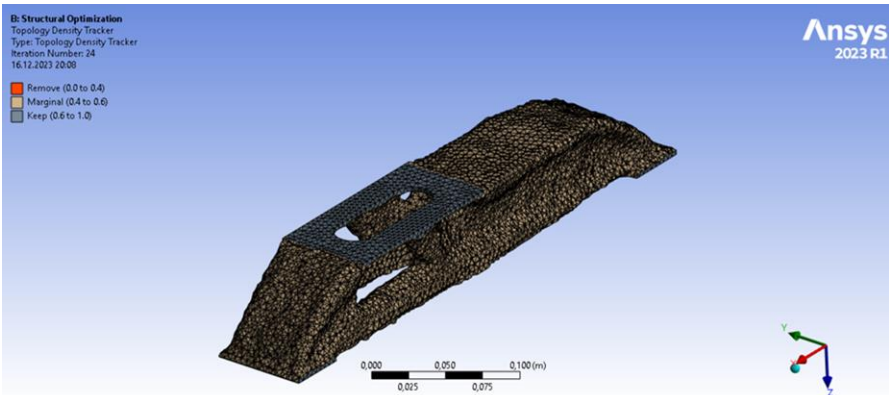


Рисунок 2 – Епюра псевдощільності конструкції прихвата

За результатами аналізу епюри псевдощільності було запропоновано конструкцію прихвата виконання В (див. рис. 3).

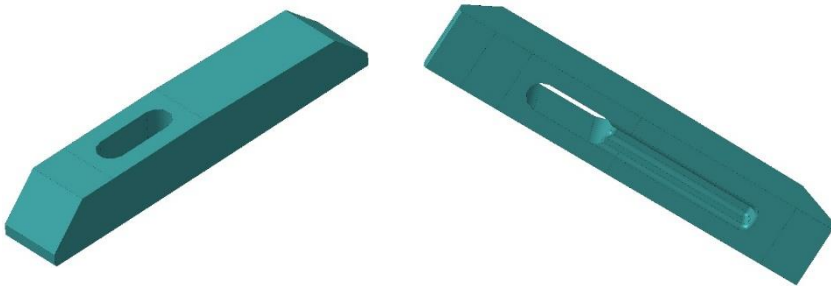


Рисунок 3 – Твердотільна модель прихвата виконання В

За прийнятих граничних умов максимальний рівень внутрішніх напружень прихвата виконання В навіть дещо зменшився (до 46 МПа). Маса прихвата виконання В становить 10,18 кг.

Слід зазначити, що метод топологічної оптимізації лише пропонує потенціальні шляхи оптимізації досліджуваної конструкції. Запропонована конструкція прихвата виконання В є лише одним з можливих варіантів. В результаті додаткових експериментальних досліджень можна досягти більшого зменшення маси виробу з незначною втратою статичних характеристик її конструкції.

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИХВАТА ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

*Кравченко Д.С., студент гр. ТМ.мз-22с,
Євтухов А.В., доцент, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми*

В рамках виконання кваліфікаційної роботи магістра було спроектовано конструкцію верстатного пристрою для установлення та закріплення заготовки диска 4.2303.100 СК вентилятора осьового ВО-№5 на горизонтально-розточувальній операції технологічного процесу його виготовлення.

Для перевірки правильності прийнятих під час проектування рішень шляхом модельного експерименту зокрема було проведене дослідження напружено-деформованого стану (НДС) пропонованої конструкції пристрою. Для розрахунку НДС системи «пристрій-заготовка» (див. рис. 1) використовувалась програма інженерного аналізу Ansys Workbench (модуль Static Structural).

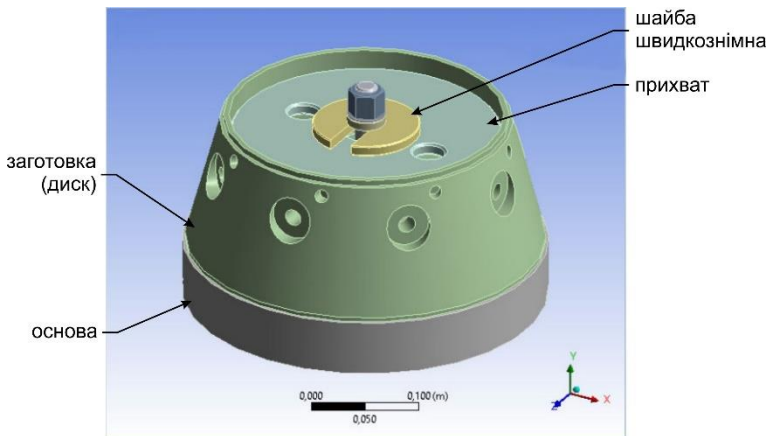


Рисунок 1 – Твердотільна модель системи «пристрій-заготовка»

За результатами розрахунку НДС досліджуваної системи за осьового зусилля на штоку 3500 Н було визначено максимальний рівень внутрішніх напружень 64,5 МПа, що не перевищує межі текучості матеріалів, прийнятих для компонентів системи «пристрій-заготовка» (250 МПа). Отже, результати розрахунку показали прийнятність проектних рішень за роботи системи в умовах статичних навантажень з певним запасом за рівнем внутрішніх напружень.

Для підвищення ефективності проектно-конструкторських рішень було запропоновано розглянути альтернативні конфігурації прихвату. Якщо

первинна конфігурація прихвата (виконання А) являє собою диск діаметром 252 мм висотою 12 мм з центральним отвором діаметром 40 мм та двома отворами діаметром 30 мм (див. рис. 1), то альтернативна конфігурація (виконання В) має форму чотирилисника. Якщо розрахунок НДС прихвата за виконанням А показав рівень внутрішніх напружень 23,1 МПа, то для виконання В він збільшився до 58,7 МПа. Водночас маса прихвата зменшилась з 4,4 кг (для виконання А) до 3,6 кг (для виконання В).

Для пошуку подальших шляхів структурно-параметричної оптимізації конструкції прихвата за критерієм мінімальної матеріалоемності (маси) виробу в модулі Structural Optimization було реалізовано алгоритм топологічної оптимізації. В результаті було запропоновано конструкцію прихвата за виконанням С (див. рис. 2, 3).

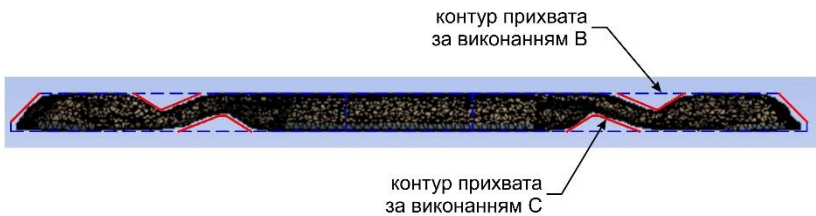


Рисунок 2 – Поперечний переріз прихвата

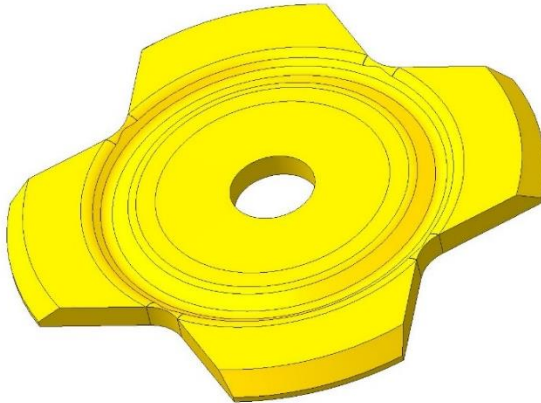


Рисунок 3 – Твердотільна модель прихвата за виконанням С

За результатами розрахунку НДС прихвата за виконанням С рівень внутрішніх напружень порівняно з виконанням В збільшився до 72,9 МПа. Водночас маса прихвата зменшилась до 3,1 кг.

Отже, структурно-параметрична оптимізація конструкції прихвата дозволила зменшити його масу в 1,4 рази порівняно з первинним виконанням за прийняттого рівня внутрішніх напружень, що є позитивним результатом.

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЇ ТОКАРНОГО ПАТРОНА

*Потомаха Д.Ю., студент, гр. ТМ.м-21,
Євтухов А.В., доцент, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми*

В рамках підготовки кваліфікаційної роботи магістра було спроектовано самоцентрувальний токарний патрон для базування та закріплення заготовки колеса зубчастого 6Т12.00.00.03 на зубофрезерній операції технологічного процесу його виготовлення.

Для перевірки правильності прийнятих проектних рішень було проведено дослідження напружено-деформованого стану (НДС) системи «патрон-заготовка», твердотільна модель якої наведено на рис. 1.

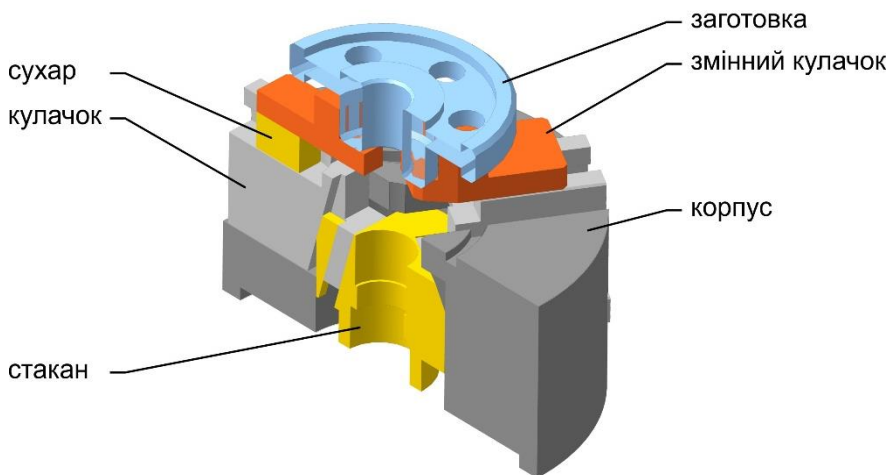


Рисунок 1 – Твердотільна модель системи «патрон-заготовка»

Напружено-деформований стан визначається розрахунками та експериментальними методами у вигляді розподілу напружень, деформацій і переміщень в конструкції і є базою для оцінювання статичної міцності і ресурсу конструкцій на всіх етапах їх життєвого циклу.

Для дослідження НДС зазначеної системи з використанням програми інженерного аналізу Ansys Workbench (модуль Static Structural) були розглянуті такі граничні умови. Властивості матеріалів, що задані в програмі Ansys Workbench за замовчуванням. Усі матеріали задані як конструкційні середньо вуглецеві сталі з межею міцності – 460 МПа, та модулем Юнга – 2·105 МПа. Умови контакту між поверхнями стакану та корпусу, між поверхнями стакану та кулачків, заготовки та змінних кулачків. Ці сполучення

характеризуються як тертя ковзання з коефіцієнтом тертя 0,2. Під час оброблення поверхні зубців зубчастого колеса з боку процесу фрезерування на деталь діє тангенціальна складова сили різання $P_z = 33450 \text{ Н}$, яка утворює крутний момент, намагаючись повернути деталь в змінних кулачках навколо центральної осі деталі. З боку приводу закріплення на стакан діє сила на штоку пневмокамери $Q = 18580 \text{ Н}$. Задаємо її як вектор сили, що діє на стакан зверху вниз. Водночас задаємо жорстку фіксацію поверхні корпусу.

В результаті розрахунку НЛС системи «патрон-заготовка» було побудовано епюру внутрішніх напружень (див. рис. 2). Корпус патрона на рис. 2 не зображений.

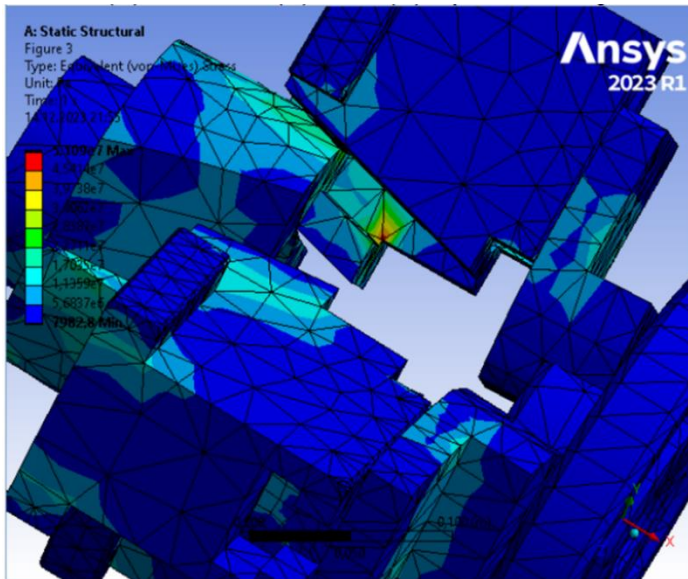


Рисунок 2 – Епюра внутрішніх напружень системи «патрон-заготовка»

Відповідно до рис. 2 внутрішні напруження досягають максимального рівня на поверхні кулачка в місці потенційної концентрації напружень та становлять 51 МПа, що є не великою та допустимою величиною (рівень внутрішніх напружень не перевищує межі текучості матеріалу, що становить 250 МПа). Для зниження рівня внутрішніх напружень в місці їх концентрації пропонується замінити прямокутне з'єднання поверхонь кулачка галтеллю радіусом 3 мм. Впровадження такого рішення за результатами розрахунку НДС досліджуваної системи дозволило знизити внутрішні напруження в місці галтелі до 33 МПа, що є прийнятним.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОБРОБЛЕННЯ ЗАГОТОВОК РЕЙКИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ШИРОКОЇ КОЛІЇ Р65

*Молокоєдов В.С., аспірант, гр. А35/МБ,
Євтухов А.В., доцент, каф. ТМВІ, СумДУ, м. Суми*

Залізнична рейка, як елемент верхньої будови колії, є сталеву балкою, як правило, двотаврового перерізу (з голівкою, шийкою та підшоною), яку укладають на шпали або інші опори для утворення зазвичай двониткового шляху, за яким рухається рухомий склад залізничного транспорту. Основними функціями залізничної рейки є прийняття, розподілення та передавання навантаження від локомотивів та вагонів до опори, а також спрямування руху транспортних одиниць. Загальні технічні умови для звичайних рейок залізничних шляхів широкої колії (для формування залізничного полотна на магістральних ділянках шляху з шириною колії 1520 мм) визначає ДСТУ 4344:2004. До найбільш затребуваних на сьогоднішній день рейок широкої колії відносять тип Р65, які дозволяють виробляти комплектацію супутніми компонентами верхньої будови колії найбільш простим способом.

Аналіз технологічного процесу оброблення рейок типу Р65 показав, що однією з найтриваліших операцій є операція фрезерування головки рейки на рейкофрезерному верстаті. Структура допоміжного переходу операції включає час на базування, закріплення, вивіряння, контрольні вимірювання, переустановлення рейки для подальшого оброблення. За даними стрілочного заводу (м. Дніпро), час перерахованих прийомів становить більше ніж 3,3 години. Крім того, установлення заготовок в пристрій для оброблення виконують ручним способом, що вимагає значної трудомісткості виконання допоміжних переходів верстатником.

Аналіз окремих механічних операцій для оброблення рейки показує, що до 40% штучно-калькуляційного часу витрачається на допоміжні (непродуктивні) прийоми, що становлять структуру цих операцій. Зазначені недоліки є «вузьким місцем» на виробництві при виконанні аналізованих операцій у технологічному процесі виготовлення рейки. Для усунення «вузьких місць» на виробництві використовують конструкції спеціальних верстатних пристроїв, які дозволяють скоротити частку допоміжного часу у структурі штучно-калькуляційного часу при базуванні та закріпленні рейки.

Відомий верстатний пристрій MFO-125-20-00, який використовують для базування та закріплення рейок при обробленні заготовки на поздовжньо-фрезерному верстаті Waldrich Coburg. Однак його конструкція не дозволяє досягти значного скорочення допоміжного часу. Таким чином, вирішення проблеми скорочення допоміжного часу за рахунок розробки нових конструкцій верстатних пристроїв є актуальним завданням для вдосконалення технологічного процесу виготовлення рейок.

**СЕКЦІЯ «ОБРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ
У МАШИНОБУДУВАННІ»**

УМОВИ ПІДРІЗУВАННЯ ЗУБІВ КОЛЕСА ДОВБАЧЕМ

Боженко О. М., студент, гр. МВ-01; Швець С.В. доцент, каф. ТМВІ; СумДУ, м. Суми

У процесі виготовлення зубчастих коліс за методом обкочування різальний інструмент (довбач) може видаляти метал біля ніжки зуба за межею теоретичної евольвенти. Відбувається підрізування зуба. При цьому поперечний переріз біля основи зуба зменшується (рис. 1).

Підрізування не тільки зменшує евольвентну частину зуба колеса але і послаблює зуб біля ніжки.

Теорія зчеплення доводить, що підрізування відсутнє, якщо число зубів колеса дорівнює або більше деякому z_{\min} . Вважається, що у випадку застосування стандартного інструменту $z_{\min} = 17$. Тому, при проектуванні коліс число зубів повинно дорівнювати 17 і більше.

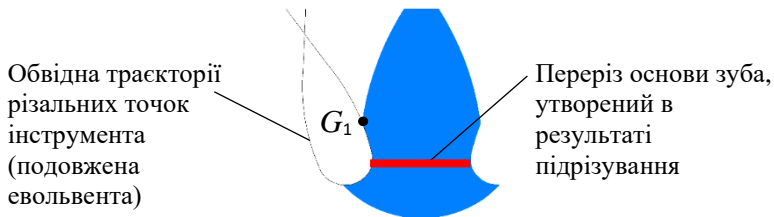


Рисунок 1 – Підрізування зуба

З іншого боку, для зменшення габаритів зубчастих передач колеса слід проектувати з малим числом зубів.

Для запобігання підрізування при $z < 17$ збільшують відстань між осями довбача і заготовки у процесі виготовлення колеса. В результаті такого зміщення інструменту утворюються кориговані зубчасті колеса.

Теоретична перевірка відсутності підрізування ніжки полягає у тому, що точка G_1 (точка переходу евольвентного профілю зуба в перехідну криву, яка утворюється вершиною подовженої евольвенти) повинна бути або на діаметрі основного кола (тоді кут тиску $\alpha_{G1} = 0$), або вище [1]. Тобто

$$\alpha_{G1} \geq 0. \quad (1)$$

Отже, від'ємне значення α_{G1} вказує на наявність підрізування.

Кут тиску у точці G_1 дорівнює

$$\alpha_{G1} = \tan^{-1} \left(\tan(\alpha_{1d}) - z_d \cdot \frac{\tan \alpha_e - \tan \alpha_{1d}}{z_1} \right), \quad (2)$$

де α_{1d} – кут зчеплення колеса (заготовки) з кількістю зубів z_1 і довбача z_d ; α_e – кут тиску на колі виступів довбача.

Визначається кут α_{1d} за формулами:

$$\alpha_{1d} = 7,2272 \cdot \text{inv}(\alpha_{1d}) + 0,2414, \quad (3)$$

$$\text{inv}(\alpha_{1d}) = \tan(\alpha_0) - \alpha_0 + 2\xi \frac{\tan \alpha_0}{z_1 + z_d}. \quad (4)$$

А кут α_e (кут тиску на колі виступів довбача) визначається за формулами:

$$D_{ed} = z_d m + 2h_1 + 2\xi m, \quad (5)$$

$$\alpha_{dt} = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \alpha_0}{1 - \tan \gamma \tan \alpha} \right), \quad (6)$$

$$\alpha_e = \cos^{-1} \left(\frac{d_{Hd} \cos(\alpha_{dt})}{D_{ed}} \right). \quad (7)$$

В цих виразах D_{ed} – діаметр кола виступів нового довбача, d_{Hd} – діаметр ділильного кола довбача, $\xi = 0,15$ – коефіцієнт корекції довбача, h_1 – висота головки зуба.

При розрахунках використані стандартні значення $\alpha_0 = 20^\circ$, z_1 – кількість зубів у нарізованого колеса, z_d – кількість зубів довбача, $\gamma = 5^\circ$, $\alpha = 6^\circ$ – передній і задній кути довбача,

Результати розрахунків доводять (табл. 1), що попередні висновки щодо кількості зубів колеса без підрізування не завжди відповідають дійсності.

Таблиця 1 – Залежність значення кута тиску (α_{G1} , рад.) в точці G_1 від кількості зубів колеса і довбача

Кількість зубів колеса, z_1	Кількість зубів довбача, z_d					
	16	17	19	20	25	30
14	-0,016	-0,021	-0,031	-0,036	-0,056	-0,071
15	0,009	0,0042	-0,005	-0,0094	-0,028	-0,042
16	0,031	0,027	0,018	0,014	-0,0033	-0,017
17	0,051	0,046	0,038	0,034	0,018	0,0054
18	0,068	0,064	0,056	0,053	0,037	0,025

По-перше, підтверджено, що при кількості зубів 17 чи більше підрізування відсутнє.

А по-друге, незалежно від модуля, зменшення кількості зубів довбача (до $z_d = 17, 16$) дозволяє уникати підрізування зубів колеса навіть при 16 і 15 зубів колеса.

Список літератури

1. Швець С. В. Металорізальний інструмент / С. В. Швець. – Суми: Вид-во СумДУ, 2019. – 272 с.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОФРЕЗЕРУВАННЯ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ ЗМОЧУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХОНЬ НІТИНОЛІВ

Балицька Н.О., к.т.н, доц.

Державний університет «Житомирська політехніка»

Нікелід титану (нітинол) - бінарний сплав зі складом по близько 50 ат.% Ni і Ti. Нікелід титану має унікальні фізичні властивості пам'яті форми та надпружності, високі міцність, корозійну стійкість, демпфуючу здатність та відмінну біосумісність, а також перспективи широкого застосування в біомедичних пристроях та імплантатах, точних механізмах, авіа-, автомобіле-, судно-, приладо-, верстатобудуванні, енергетиці, космічній техніці, мікроактуаторах, робототехніці, мікроелектромеханічних системах тощо.

Відомо, що поведінка змочування твердих поверхонь рідиною є дуже важливим аспектом хімії поверхні, який може мати різноманітні практичні застосування. Сплав Ni-Ti є незамінним матеріалом для деяких імплантатів, враховуючи його відмінну здатність до деформації в тілі та високу міцність. Біологічні імплантати, залежно від призначення, повинні демонструвати хорошу гідрофобність або гідрофільність поверхні, оскільки це призводить до бажаних біологічних реакцій.

Змочуваність твердих поверхонь контролюється поверхневою вільною енергією та геометричною структурою поверхні. Тому, змінюючи будь-який з цих факторів, можна змінювати змочуваність поверхні. Зміна геометричної структури застосовується для керування змочуваністю поверхні із заданою поверхневою вільною енергією.

Найбільш вивченими елементами мікропрофілю текстурованих поверхонь наразі вважаються мікроямки (з перекриттям і без перекриття) та мікропази (прямі паралельні, перпендикулярні та похилі).

Застосовуються наступні методи текстурування поверхонь, які радикально змінюють їх змочувальні властивості: хімічна модифікація поверхні, хімічне осадження з газової фази та сублімація, шаблонні, літографічні, лазерні, електрохімічні, золь-гель технології, реактивне іонне травлення, мікрорізання та ін.

Відомо, що гідрофобні/гідрофільні покриття зазвичай характеризуються коротким терміном служби через деградацію. Крім того, технологічний процес їх осадження часто супроводжується високотемпературними впливами, що може призвести до зміни фазового складу поверхні нітинолу, а отже, і до зміни функціональних властивостей. Відомі проблеми, такі як надрізи лунок, неточність розмірів, пов'язані з електрохімічним методом. Проблема піскоструминної обробки та кислотного травлення полягає в тому, що залишки піску затримуються в мікроямках поверхонь, що призводить до розмноження бактерій та інфекцій навколо

імплантатів. Кислотне травлення також впливає на фізичні та механічні властивості, а також спричиняє пошкодження поверхні імплантату. Енергетичні методи обробки, такі як електроерозійна та лазерна обробка, спричиняють термічне пошкодження поверхневого шару. До того ж лазерні методи модифікації поверхні мають обмеження, пов'язані зі зміною характеру змочування поверхні з часом.

Механічне мікрофрезерування продемонструвало свій потенціал, показавши, що воно може подолати існуючі обмеження і створити спрямовані мікротекстури різної форми, розміру і щільності. Мікрофрезерування змінює текстуру поверхні, але не хімічний склад і структуру поверхневого шару.

Однак оброблюваність NiTi вважається дуже складною через високе деформаційне зміцнення, особливі характеристики напружено-деформованого стану, сильну адгезію та незадовільне руйнування стружки [1]. Властивості матеріалу, такі як низька теплопровідність, висока питома теплоємність і низький ефективний модуль пружності, вважаються додатковими обмеженнями. Ці фактори призводять до критично низьких характеристик оброблюваності, таких як висока питома сила різання, інтенсивний знос інструменту і надмірне утворення задирок. Існує висока ймовірність поломки інструменту. Мікрофрезерування – це все ще важко прогнозований процес через масштабний ефект, ефект «оранки» і вплив неоднорідності поверхні заготовки. Задирки, сформовані при мікрообробці, технологічно складно видалити [2].

Таким чином, мікрофрезерування, завдяки механічному механізму знімання матеріалу, є прямим, екологічно чистим, відносно простим в реалізації та універсальним методом, який може бути використаний для створення мікротекстури поверхні з гарантовано високою довговічністю. Основними перевагами цього методу є варіативність геометрій різального інструменту, порівняно висока швидкість знімання матеріалу, висока точність мікропрофілю, низький температурний вплив на поверхню, контрольована обробка поверхні та можливість екологічно чистого та економічно ефективного виробництва в промислових масштабах. Однак питання реалізації та підвищення ефективності цього методу для отримання мікротекстур необхідної форми на поверхнях нітинолів потребує подальших досліджень.

Список літератури

1. Балицька Н.О. Особливості торцевого фрезерування сплавів Ni-Ti з ефектом пам'яті форми. Технічна інженерія. Серія: Прикладна механіка. 2022. Вип. 2(90). С. 3-12. [https://doi.org/10.26642/ten-2022-2\(90\)-3-12](https://doi.org/10.26642/ten-2022-2(90)-3-12)
2. Томашевський О.О., Балицька Н.О. Процес мікрофрезерування металів і сплавів: аналітичний огляд. Технічна інженерія. 2023. Вип. 2(92). С. 74–88. [https://doi.org/10.26642/ten-2023-2\(92\)-74-88](https://doi.org/10.26642/ten-2023-2(92)-74-88)

ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ПРИ ОБРОБЦІ МЕТАЛО-МАТРИЧНИХ КОМПОЗИТІВ

*Томашевський О.О., аспірант. Балицька Н.О., к.т.н, доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»*

Металево-матричні композити (ММК) використовуються для виготовлення виробів, що вимагають більш високих робочих температур, ніж це можливо для полімерно-матричних композитів. Більшість цих композитів розроблені для аерокосмічної та автомобільної промисловості. Основною проблемою при лезовій обробці ММК є інтенсивний знос інструменту, який, за певних обставин, призводить до незадовільної економічної ефективності обробки. На знос інструменту впливають розмір і властивості армувального матеріалу та матеріалу матриці. Іншими важливими факторами є режими різання, які також визначають продуктивність процесу та якість обробленої поверхні [1].

Тверді сплави (з покриттями або без покриттів), кубічний нітрид бору (CBN) і полікристалічний алмаз (PCD) є основними інструментальними матеріалами, які на сьогодні застосовуються для механічної обробки ММК.

Більшість дослідників вважають, що абразивне зношування є основним механізмом зношування при обробці ММК. Зношування інструменту суттєво залежить від умов різання, розміру та об'ємної частки армувальних частинок. Ozben та ін. [2] вивчали вплив об'ємної частки частинок і швидкості різання на знос інструменту при обробці Al/SiC ММК з різною об'ємною часткою. Використовувалися твердосплавні інструменти з покриттям TiN. Було виявлено, що при меншій швидкості подачі швидкість зношування інструменту збільшується. Це пояснювалося збільшенням довжини контакту між різальним інструментом і абразивними частинками при меншій швидкості подачі.

Твердосплавні інструменти без покриття, як правило, швидко зношуються під час обробки ММК. Вони виявилися придатними лише для чорнової обробки поверхонь незначної довжини. Твердосплавні різці демонструють катастрофічне руйнування при швидкості різання понад 350 м/хв, тому максимальна швидкість різання для таких інструментів обмежена 300 м/хв [3].

Твердосплавні різальні інструменти з алмазним покриттям, отриманим методом хімічного осадження з газової фази (CVD), були визначені як найбільш придатні для обробки ММК. Порівняно з PCD, алмазне CVD-покриття є твердішим, має нижчий коефіцієнт тертя, вищу теплопровідність і кращу термічну стійкість. Однак, основною проблемою різального інструменту із CVD-покриттями вважається все ще недостатнє зчеплення між покриттям і твердосплавною основою інструменту [4].

Для лезової обробки ММК ефективними є різальні інструменти з PCD завдяки їх найвищій стійкості. Це можна пояснити низьким коефіцієнтом

тертя PCD і його низькою хімічною спорідненістю з матеріалами заготовки, а також тим фактом, що твердість інструментів з PCD вища, ніж твердість армувальних частинок, таких як SiC і Al₂O₃. Інструменти PCD забезпечують низьку силу різання, а також відмінну якість обробки, що порівняна із якістю після шліфування [4].

При точінні ММК інструментом, оснащеним PCD, на обробленій поверхні можуть утворюватися дефекти у вигляді канавок. Причиною їх появи є викришування зерен PCD із-за зношування. Крім того, внаслідок пластичної деформації біля армувальних частинок утворюються порожнини та тріщини. Порожнини з'єднуються при збільшенні подачі, що призводить до сегментації стружки.

Аналіз літератури вказує на недостатню кількість досліджень механізму зношування інструменту з кубічного нітриду бору при обробці ММК. Обробка інструментами із CBN характеризується значним наростоутворенням, що призводить до підвищеного зносу різальної кромки та погіршення якості обробленої поверхні, порівняно із PCD-інструментами [5].

Отже, зношування різального інструменту залишається основною проблемою для ефективної обробки ММК через абразивну природу армування. Основними рекомендаціями щодо вибору інструментальних матеріалів для ефективного фрезерування ММК є застосування твердих сплавів для економічної чорнової обробки поверхонь незначної довжини та PCD – для чистової обробки.

Список літератури:

1. Томашевський О. О., Балицька Н. О. Особливості фрезерної обробки композитних матеріалів. Аналітичний огляд. *Технічна інженерія*. 2023. № 1(91). С. 92–100. [https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-92-100](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-92-100).
2. Ozben, T., Kilickap, E., Çakir, O. Investigation of mechanical and machinability properties of SiC particle reinforced Al-MMC. *Journal of Materials Processing Technology*. 2008. Vol. 198, no. 1-3. P. 220–225.
3. Boswell, B., Islam, M.N., Davies, I.J., Pramanik, A. Effect of machining parameters on the surface finish of a metal matrix composite under dry cutting conditions. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.* 2017. 231(6) P. 913–923.
4. Ciftci, I., Turker, M., Seker, U. CBN cutting tool wear during machining of particulate reinforced MMCs. *Wear* 2004 Vol. 257, no. 9-10. P. 1041–1046.
5. Yang, Y., Wu, Q., Zhan, Z. et al. An experimental study on milling of high-volume fraction SiC_p/Al composites with PCD tools of different grain size. *Int J Adv Manuf Technol*. 2015. Vol. 79, no. 9–12. P. 1699–1705.

ОСОБЛИВОСТІ КОЛИВАНЬ ПРИ КІНЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ ТА НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ ЇХ ІНТЕНСИВНОСТІ

*Яхно Д.А., аспірант, НУ «Запорізька політехніка», м.Запоріжжя
Дядя С.І., завідувач кафедри «Технологія машинобудування» НУ
«Запорізька політехніка», м.Запоріжжя*

У процесі обробки деталей різанням виникають коливання, які впливають на якість поверхні, продуктивність, знос інструменту. Але увагу на них звертають лише тоді, коли їх інтенсивність призводить до небажаних результатів. Вирішення питання щодо заходів для їх зменшення опирається, в першу чергу, на знання природи їх походження.

При цьому найбільш важливими є ознаки різних видів коливань. Так, вимушені коливання виникають завжди від змушуючої сили різання. При кінцевому фрезеруванні її частота дорівнює зубцевій частоті [1]. Автоколивання мають сталий характер та підтримуються без періодичної сили за рахунок хвилястого сліду на поверхні різання [1]. Але слід зазначити, що при різанні послідовність дії коливань має закономірність [2] і пов'язана вона з часом різання. Тому практично не звертається увага на супроводжуючі вільні коливання, які виникають на початку різання, накладаються на вимушені і швидко затухають. Такий підхід обґрунтовується при великому часі різання, як при точінні, і увага приділяється зменшенню дії вимушених коливань і автоколивань. При кінцевому фрезеруванні тонкостінних деталей час різання настільки малий, що за певних обставин діють тільки вимушені та супроводжуючі вільні коливання [3]. Саме інтенсивність останніх визначає якість обробленої поверхні. Їх амплітуда, як для вільних коливань, залежить від початкової швидкості різання та положення точки врізання інструмента в деталь. Зменшення швидкості різання впливає на продуктивність обробки, тому актуальною задачею досліджень стоїть визначення умов кінцевого фрезерування багатозубим інструментом, при яких врізання фрези в тонкостінну деталь, що коливається, забезпечить різання зі сприятливою для стружкоутворення амплітудою супроводжуючих вільних коливань менше 0,02мм.

Список літератури

1. Machining dynamics: fundamentals, applications and practices/ Kai Cheng// London: Springer-Verlag Limited, 2009. 341p.
2. Influence of cutting time on types of oscillations during blade processing. /Y. Vnukov, S. Dyadya, O. Kozlova, P. Trishyn, A. Zubarev// «Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science / Український журнал із машинобудування і матеріалознавства» Volume 9, Number 1, 2023, pp.53-66.
3. Автоколебания при фрезеровании тонкостенных элементов деталей. Монография / Ю. Н. Внук (ред.), С. И. Дядя, Е. Б. Козлова [та ін.]. – Запоріжжя :ЗНТУ, 2017. – 208 с.

ВИКОРИСТАННЯ ОРТОГОНАЛЬНИХ МАСИВІВ ТАГУЧІ
ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛІМЕРУ МОР НА ЕФЕКТИВНІСТЬ
ЛЕЗОВОЇ ОБРОБКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ІНСТРУМЕНТУ
З НАНОСТРУКТУРОВАНИМ ПОКРИТТЯМ

Танченко С.В., старший викладач, кафедра «Металорізальні верстати та інструменти», НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя
Оглуздіна Л.С., старший викладач, кафедра «Металорізальні верстати та інструменти», НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя
Фролов М.В., доцент, кафедра «Металорізальні верстати та інструменти», НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

Підвищення зносостійкості різального інструменту досягається шляхом правильного вибору його конструкції, умовами різання та властивостями мастильно-охолоджувальної рідини (МОР). Одним з перспективних напрямів є застосування наноструктурованих багат шарово-композиційних покриттів, які мають складну структуру, де кожен шар має своє функціональне призначення. Найбільший вплив має структура покриття, що виражається в кількості шарів та іноді в їх товщині.

Перспективним напрямком використання МОР є застосування полімерної складової, що зумовлено здатністю полімерів активувати процес поверхневого деформування і диспергування оброблюваних поверхонь подібно до дії поверхнево-активних речовин.

Виходячи з вищезазначеного та базуючись на аналізі літературних джерел, в якості факторів для дослідження було обрано: склад зносостійкого шару покриття (F_1); кількість слоїв (F_2); молекулярна маса полімеру (F_3); концентрація полімеру в МОР (F_4); межа міцності оброблюваного матеріалу (F_5); режими різання (F_6, F_7, F_8). Оскільки стійкість інструменту, як характеристика будь якого технічного об'єкту є схильною до випадкових варіацій – важливим є не тільки визначення оптимальної комбінації значень вказаних факторів з точки зору максимізації середнього значення стійкості, а й мінімізація її дисперсії. Мінімальне розсіювання характеристик є чи не найважливішою ознакою якості за концепцією Г. Тагучі. Маючи 8 факторів, дослідження за допомогою повного факторного експерименту буде потребувати проведення 256 дослідів без урахування повторів. Використання ортогональних масивів Тагучі з наступним дисперсійним аналізом (ANOVA) при проведенні єдиного експерименту дозволить вирішити наступні задачі:

а) Знайти оптимальну комбінацію факторів, що забезпечує максимальне середнє значення стійкості. Критерієм оптимальності буде «більший відгук – кращий результат» що виражається наступним співвідношенням сигнал / шум:

$$SN_i^L = -10 \lg \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 1/T_{ij}^2 \right] \rightarrow \max \quad (1)$$

Де n – кількість повторів; T_{ij} – значення стійкості при j -му повторі в i -му досліді.

б) Знайти оптимальну комбінацію факторів що забезпечать мінімальне розсіювання значень стійкості, а відтак максимальну якість процесу. Критерієм оптимальності буде «номінал – краший результат» що виражається наступним співвідношенням сигнал / шум:

$$SN_i^N = -10lg \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (T_{ij} - \bar{T}_i)^2 \right) \rightarrow max \quad (2)$$

Де \bar{T}_i – середнє значення стійкості в i – му досліді

в) Приймавши фактор F1 як зовнішній масив і змінюючи його на двох рівнях (1 – Ti-N та 2 – Cr-C), а решту факторів як внутрішній масив, змінюючи на 3-х рівнях кожний (1, 2, 3) описати експеримент масивом L18 з кількістю незалежних дослідів 18 без урахування повторів.

План експерименту у вигляді ортогонального масиву наведено в Табл.1.

Таблиця 1 – Ортогональний масив L18 в рандомізованому порядку

Рандомізований порядок	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈
11	2	1	2	1	1	3	3	2
4	1	2	1	1	2	2	3	3
9	1	3	3	1	3	2	1	2
12	2	1	3	2	2	1	1	3
6	1	2	3	3	1	1	2	2
2	1	1	2	2	2	2	2	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
3	1	1	3	3	3	3	3	3
17	2	3	2	1	3	1	2	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	3	1	2	1	3	2	3
10	2	1	1	3	3	2	2	1
18	2	3	3	2	1	2	3	1
15	2	2	3	1	2	3	2	1
13	2	2	1	2	3	1	3	2
5	1	2	2	2	3	3	1	1
8	1	3	2	3	2	1	3	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2

г) Визначити ступінь впливу кожного з факторів на результат за специфічним дисперсійним аналізом (ANOVA) та прийняти рішення для подальших досліджень.

ВЛАСТИВОСТІ ШТАМПОВОЇ СТАЛІ 4Х5МФС ПРИ ОБРОБЦІ ІНСТРУМЕНТОМ НА ОСНОВІ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ ЗІ ЗНОСОСТІЙКИМ ПОКРИТТЯМ

*Коваленко Я.П., аспірантка кафедри механічної інженерії
Державний університет «Житомирська політехніка»
м.Житомир*

Захисні покриття інструменту на основі кубічного нітриду бору (КНБ) є важливим класом матеріалів, що використовуються в сучасній машинобудівній промисловості. Такі покриття, що містять в собі компоненти TiN, TiCN, TiAlN, TiCrN, TiSiN забезпечують високу твердість, термостійкість і хімічну інертність, що робить їх незамінними під час обробки різних матеріалів високої твердості, зокрема і штампових загартованих сталей. В залежності від кількісної складової різних елементів цих сталей існує велика низка різних марок, із яких виготовляють фасонний та сортовий прокат, шліфовані та калібровані прутки, ковані заготовки, полоси, молотові вставки, прес-форми для різних видів сплавів та інші.

Однією із значущих по використанню в різних галузях промисловості є штампова загартована сталь 4Х5МФС, яка завдяки своїй високій термічній стійкості та міцності дозволяє витримувати екстремально високі температури та тиск. Із такого матеріалу виготовляють турбінні лопатки для газових та парових турбін, що за рахунок своїх властивостей можуть витримувати внутрішні напруження, що виникають при роботі турбін. Крім того, сталь 4Х5МФС застосовується і при виготовленні літальних апаратів та компонентів двигунів, такі як турбінні лопатки, а також і при виготовленні різних складових парових котлів та апаратів для нафтопереробної промисловості. Корозійна стійкість такого матеріалу дозволяє тривалий час зберігати свої властивості в агресивному середовищі, що робить його одним із найбільш поширених матеріалів в машинобудуванні, авіаційно-промислових галузях та інших.

Обробка штампових загартованих сталей, зокрема і 4Х5МФС, є складною задачею із-за високої твердості матеріалу, що пройшов термічну обробку (55-65HRC). Це ускладнює процес різання, тому що інструменти стикаються з великими навантаженнями, що призводить до затуплення ріжучих кромки, а також висока твердість сталей призводить до швидкого зносу різальних елементів. Врахувавши проблематику обробки таких матеріалів є доцільним використання інструментів на основі кубічного нітриду бору, а також застосування захисних покриттів для різальних елементів інструмента [1].

Склад покриття вибирають з урахуванням навантажень, що діють на ріжучий інструмент в процесі обробки, а також властивостей матеріалу.

Найбільш широке застосування отримало покриття, в основі якого є TiN. Таке покриття включає в себе просту технологію її отримання, відносно

невелику собівартість, а також високі фізико-механічні властивості. Мікротвердість покриття з TiN може змінюватися в межах $H_{\mu} = 20-40$ ГПа. При роботі інструментів з таким покриттям спостерігається зниження інтенсивності наростоутворення, що в подальшому дає змогу досягати кращу якість оброблюваної поверхні.

Покриття з компонентами TiCN формується при входженні у вакуумну камеру суміші азоту з ацетиленом чи метаном в процесі охолодження покриття. Мікротвердість покриття залежить від складу та тиску реакційної суміші в процесі охолодження, а також може збільшуватися з більшим вмістом ацетилену і може перевищувати 42 ГПа.

Покриття з TiAlN є найбільш перспективним напрямком у зміцненні поверхневого шару ріжучого інструменту. При нагріванні на повітрі його поверхня вкривається дуже щільним шаром оксиду алюмінія, що перешкоджає окисленню та адгезійній взаємодії поверхні ріжучого інструменту з оброблюваним матеріалом. Властивості такого покриття мають збільшену стійкість до окислювального зношування та теплостійкості у порівнянні з іншими покриттями., що дає тепловий бар'єр для ізоляції інструментального матеріалу і більша частина теплових потоків виходить із зони різання разом із стружкой. Мікротвердість знаходиться в межах 10-42 ГПа, та зростає зі збільшенням вмісту Al.

Покриття з компонентами TiSN мають найменший коефіцієнт тертя із вище наведених покриттів, тому галузь застосування зосереджується на обробці матеріалів, що схильні до налипання на різальні елементи інструмента. Вони мають невелику твердість в межах 5 ГПа та низьку зносостійкість.

Покриття TiCrN застосовують для покращення стійкості різального інструмента при обробці сталей аустенітного класу, а також при обробці малолегованих сталей. Вміст Cr сприяє зростанню пластичності, тому ефективно використовувати в умовах ударно-циклічних навантажень та більших перетинів зрізаного шару [2].

Можна зробити висновок, що одне і те саме покриття в одних умовах експлуатації ріжучого інструменту може забезпечувати значне збільшення його стійкості, а в інших умовах може демонструвати негативний ефект.

Список літератури

1. Örnek M., Reddy K. M., Hwang C., Domnich V., Burgess A., Pratas S., Calado J., Xie K. Y., Miller S. L., Hemker K. J., Haber R. A. Observations of explosion phase boron nitride formed by emulsion detonation synthesis, *Scripta Materialia*, 2018, Vol. 145. P. 126–130.
2. Sanchez-L'opez J. C., Abad M. D., Justo A., Gago R., Endrino J. L., Garcia-Luisand A. M. Brizuela. Phase composition and tribomechanical properties of Ti-B-C nanocomposite coatings prepared by magnetron sputtering, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2012, Vol. 45. P. 375–401.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗШИТОГО СОПОЛІМЕРУ У МОТЗ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЛОСКОГО ШЛІФУВАННЯ

Циганов В.В., професор, кафедра «Металорізальні верстати та інструменти», НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя
Первєєв Д.В., асистент, кафедра «Металорізальні верстати та інструменти», НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

Одним із перспективних методів підвищення ефективності шліфування є використання мастильно-охолоджуючих технологічних засобів (МОТЗ) з високомолекулярною полімерною складовою. Зміна ефективності шліфування може відбуватись у зв'язку з дією на метал макрорадикалів та інших продуктів деструкції полімеру. Виникає необхідність визначення особливостей поверхневого пластифікування та диспергування металів під час різання з наявністю у зоні контактування абразивного інструменту та заготовки різних за хіміко-фізичними властивостями полімерів.

Проведений аналіз різних типів полімерних матеріалів вказує на доцільність використання під час обробки металів сополімерів з можливістю термомеханічної деструкції у місцях зшивки з отриманням відповідних макрорадикалів. На першому етапі досліджень було обрано сополімер акрилату та акриламиду калію, який легко розчиняється у воді та спрощує створення різноманітних розчинів та дисперсій.

Була розроблена методологія досліджень та відповідні пристосування для оцінки ефективності застосування зшитого сополімеру під час процесу плоского шліфування. У якості МОТЗ – використовували водний розчин зшитого сополімеру акрилату та акриламиду калію з концентрацією полімеру 0,02%.

Визначено, що впровадження розчину зшитого сополімеру акрилата та акриламиду калію до зони різання у умовах плоского шліфування зразків сталі 40Х підвищує її ефективність. Відбувається збільшення сили різання до 4%, а також зниження температури різання до 5%. При цьому шорсткість обробленої поверхні знизилась на 10%, продуктивність обробки підвищилась на 3%. Підвищення продуктивності шліфування, що супроводжується зниженням температури різання та шорсткості обробленої поверхні під час використання сополімеру вказує на складні фізико-хімічні явища у зоні контактування абразивного зерна та металу зразка.

Отримані результати вказують на перспективність використання зшитого сополімеру для підвищення ефективності плоского шліфування. Доцільно проведення подальших досліджень з визначення показників шліфування за різними умовами різання, особливо під час абразивної обробки важко оброблювальних матеріалів. Планується використання МОТЗ з складовою інших полімерів які мають менший поріг деструкції.

ВИЗНАЧЕННЯ ШОРСТКОСТІ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

*Олійник Я. О., аспірант кафедри ТМВІ, Некрасов С. С., доцент кафедри
ТМВІ, Сумський державний університет, м. Суми*

В даний час профілометри є основним інструментом для визначення шорсткості обробленої поверхні. Це пристрої, які використовуються для вимірювання форми поверхні об'єкта, надаючи точну інформацію про його рельєф, текстуру та інші параметри поверхні за допомогою сканування або дотичного вимірювання. Однак, незважаючи на широке застосування і корисність, профілометри мають і свої недоліки.

Одним з варіантів визначення шорсткості поверхні є використання аналізу зображень за допомогою нейронних мереж. Цей метод використовує комп'ютерний зір і машинне навчання для визначення шорсткості поверхні. Нейронні мережі ефективно вирішують проблеми обробки зображень, оскільки вони можуть вивчати складні взаємозв'язки між вхідними даними, такими як зображення, і вихідними параметрами, такими як шорсткість поверхні. Вони можуть автоматично порівнювати особливості зображень, важливі для оцінки шорсткості поверхні, такі як текстури, контури та інші характеристики.

Основним етапом необхідним для визначення шорсткості обробленої поверхні є навчання нейронної мережі. Для навчання нейронної мережі потрібно провести аналіз зображень поверхонь з різними значеннями шорсткості. Такими поверхнями найкраще використовувати зразки шорсткості, більш того на цих же зразках можлива перевірка достовірності отриманих результатів.

Для аналізу зображень поверхонь і спроби оцінити шорсткість потрібно надати фотографії у цифровому форматі з наступними вимогами:

Висока роздільна здатність: чим вища роздільна здатність фотографії, тим краще будуть видно деталі поверхні, що може допомогти в аналізі шорсткості.

Однакові умови освітлення: Всі фотографії повинні бути зроблені при однакових умовах освітлення, щоб колір і тіні не впливали на аналіз.

Інформація про шорсткість: Для кожного зображення з відомою шорсткістю необхідно надати цю інформацію (наприклад, у формі R_a в мікрометрах або іншій відповідній метриці).

Використання зображень з електронного мікроскопа та нейромереж для аналізу шорсткості поверхні є перспективним напрямком досліджень. Результати свідчать про ефективність цього підходу та його можливості для подальшого розвитку в промисловості. Цей метод може використовуватися для автоматизації процесів контролю якості та підвищення ефективності виробництва.

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

ВПЛИВ ГУСТИНИ РІДИНИ НА ПОКАЗНИКИ ТИСКУ U-ТРУБЧАСТИХ МАНОМЕТРІВ

Івченко О. В., зав. кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми
Литвиненко О. В., ст. викладач кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми
Ярина В. Р., студент групи СТ.мз-21с, СумДУ, м. Суми
Гейко Т. О., студент групи АІ-2201, СНАУ, м. Суми

Точність показів манометрів зазвичай мають вирішальне значення для забезпечення безпеки у виробництві з кількох причин, зокрема:

1) контроль тиску у виробничих системах. Багато технологічних процесів виробництва вимагають точного контролю тиску, щоб уникнути аварійних ситуацій. Наприклад, у системах з високим тиском значення показників тиску, що вимірює манометр можуть допомогти у попередженні перевищення допустимих меж тиску, що можуть призвести до вибухів або руйнування устаткування;

2) безпека працівників. Неточні показники манометрів можуть призвести до неправильних рішень операторів або інженерів щодо технічних процесів, що може створити серйозні загрози для безпеки працівників;

3) запобігання витоків. У разі, якщо манометр показує неправильні значення тиску, це може призвести до недооцінки тиску у системі та неправильного управління процесом, що може спричинити витік рідини або газу.

4) забезпечення якості продукції. Точність вимірювань тиску за допомогою манометрів може впливати на якість кінцевої продукції. Наприклад, у виробництві харчових продуктів або фармацевтичних засобів точний контроль тиску може бути критично важливим для забезпечення відповідних стандартів якості.

Отже, точність показів манометрів безпосередньо впливає на безпеку та ефективність технологічних процесів у виробництві.

U-трубчасті манометри показують правильний тиск тільки при одному значенні температури. Це пов'язано з тим, що індикативна густини рідини змінюється з температурою. Наприклад, якщо індикативною рідиною є вода, шкала водяного стовпця в мм вказує на 25,4 мм лише при температурі 4 °С, в той же час шкала ртутного стовпця показує на значення 25,4 мм при температурі 0 °С [1]. Тобто, значення показань тиску рідини з використанням води або ртуті, зняті при стандартних умовах вимірювань (20 °С), не є точними. Введена похибка становить близько 0,4 % показань для ртутного стовпця і близько 0,2 % для водяного стовпця. Так як манометри використовуються при температурі вище і нижче стандартної, потрібні поправки. Простим способом корекції зміни густини є наступне співвідношення густин:

$$(Стандарт) \rho_0 \cdot g \cdot h_0 = (Навоколишнє середовище) \rho_1 \cdot g \cdot h_1, \quad (1)$$

$$h_0 = \frac{\rho_t}{\rho_0} \cdot h_t, \quad (2)$$

де h_0 – скоригована висота індикуючої рідини до стандартної температури;

h_t – висота індикативної рідини при температурі під час зняття показників;

ρ_0 – густина індикативної рідини при стандартній температурі;

ρ_t – густина індикативної рідини при температурі під час зняття показників.

Цей метод дуже точний, коли відомі співвідношення густини і температури. Відповідні дані легко доступні для води та ртуті.

Густина (г/см³) як функція температури (°C) для ртуті дорівнює:

$$13,556786 (1 - 0,0001818(T - 15,5556))$$

Густина (г/см³) як функція температури (°C) для води дорівнює:

$$\begin{aligned} &0,9998395639 + 6,798299989 \times 10^{-5}(T) \\ &- 9,10602556 \times 10^{-6}(T^2) + 1,005272999 \times 10^{-7}(T^3) \\ &- 1,126713526 \times 10^{-9}(T^4) + 6,591795606 \times 10^{-12}(T^5) \end{aligned}$$

Для інших рідин шкали U-трубчастих манометрів та густина рідини можуть бути розроблені таким чином, щоб зчитувати мм водяного стовпця або ртутного стовпця при заданій температурі. Ця температура, як правило, є температурою навколишнього середовища. Це зменшує похибку через зміну температури, оскільки більшість манометрів використовуються при температурі навколишнього середовища або близькій до неї.

У деяких приладів прямі показання, близькі до розрахункової температури, досить точні. U-трубчасті манометри, як і раніше, показує правильні показання лише при одній температурі, і для точної роботи не можна ігнорувати поправки температури.

Таким чином, дані про співвідношення температури та густини повинні бути надані в технічній документації на U-трубчастий манометр для всіх рідин, які можуть застосовуватися в приладі.

Список літератури

1. Understanding Pressure and Pressure Measurement // David Heeley.
[Електронний ресурс] : – Режим доступу:
<https://www.nxp.com/docs/en/application-note/AN1573.pdf?&srch=1>

ВПЛИВ ГРАВІТАЦІЇ НА ПОКАЗНИКИ ТИСКУ U-ТРУБЧАСТИХ МАНОМЕТРІВ

Івченко О. В., зав. кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми
Литвиненко О. В., ст. викладач кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми
Ярина В. Р., студент групи СТ.мз-21с, СумДУ, м. Суми
Прикота А. І., студент групи АІ-2201, СНАУ, м. Суми

U-трубчасті манометри – це тип манометрів, які використовують U-подібну трубку з рідиною, щоб вимірювати тиск. Зазвичай вони складаються з прозорої трубки, наповненої рідиною, зануреної у рідину, яку вимірюють, та двох різних рівнів рідини в трубці. Зміна рівнів рідини у трубці відбувається відповідно до зміни тиску.

У сільському господарстві U-трубчасті манометри можуть мати кілька застосувань: 1) манометр використовується для контролю тиску в системах поливу для забезпечення оптимального зрошення рослин; 2) у сільському господарстві важливо точно контролювати дозування рідких добрив, і U-трубчасті манометри можуть допомогти в цьому, забезпечуючи точне вимірювання тиску; 3) манометри можуть бути використані для вимірювання тиску у різних етапах процесу наповнення та розподілу рідких ресурсів, таких як рідке добриво або пестициди; 4) у сільському господарстві використовуються гідропневматичні системи для різних цілей, таких як підйом води або управління системами автоматичного поливу, U-трубчасті манометри можуть допомогти в контролі тиску в цих системах.

Загалом, U-трубчасті манометри є корисними інструментами для контролю тиску у різних аспектах аграрного виробництва, допомагаючи забезпечити ефективне та оптимальне використання ресурсів та підтримуючи високий рівень продуктивності.

В той же час є необхідність в корекції сили тяжіння. Це пов'язано з тим, що сила тяжіння в місці розташування приладу регулює вагу стовпця рідини. Корекція є співвідношенням:

$$\begin{aligned} (\text{Стандарт}) \rho_0 \cdot g_0 \cdot h_0 &= (\text{Навколишнє середовище}) \rho_t \cdot g_t \cdot h_t \\ h_0 &= \frac{\rho_t \cdot g_t}{\rho_0 \cdot g_0} \cdot h_t \end{aligned}, \quad (1)$$

де h_0 – скоригована висота індикативної рідини до стандартної температури;

h_t – висота індикативної рідини при температурі під час зняття показників;

ρ_0 – густина індикативної рідини при стандартній температурі;

ρ_t – густина індикативної рідини при температурі під час зняття показників;

g_0 – стандартна гравітація – $980,665 \text{ см/с}^2$ ($45,54^\circ$ північної широти і над нульовим рівнем моря);

g_t – сила тяжіння в місці розташування приладів.

Відповідно до даних [1] зміна широти на 10° на рівні моря призведе до приблизно 0,1 % похибки в показаннях. На екваторі (0°) похибка становить приблизно 0,25 %. Збільшення висоти на 1 524 м призведе до похибки приблизно 0,05 %.

Значення сили тяжіння були визначені геодезичними службами країн Світу. Використовуючи ці значення, можна інтерполювати, щоб визначити значення сили тяжіння, достатнє для більшості робіт з вимірювань. Щоб отримати звіт про гравітацію, необхідні широта, довгота та висота над рівнем моря. Для точної роботи необхідно мати значення сили тяжіння, виміряне в місці розташування приладу.

Там, де високий ступінь точності не потрібен, а значення місцевої ваги не визначені, можна отримати розрахунки відмінностей від місцевої гравітації. Сила тяжіння на відомій широті дорівнює:

$$g_x = 980,616 \left(1 - 0,0026373 \cos 2x + 0,0000059 \cos^2 2x \right), \quad (2)$$

де g_x – значення сили тяжіння на широті x , рівень моря (см/с^2);

x – широта (градуси).

Сила тяжіння на висотах над рівнем моря становить:

$$g_t = g_x - 0,000094 \cdot H + 0,00003408 (H - H') \text{ (см/с}^2\text{)}, \quad (3)$$

де H – висота (фути) над середнім рівнем моря;

H' – середня висота (фути) загальної місцевості в радіусі 100 миль від точки.

Таким чином, другий доданок може бути виключений, коли H' невідомий, але точність визначення сили тяжіння зменшиться. Ступінь неточності визначається тим, наскільки H' змінюється від H . У гірській місцевості ця похибка може складати дуже велике значення та впливати на якість вимірювань.

Список літератури

1. Inclined Manometer Advantages / Назва з екрану. – [Електронний ресурс] : – Режим доступу: <https://sciencing.com/inclined-manometer-advantages-8761430.html>

ВПЛИВ НАПОРНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПОКАЗНИКИ ТИСКУ U-ТРУБЧАСТИХ МАНОМЕТРІВ

Івченко О. В., зав. кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми
Литвиненко О. В., ст. викладач кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми
Ярина В. Р., студент групи СТ.мз-21с, СумДУ, м. Суми
Халепа А. О., студент групи АІ-2201, СНАУ, м. Суми

U-трубчасті манометри – це тип манометрів, які використовуються для вимірювання тиску шляхом порівняння з рівнем рідини у двох під'єднаних трубках у формі латинської літери «U». Відповідні манометри мають широкий спектр застосувань, включаючи сільське господарство, зокрема:

U-трубчасті манометри можуть використовуватися для контролю тиску в системах зрошення, дозволяючи фермерам вимірювати тиск води, який подається до системи зрошення для забезпечення оптимального поливу рослин.

В гідропонічних системах, де рослини вирощуються у водних середовищах, U-трубчасті манометри можуть використовуватися для контролю тиску в системі, щоб забезпечити оптимальні умови для росту рослин.

У фермерському господарстві U-трубчасті манометри можуть використовуватися для вимірювання тиску у системах гноєспуску, допомагаючи контролювати тиск у системах розподілу гною.

В аграрних господарствах, де використовуються автоматизовані системи поливу, U-трубчасті манометри можуть бути використані для моніторингу тиску в системі, щоб забезпечити рівномірний та ефективний полив.

Загалом, U-трубчасті манометри є важливим інструментом для контролю тиску в різних аспектах аграрного виробництва, допомагаючи фермерам забезпечити оптимальні умови для вирощування рослин та обслуговування устаткування.

Зазвичай перепад тиску вимірюється висотою стовпця рідини. Власне диференціал тиску, що вимірюється індикативною висотою рідини, є різницею між густиною стовпця рідини і густиною рівної висоти середовища під тиском.

Поправки щодо впливу напору рідини на вимірювання тиску можна обчислити через наступний взаємозв'язок:

$$\rho_0 \cdot g_0 \cdot h_0 + \rho_m \cdot g_t \cdot h_t = \rho_t \cdot g_t \cdot h_t, \quad (1)$$

$$h_0 = \frac{(\rho_t - \rho_m) \cdot g_t}{\rho_0 \cdot g_0} \cdot h_t, \quad (2)$$

де h_0 – скоригована висота індикативної рідини до стандартної температури;

h_t – висота індикативної рідини при температурі під час зняття показників;

ρ_0 – густина індикативної рідини при стандартній температурі;

ρ_t – густина індикативної рідини при температурі під час зняття показників;

ρ_m – густина напірного середовища над індикативною рідиною;

g_0 – стандартна гравітація – 980,665 см/с² (45,54° північної широти і над нульовим рівнем моря);

g_t – сила тяжіння в місці розташування приладів.

Значення корекційного впливу напірного середовища на показання манометра залежить від показника рідини та середовища під тиском. Чи потрібна така корекція, залежить від вимог користувача до точності. Найпоширенішим середовищем під тиском є повітря. Відсутність поправки на повітря над водою дає похибку 0,12 % (використовуючи щільність повітря як 0,0012 г/см³). При точній роботі щільність повітря можна точно визначити, знаючи температуру, тиск і відносну щільність повітря. Поправка на повітря над ртуттю надзвичайно мала (похибка 0,008 %) і тому зазвичай може бути проігнорована.

Іншою комбінацією, яка часто використовується в проточних додатках, є вода над ртуттю. Корекція середовища тиску в цій ситуації є обов'язковою. Похибка в 7,4 % вноситься, якщо корекція не застосовується.

Таким чином, найбільш ефективно враховувати відповідні похибки за допомогою внесення змін в конструкцію U-трубчастих манометрів, зокрема, додавати відповідні поправки до шкали манометра.

Список літератури

1. Validyne pressure sensors and pressure transmitters have been trusted in the industry for over 45 years / Назва з екрану – [Електронний ресурс] : – Режим доступу: <http://www.validyne.com/blog/simplicity-accuracy-nothing-beats-pressure-manometer/>

ВПЛИВ КАПІЛЯРНИХ ЕФЕКТІВ НА ПОКАЗНИКИ ТИСКУ U-ТРУБЧАСТИХ МАНОМЕТРІВ

Івченко О. В., зав. кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми
Литвиненко О. В., ст. викладач кафедри ПТС, СНАУ, м. Суми
Ярина В. Р., студент групи СТ.мз-21с, СумДУ, м. Суми
Несвідомін А. В., студент групи АІ-2201, СНАУ, м. Суми

U-трубчасті манометри є одними з найпоширеніших типів манометрів, і вони мають широке застосування в харчовій промисловості. Ось деякі основні застосування цих манометрів у харчовій промисловості:

1. В харчовій промисловості великі кількості сировини або готової продукції зберігаються в резервуарах або цистернах під тиском. U-трубчасті манометри використовуються для нагляду за тиском у цих контейнерах, щоб забезпечити безпечні умови зберігання та транспортування продуктів.

2. В процесі виробництва харчових продуктів різні технологічні процеси можуть вимагати певного рівня тиску. U-трубчасті манометри допомагають контролювати цей тиск, забезпечуючи стабільні умови виробництва.

3. Важливим аспектом харчової промисловості є забезпечення високих стандартів гігієни та якості. U-трубчасті манометри використовуються для контролю тиску у системах очищення і фільтрації, щоб забезпечити ефективне видалення забруднень та забезпечити високу якість продукції.

4. У харчовій промисловості газові системи використовуються для різних цілей, включаючи карбонізацію напоїв, заправку газованих упаковок тощо. U-трубчасті манометри допомагають контролювати тиск у цих системах, щоб забезпечити стабільність процесу та якість продукції.

В той же час під час їх експлуатації виникають капілярні ефекти. Це обумовлено характеристикою поверхневого натягу або змочування між рідиною і скляною трубкою. В результаті поверхневого натягу або змочування більшість рідин утворюють опуклий меніск. Ртуть є єдиною індикативною рідиною, яка не змочує скло [1] і, отже, утворює увігнутий меніск. Для отримання консистентного результату необхідно завжди спостерігати за рідинним меніском однаково, незалежно від того, опуклий він чи увігнутий.

Щоб зменшити вплив поверхневого натягу, U-трубчасті манометри повинні бути сконструйовані з трубами, які мають великий отвір. Це сплющує меніск, полегшуючи зняття показників тиску. Трубка з великим отвором також сприяє відтоку рідини. Чим більше колодязь, тим менше затримка в часі під час дренуванні.

Ще одним фактором, що контролюється, є накопичення корозії та бруду на поверхні рідини. Наявність стороннього матеріалу змінює форму меніска.

Якщо використовується ртуть, допустимо постукувати або вібрувати трубку, щоб зменшити похибку в показаннях тиску.

Таким чином, U-трубчасті манометри є важливим інструментом для забезпечення безпеки, якості та ефективності виробництва в харчовій промисловості. Вони допомагають контролювати тиск у різних процесах та системах, що є ключовим аспектом забезпечення високої якості та безпеки харчових продуктів.

У випадку застосування U-трубчастих манометрів, де тиск вимірюється за допомогою рідини у трубці, капілярні ефекти можуть викликати зміни в рівні рідини в трубці, що може призвести до похибок вимірювань. Наприклад, якщо в рідині манометра відбувається підняття або опускання рівня через капілярний ефект, це може призвести до помилкових значень тиску.

Для уникнення або зменшення впливу капілярних ефектів, можуть бути жжиті наступні заходи:

1. Використання трубок з більшим діаметром може зменшити вплив капілярних ефектів, оскільки менше тиск буде потрібний для переміщення рідини в таких трубках.

2. Використання рідини з меншим поверхневим натягом може зменшити схильність до капілярних ефектів.

3. Забезпечення стабільних умов експлуатації манометра, таких як стабільна температура та відсутність вібрацій, може допомогти зменшити вплив капілярних ефектів на вимірювання.

4. Періодична перевірка та калібрування манометрів може допомогти виявити будь-які неточності, включаючи ті, які можуть бути спричинені капілярними ефектами, і виправити їх для забезпечення точних вимірювань.

5. Одним з шляхів зменшення капілярного впливу є додавання в рідину манометра змочувального агента. Додавання змочувального засобу допомагає в отриманні симетричного меніска. Це зменшує труднощі при знятті показників, але може вплинути на густину робочої рідини манометра.

Список літератури

1. Manometers / Назва з екрану. – [Електронний ресурс] : – Режим доступу:
<https://faraday.physics.utoronto.ca/PVB/Harrison/Manometer/Manometer.html>

OVERHAUL, RETROFITTING, OR REPLACEMENT MACHINES? ASPECTS OF DECISION-MAKING.

Cherkashyn V., student, gr. TM-01-2; Evtuhov A., Associate Professor, Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools, Sumy State University, Sumy, Ukraine; Adamenko D., Executive Assistant CTO, WAGO GmbH & Co. KG, Minden, Germany

As part of the cooperation between the Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools of Sumy State University and WAGO GmbH & Co. KG, a study was initiated related to the search for technical solutions to increase the efficiency of the machines of the grinding group used at the enterprise.

WAGO GmbH & Co. KG is a leading manufacturer of electrical terminals, the components of which are produced in particular by stamping methods. Finishing of components of stamps and press-molds is carried out using abrasive and diamond grinding methods.

With each passing year, the moral and physical aging of the grinding machines available at the enterprise, many of which are more than 15 years old, becomes more and more critical. The answer to the aging question of machines is their overhaul, retrofitting, or replacement.

Classic overhaul of the machine involves complete disassembly and inspection of mechanical, electrical, pneumatic, and hydraulic systems, as well as their restoration and renewal (if necessary) by current quality standards [1]. At the final stage of repair, the machine is assembled, and functional and geometric tests are carried out.

It should be noted that, according to [1], overhauling a grinding machine with a CNC can cost up to 75 percent of the cost of a new machine. It should also be remembered that the typical overhaul cycle can be up to 15 years, depending on the design of the machine, the intensity of its use, and the quality of its current maintenance.

The refitting of machines usually involves adding new functions that increase the productivity and complexity of work processes by introducing additional automation systems. A typical example of such refitting is the introduction of intelligent automatic control systems, automatically controlled drives, and measuring systems.

Replacing the machine is an effective solution in case of critical wear of its components and low reliability, which causes a catastrophic decrease in the quality of product processing and increased downtime.

Список літератури

1. Overhaul, Retrofit or Replace Machines? [Electronic resource].
<https://www.grinding.ch/en/united-grinding/motion/motion-blog/article/news/overhaul-retrofit-or-replace-machines-1/>

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

THE MODIFYING EFFECT OF POLYMER SOLUTIONS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF EPOXY COMPOSITES

*V.P. Kashytskyi, prof., O.L. Sadova, associate prof., A.V. Chernov, PhD,
O.V. Dudych, student, Department of Materials Science,
Lutsk National Technical University, Lutsk*

Fillers make it possible to improve the mechanical properties of polymer composites in the case of high interphase interaction [1]. It is possible to increase the adhesion of various types of polymers to the surface of filler particles by mixing with other polymers [2], by modifying polymers with various types of treatments [3] or by surface treatment of filler particles [4]. The use of highly dispersed fillers leads to the aggregation of powder particles, which reduces the mechanical properties of polymer composites. In order to prevent the aggregation of particles [5], surface modification is carried out, which ensures their uniform distribution and the formation of physical and chemical bonds. Application of a thin layer of the substance on the filler surface improves the wettability of the fillers in polymer composites, which increases the adhesion between the filler and the polymer matrix.

The use of a solvent allows you to reduce the viscosity of the polymer composition and increase the wetting of the filler particles. It is advisable to use highly volatile substances that can quickly evaporate from the composition during mixing. Cyclohexanone dissolves polyvinyl chloride, so it is advisable to use it to dissolve polyvinyl chloride powder to obtain a modifying additive to the composition of the epoxy binder. The adhesive strength of epoxy polymers increases by 30% in the case of introducing a solvent in the amount of 3 parts by weight. For a higher solvent content in the amount of 9 parts by weight adhesive strength does not increase. Adhesive strength increases by 36% with a cyclohexanone content of 15 parts by weight. The adhesive strength and compressive strength of epoxy polymers decreases with a higher content of cyclohexanone (18-21 parts by weight) due to its accumulation in the volume of the material.

The use of polyvinyl alcohol powder, which was dissolved in cyclohexanone, to saturate highly dispersed particles of titanium (IV) oxide in the amount of 4-6 parts by weight increases the adhesive strength of epoxy composites by 22-43%. This is due to the formation of additional chemical bonds between the components of the epoxy system and the plasticizing action of the modifier. Additional bonds between the components of the epoxy system were formed due to the partial wetting of the surface of the filler particles as a result of the dissolution of polyvinyl alcohol macromolecules. In the case of using a solution of polyvinyl chloride, the adhesive strength of epoxy composites with a content of 6 parts by weight of titanium (IV) oxide powder increases by 2 times compared to the unmodified epoxy system.

Compressive strength increases for epoxy composites with a content of 2-6 parts by weight of titanium (IV) oxide powder particles treated with polyvinyl chloride solution. This can be explained by the better interaction of polyvinyl chloride macromolecules with the surface of the filler particles, as a result of which the particles form strong bonds with the epoxy polymer matrix. The use of a higher content of polyvinyl chloride for the surface treatment of the filler particles reduces the compressive strength due to the excess content, which enhances the plasticizing effect. The use of a small amount (2-4 parts by weight) of titanium (IV) oxide powder, which is saturated with a solution of polyvinyl alcohol, leads to a decrease in compressive strength, since this additive is incompletely dissolved. The compressive strength increases by 5-8% in the case of saturation of the titanium (IV) oxide powder with a solution of polyvinyl alcohol in the amount of 6-8 parts by weight, which is associated with the formation of a separate phase. This phase performs a reinforcing function.

The use of the cyclohexanone solvent in the optimal amount (15 parts by weight) ensures the uniform formation of the epoxy composite coating due to the complete dissolution of polyvinyl chloride. Polyvinyl chloride is a modifier of the epoxy polymer matrix. The surface treatment of finely dispersed titanium (IV) oxide powder is also carried out with polyvinyl chloride. Preparation of the filler is carried out by dissolving polyvinyl chloride powder (3 parts by weight) in a solvent (cyclohexanone) (15 parts by weight) with exposure for 10-15 minutes at a temperature of 20-25 °C to saturate the surface of the particles with PVC macromolecules. This makes it possible to obtain a homogeneous composition suitable for the formation of an operational layer.

References

1. V. Kumar, Dr.M. Chandrasekaran, P. Mohanraj, R. Balasubramanian, M. Rajaraman, V.S. Shaisundaram. Fillers preparation for polymer composite and its properties - A review. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2), 212-217. (2018). DOI: 10.14419/ijet.v7i2.33.13889
2. F. Awaja, M. Gilbert, G. Kelly, B. Fox, P.J. Pigram. Adhesion of polymers. *Progress in Polymer Science*, 34 (9), 948-968. (2009). DOI: org/10.1016/j.progpolymsci.2009.04.007
3. M. Hamdi, M.N. Saleh, J. A. Poulis. Improving the adhesion strength of polymers: effect of surface treatments *Journal of Adhesion Science and Technology*, 34(1), 1853-1870 (2020). DOI: org/10.1080/01694243.2020.1732750
4. E.J. Joseph, V.R. Akshayraj, K. Panneerselvam. Surface modification of tungsten fillers for application in polymer matrix composites. *Materials Today: Proceedings*, 45(9), 7930-8230 (2021). DOI: org/10.1016/j.matpr.2020.12.824
5. M.Z. Rong, M.Q. Zhang, W.H. Ruan. Surface modification of nanoscale fillers for improving properties of polymer nanocomposites: A review *Materials Science and Technology*, 22(7), 787-796 (2013). DOI: org/10.1179/174328406X101247

ВИСОКОПРОДУКТИВНЕ ОКСИДНО-НІТРИДНЕ БАГАТОШАРОВЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ РІЖУЧОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

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

Високопродуктивне покриття для ріжучого твердосплавного інструменту повинно витримувати високу температуру і бути інертним до взаємодії з матеріалами, що обробляються інструментом. Такими властивостями володіє покриття на основі оксиду алюмінію. Але отримання високотемпературної модифікації алюмінію пов'язане з певними труднощами. Перехід із метастабільних модифікацій у стабільну до 2044 °С відбувається при температурі 1200 °С. Існуючі методи отримання покриття обмежені за температурою до 1050 °С. Температура появи рідкої фази у твердому сплаві становить 1280 °С. Виникає проблема забезпечити температуру на контактних поверхнях не нижче 1200 °С і при цьому не перегріти сплав. Вирішенням проблеми може бути нанесення бар'єрного захисного шару на інструмент та короткочасне високотемпературне нагрівання зони нанесення покриття. Цим вимогам відповідає метод мікродугового оксидування (МДО). Оскільки нагрівання інструменту не об'ємне, а розряд концентрується в дискретних мікрооб'ємах - порах, тривалість його короткочасна і присутній бар'єрний шар, то перегріву твердого сплаву не відбувається [1]. При використанні цього методу матеріал розігрівається на відстані 300 мкм від зони впливу розряду лише на 500 °С. Мікродугове оксидування – це процес отримання покриттів на поверхні електропровідного матеріалу, що знаходиться в електроліті, у високовольтному режимі, що забезпечує наявність локальних мікророзрядів, що переміщуються по поверхні за його анодної поляризації. Встановлено, що в процесі МДО у зв'язку з різною температурою охолодження отримані модифікації оксиду алюмінію розташовані пошарово, внутрішній і зовнішній шари складаються в основному з $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, а шар між ними з $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ [2].

Для того, щоб провести операцію оксидування методом МДО на поверхню ріжучої пластини необхідно нанести алюмінієве покриття. Добрі властивості (пластичність, міцність зчеплення, низька пористість) мають алюмінієві покриття, напилені у вакуумі. Такі покриття практично безпористі при товщині 12–15 мкм і не змінюють механічних властивостей основи. Підготовка поверхні підкладки зазвичай необхідна, але якщо її нагрівати вище 320 °С, то потреба попередньої підготовки відпадає, причому нагрівання рекомендується вести електронно-променевим способом.

Іншим способом нанесення алюмінію є газотермічне і, перш за все, плазмове напилення. Цим способом можна отримувати покриття як пошаровим їх напиленням, так і з суміші відповідних порошків. При плазмовому напиленні плазموутворюючий газ пропускається через електричну дугу, в результаті із сопла отримується струмінь плазми. Напилюваний матеріал вводиться в плазмовий струмінь у вигляді порошку,

плавиться в ньому і з високою швидкістю прямує до поверхні, на яку конденсується. Як плазмоутворюючий газ використовуються зазвичай аргон або азот. Переваги методу плазмового напилення: простота, відносна дешевизна, можливість наносити покриття на великі конструкції досить товстими шарами задовільної якості та отримувати покриття із тугоплавких матеріалів. Шаруватість надає покриттям, напиленим плазмою, еластичність. Товщина покриттів, одержуваних плазмовим напиленням, може змінюватись від 15 мкм до кількох міліметрів, але покриття з товщиною понад 1 мм через високий рівень внутрішніх напруг схильні до відшаровування. Пористість таких покриттів знаходиться в межах від 2 до 15 %, їхня міцність зчеплення з основою становить 10 – 60 МПа. Для підвищення міцності зчеплення поверхня деталі, що напилюється, попередньо піддається знежиренню та абразивно-струминній обробці безпосередньо перед нанесенням покриття. Для зменшення окислення і загазованості покриттів використовують напилення в захисних камерах з контрольованою атмосферою. Для зменшення пористості покриттів їх піддають термообробці, просоченню з термообробкою, а також оплавленню нанесеного шару.

Найбільш прийнятним методом для нанесення на дрібнорозмірні деталі із складною формою є метод КІБ, який є найбільш продуктивним, відносно недорогим, забезпечує малу пористість і гарне зчеплення отриманих покриттів з основою та дозволяє варіювати товщину покриттів від 1 до 120 мкм і змінювати параметри процесу в широких межах, є досить простим та економічним порівняно з іншими. В результаті аналізу літературних джерел [1, 2] та отриманих експериментальних результатів було встановлено, що проведення попередньої обробки для отримання бар'єрного шару є обов'язковою стадією процесу нанесення алюмінієвого покриття, так як забезпечує як хорошу адгезію між покриттям і основою, і виключає небажаний вплив кобальтової фази з одержуваним покриттям; у зв'язку з високою температурою 1200 °С фазового переходу метастабільних модифікацій Al_2O_3 в $\alpha-Al_2O_3$ модифікацію (корунд), для отримання оксидно-нітридних покриттів доцільно використовувати метод МДО, який на відміну від інших методів покриття інструменту, дозволяє проводити процес при температурі понад 1200 °С і не перегрівати твердосплавну основу.

Список літератури

1. Варакін В.О., Говорун Т.П. Покращення властивостей ріжучого твердосплавного інструменту шляхом синтезу оксидно-нітридних комплексних покриттів. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма ІХ Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 19–22 квітня 2022 р.): тези доповідей : СумДУ, 2022. С. 76.

2. Варакін В.О., Говорун Т.П. Зміцнення ріжучого твердосплавного інструменту при нанесенні оксидно-нітридних багатошарових покриттів. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма Х Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 18–21 квітня 2023 р.): тези доповідей : СумДУ, 2023. С. 93-94.

СТАБІЛЬНІСТЬ ПОКРИТТЯ НІТРИДУ ХРОМУ ПРИ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В УМОВАХ ДИФУЗІЇ БОРУ

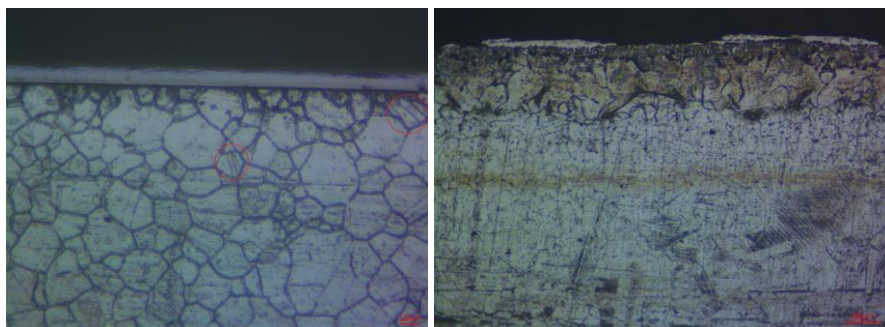
*Князев С.А., канд. техн. наук, Педченко Д. О.,
каф. «Матеріалознавство», НТУ «ХПІ», м. Харків*

Досить часто дослідження ефективності дифузійного бар'єру проводяться в електроніці [1], однак і інші сфери господарчої діяльності, наприклад, енергетика, потребують практичних досліджень.

У роботі [2] проводилося дослідження тонких плівок з TiN і ZrN за різних температур, які було нанесено на Fe, для захисту від Ce, що дає уявлення про ефективність цих захисних покриттів, які служать ізолятором палива від теплоносія в активній зоні ядерного реактора. Явище, що загрожує цілісності оболонки, називається хімічною взаємодією паливної оболонки, що виникає за підвищених температур внаслідок набухання металевого палива та його контакту з поверхнею оболонки під дією опромінення. Крім того, продукти поділу лантанодів, що мігрують до межі розділу між паливом і оболонкою, також сприяють цьому явищу. Все це може призвести до зниження механічної стабільності конструкції. Для порівняння у роботі [2] було проведено дослід без використання нітридних покриттів (Fe/Ce). Пари Fe/Ce після відпалу при 500 °C протягом 24 годин показують, що існує очевидна дифузія з обох сторін межі розділу, і важко визначити точне розташування межі розділу Fe/Ce. Зі збільшенням температури та часу глибина дифузії відповідно збільшується [2]. На відміну від випадку голих дифузійних пар Fe/Ce відпаленої поверхні розділу Fe/Ce, покритої TiN, дослідження показує, що немає очевидної дифузії через інтерфейс шару TiN товщиною 500 нм за всіх випробуваних температур і тривалостей. Поверхня чиста і різка після відпалу при 600 °C протягом 24 годин. Відповідна ситуація складається і для покриття ZrN. З наведених вище експериментальних результатів очевидно, що обидва, TiN і ZrN, служать відмінними дифузійними бар'єрами між Fe і Ce до максимальної температури, випробуваної в цьому дослідженні, 600 °C [2].

Спираючись на попередні дослідження [3], відомо, що покриття нітриду хрому мають підвищену корозійну стійкість. Прості за складом покриття порівняно легко отримувати і контролювати їх параметри, а хром як матеріал є недорогим та бездефіцитним. Нітридне покриття було нанесено на сталь AISI 304 (покриття на зразки нанесено Столбовим В.О. у ННЦ ХФТІ). В якості агенту, що дифундує було обрано бор. Дифузія відбувається в окисному середовищі термічної печі при температурі 800 - 1100 °C, протягом 5 годин.

Мікротвердість отриманих покриттів нітриду хрому становить 16 – 26 ГПа. Товщина шару 23 мкм.



a (x500)

б (x200)

Рисунок 1 – Поперечний розріз зразків з нітридним покриттям після 800 °С (а) та 1100 °С (б), 5 годинних витримок у середовищі активного бору

Після високотемпературної взаємодії аустенітної сталі з бором на поверхні присутня дифузійна активність, виражена у зміні структури, яка простягається на глибину щонайменше 130 - 150 мкм. Такі зміни можуть суттєво вплинути на механічні властивості тонколистового матеріалу (3 мм і менше). Зі сторони нітридного шару суцільний дифузійний шар становить не більше 20 мкм, а повний дифузійний шар, включаючи зону дифузії по границям аустенітних зерен - 100 мкм.

Таким чином, основні магістральні лінії проникнення дифузійного агенту у аустенітну сталь є границі зерен. Нітридне покриття на основі CrN при тривалій дії активного бору за температур 800 °С є надійним дифузійним бар'єром, незважаючи на рекристалізаційні процеси у сталі. При 1100 °С покриття нітриду хрому може суттєво затримати проникнення високо активного дифундуючого елемента і зменшити глибину проникнення у 1,3 – 1,5 разів, хоча слід визнати той факт, що температура 1100 °С створює значні деструктивні умови перебування для покриття з нітриду хрому.

Список літератури

1. R. Li, M. Li, C. Jiang, B. Qiao, W. Zhang, J. Xu, Thermal stability of AlCrTaTiZrMo-nitride high entropy film as a diffusion barrier for Cu metallization, *Journal of Alloys and Compounds* (2018)
2. Fauzia Khatkhatay, Jie Jian, Liang Jiao, Qing Su, Jian Gan, James I. Cole, Haiyan Wang Diffusion barrier properties of nitride-based coatings on fuel cladding. *Journal of Alloys and Compounds* 580 (2013) 442–448
3. Postelnyk, H., Sobol, O., Chocholaty, O., Knyazev, S. Structure and Corrosion Resistance of Vacuum-Arc Multi-period CrN/Cu Coatings Lecture Notes in Mechanical Engineering (2020) 532–541

СТВОРЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО ЕКВИМОЛЯРНОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ Fe-Cr-Al-Si-B

*Князева Г.О., PhD, Сосонний О.В.,
каф. «Матеріалознавство», НТУ «ХПИ», м. Харків*

Багатокомпонентні сплави, нова грань в розвитку матеріалознавства та інженерної науки, відкривають неймовірні можливості для отримання матеріалів із збільшеним спектром властивостей та функціональністю. Там, де раніше використовували лише обмежену кількість компонентів для легування, багатокомпонентні сплави дозволяють експериментувати з широким спектром хімічних складів, відкриваючи нові можливості для досягнення бажаних властивостей матеріалу.

Зразок сплаву отриманий індукційною плавкою при температурі приблизно 1600 °С.

Хімічне травлення мікрошліфа ускладнене. Традиційними травниками на основі розчинів азотної кислоти мікроструктура не виявляється. Протравити мікроструктуру вдається лише розчином азотної кислоти з хлорним залізом, який застосовується для травлення високолегованих і корозійностійких сталей. Це якісно засвідчує високу хімічну стійкість отриманого багатокомпонентного сплаву.

Мікроструктура, представлена на рисунку 1, вказує на велику кількість зерен різних за формою (прямокутні, овальні) та структурою.

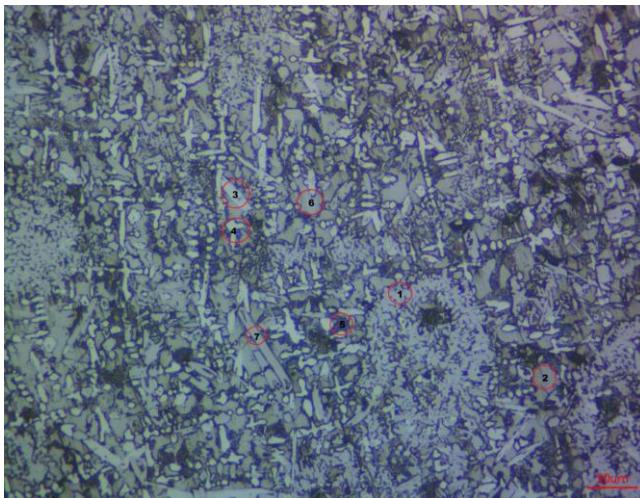


Рисунок 1 – Мікроструктура отриманого сплаву (x200)

Межі між зернами мають чіткі границі хвилястої форми. На деяких ділянках спостерігаються скупчення однієї фази зерен. Однак в цілому мікроструктура достатньо однорідна по всьому перетину зразка. Спостерігається порівняно дрібна структура, а також достатньо велика кількість зерен різної форми, приблизно можна виділити 7 структурних складових. Середній розмір структурних складових не перевищує 10 мкм, що є гарним результатом для структур первинної кристалізації. Дендритна морфологія прослідковується слабо і притаманна лише одній структурній складовій, яка здатна трансформуватись у глобулярні, згладжені форми.

Цікаві результати отримано елементним аналізом. Оптико-емісійний спектральний аналіз показав, що в цілому сплав відповідає еквімолярним концентраціям: 21,5% Fe; 23,6% Cr; 19,3% Al; 19,1% Si; 16,5% В. Вуглець присутній у якості домішок на рівні 0,015%, що майже на межі визначення приладом цього елемента. Його джерелом слугує карбід бору та матеріал тиглю. Традиційні шкідливі домішки, такі як сірка і фосфор, спостерігаються у вигляді «слідів» і знаходяться за межами чутливості приладу (сірки менше ніж 0,001%, фосфору менше ніж 0,005%). Такий гарний результат по кількості шкідливих домішок забезпечений не тільки шихтою, але і позитивною рафінуючою дією бору. Бор є активним розкисником та рафінуючим елементом, тому, напевно і у результуючій плавці його помітно менше ніж 20% (на які розраховували при складанні шихти). Такий висновок робиться на підставі того, що у залізному порошок, за даними постачальника присутньо щонайменше 0,015 % сірки та 0,03% фосфору.

Найтвердіша структурна складова має кутовату і протяжну морфологію. Мікротвердість дендритоподібних формувань знаходиться на рівні 8 ГПа. Темнуваті поліедричні зерна мають середній рівень мікротвердості 3,6 – 4,8 ГПа. Інші структурні складові є порівняно м'якими, і з великою долею вірогідності – пластичні. Отримані значення мікротвердості не дотягують до рівня боридів. Так, борид FeB має мікротвердість 18 ГПа, Fe₂B – 14 ГПа. Як показав елементний аналіз, вища кількість вуглецю недостатня для формування цементиту. Таким чином, формування боридів і карбідів виключено. Таке поєднання властивостей фаз є вигідним, оскільки маємо фактично композицію із твердих і міцних, а також м'яких і пластичних структур.

Фазовий склад, вивчений рентгендіфракційним методом, показав характерне утворення у сплаві фаз твердого розчину на основі Fe та Cr, а також нестехіометричних інтерметалідів Cr_{0,7}Fe_{0,3}, Fe_{0,91}Si_{0,09}.

Той факт, що основою сплаву є фази твердих розчинів дає привід вважати отриманий сплав високоентропійним.

Список літератури

1. Cantor B., Chang I.T.H., Knight P., Vincent A.J.B. Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys // Mater. Sci. Eng. A 2004. V. 375–377. P. 213–218

ДОСЯГНЕННЯ ТА ІННОВАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ЛИТТЯ

*Масалітова К.І., магістр гр. МТ.м-31,
Говорун Т.П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ*

Майбутнє технологій лиття обіцяє низку інновацій та досягнень, які перетворюють цей промисловий процес. Однією з ключових інновацій є використання передових програмних засобів для створення та аналізу 3D-моделей виливок. Це дозволяє точніше моделювати деталі, виявляти потенційні дефекти та уникати їх у процесі виробництва. Технологія адитивного виробництва, або 3D-друку, також революціонує лите виробництво. Вона дозволяє створювати складні геометричні форми, які були б неможливі для виготовлення за допомогою традиційних методів. Це розширює можливості проектування та виробництва, дозволяючи виготовляти більш ефективні та зручні деталі з меншими витратами на матеріали і технології отримання. Особлива увага приділяється екологічній стійкості виробництва. Використання перероблених матеріалів та енергоефективних технологій допомагає зменшити викиди та негативний вплив на навколишнє середовище. Всі ці досягнення та інновації в сфері технологій лиття відображають наближення до більш ефективного, точного та екологічно стійкого виробництва. Це відкриває нові перспективи для розвитку промисловості та її впливу на світову економіку.

Одним із ключових аспектів впровадження іноваційних розробок в технологічні процеси отримання деталей литтям є використання технології 3D-моделювання для створення литих деталей, що можна побачити на прикладі комп'ютерного моделювання деталі "втулка".

Починаючи з розробки конструкторського креслення в програмі SolidWorks, де детально пророблені всі особливості та характеристики втулки (рис. 1, а), можна перейти до моделювання виливка втулки і оснастки (рис. 1, б) для лиття та кроку усунення можливих дефектів [1].

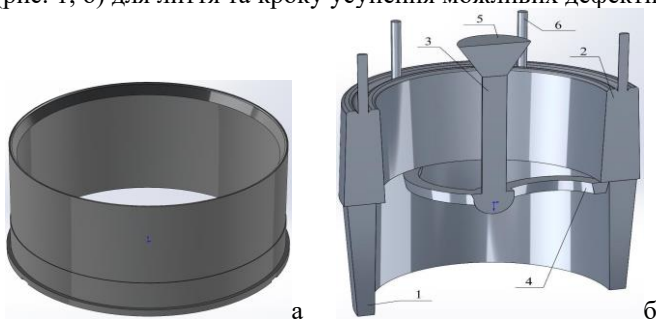


Рисунок 1 – 3D-модель (а) і модель оснастки виливка деталі «втулка» (б): 1 – модель виливка; 2 – модель прибілі; 3 – стояк; 4 – живильники; 5 – воронка для заливання металу; 6 – випора [1]

Оскільки втулка має просту та симетричну форму, то для неї застосовують звичайний конусоподібний варіант присвоєння припусків. Також, щоб не було усадки в середині виливка, його роблять конусоподібним з розширенням в гору, щоб низ виливка кристалізувався більш швидко, а в верх виливка був доступ до рідкого металу, який знаходиться в прибилі.

Застосування програм NovaFlow Solid і MAGMASOFT® дозволяє виявити та усунути усадкові раковини (рис. 2) ще на етапі проектування [1].

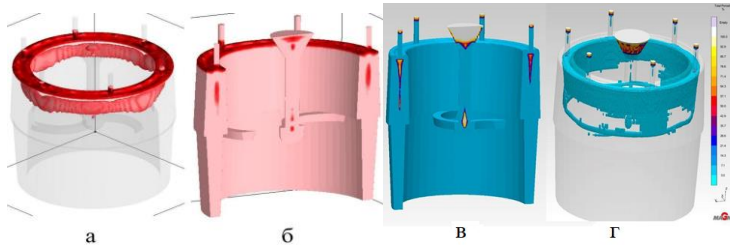


Рисунок 1– Результати розрахунку усадкових раковин деталі «втулка» в програмі NovaFlow Solid: вид x-ray (а); вид в розрізі (б) і в програмі MAGMASOFT®: вид в розрізі (в); вид x-ray (г) [1]

При розробці моделі потрібно враховувати припуски, їх кількість, розміри та розташування прибилів. Також при створення такої моделі потрібно враховувати її можливість формування для лиття. При розробці 3D-моделі потрібно враховувати також і економічну доцільність.

Неабиякою інновацією є використання технології адитивного виробництва, або 3D-друку. Цей підхід дає змогу створювати витончені та геометрично складні форми, які раніше було важко досягти традиційним литтям. Такий підхід полегшує виготовлення деталей з високим ступенем точності та складності. Окрім цього, акцент робиться на збереженні навколишнього середовища. Використання перероблених матеріалів та зменшення викидів стають важливими складовими процесу лиття, роблячи його більш екологічно чистим та відповідальним. Застосування таких інновацій у виготовленні деталей, зокрема втулки, відображає сучасний підхід до технології лиття та визначає перспективи сталого розвитку [2].

Список літератури

1. Масалітова, К.І. «Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки втулки насосу типу КСВ» [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 132 «Матеріалознавство» / К.І. Масалітової; наук. керівник Т.П. Говорун - Суми: СумДУ, 2023. - 92 с.

2. The Future of Casting Technique: Innovations and Advancements. [Електронний ресурс] - Режим доступу : <https://microcaregroup.com/future-of-casting-technique/>

ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ЛЕГОВАНИХ ПОКРИТТІВ З ВИСОКОЕНТРОПІЙНОГО СПЛАВУ $\text{AlCr}_{0.5}\text{FeCo}_{1.75}\text{Ni}_3\text{W}_{0.5}\text{Ti}_{0.8}\text{V}_{0.6}$

*Мисливченко О.М., с.н.с., Литвин Р.В., зав. лабораторії,
ІПМ ім. І.М. Францевича НАНУ, м. Київ*

В даній роботі методом дугового переплаву отримано високоентропійний сплав (ВЕС) $\text{Ni}_3\text{Ti}_{0.8}\text{AlCr}_{0.5}\text{W}_{0.25}\text{FeCo}_{1.75}\text{V}_{0.6}$, та показано, що його фазовий склад представляє собою два ОЦК один ГЦК тверді розчини, та борид зі структурою типу W_2CoB_2 . Використовуючи отриманий злиток було виготовлено електроди та отримано електроіскрові (ЕІЛ) покриття на сталі 20 при енергіях розряду 0,52 і 1,1 Дж. Покриття наносили на зразки розміром 10 мм × 14 мм на установці Елітрон-24А. Фазовий склад визначали методом рентгенівської дифракції у фокусуєчій геометрії Брега–Брентано на дифрактометрі ДРОН-3 в Со-К α -випромінюванні.

Дослідження мікроструктури поперечного перерізу нанесеного покриття показало, що на межі розділу покриття-підкладка не спостерігається дефектів та перехідного шару. Мікроструктура покриттів представляє собою суцільний «світлий шар» з незначним включенням пор.

В зв'язку з цим значний інтерес становить фазовий склад отриманих покриттів який представлено на рис.1. Як видно з отриманих даних на поверхні покриттів утворюються два тверді розчини з ГЦК та ОЦК структурами та спостерігається незначна кількість бориду. Вміст бориду в покритті значно менше, ніж в електроді, тому що швидка кристалізація при нанесенні ЕІЛ покриттів збільшує розчинення компонентів в фазових складових і зменшує композиційну сегрегацію в матриці твердого розчину. Варто відмітити, що також спостерігається зменшення періодів ґраток твердих розчинів для покриття в порівнянні з періодами ґраток твердих розчинів електроду.

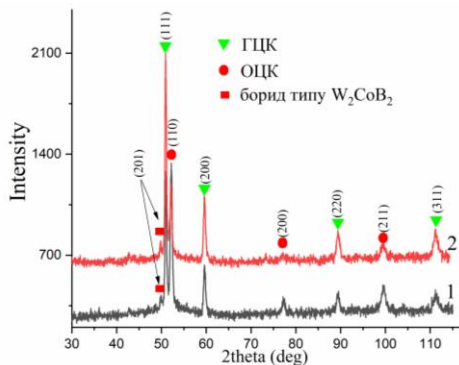


Рисунок 1 – Дифрактограми з поверхні покриттів $\text{AlCr}_{0.5}\text{FeCo}_{1.75}\text{Ni}_3\text{W}_{0.5}\text{Ti}_{0.8}\text{V}_{0.6}$: 1) 0,52Дж, 2) 1,1Дж

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ОТРИМАННЯ ДЕТАЛІ «МАТРИЦЯ ВИРУБНОГО ШТАМПУ»

*Молнар Ю.О., студентка гр. МТ-01/1,
Говорун Т.П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ*

Матриця є розділовим інструментом штампа із внутрішнім робочим контуром, який безпосередньо діє на виготовляемий виріб чи заготовку. Основне призначення матриці – забезпечити точність та репродукцію форми при багатократному виготовленні однакових деталей. Матриця є важливою деталлю в процесі масового виробництва металевих частин та виробів.

Матриця вирубного штампу використовується для формування та обробки листового металу або інших матеріалів. Вона має оптимальну форму, щоб отримати необхідну геометрію деталі. Матриця вирубного штампу є важливим інструментом у виробництві, її надійність і якість безпосередньо впливають на виготовлені вироби. Умови роботи матриці включають великі тискові та температурні навантаження, а також багаторазове використання. Матриця вирубного штампу повинна володіти такими експлуатаційними характеристиками, як міцність, зносостійкість, стійкість до корозії.

Матриці можуть виходити з ладу під впливом різних факторів: знос або подряпини на робочій поверхні матриці, тріщини, корозія на поверхні, злам або відшарування матеріалу, неправильна геометрія вирубаного виробу, нерівномірне зношування матриці. Сучасні виробники використовують системи моніторингу, які вимірюють знос матриці і надають дані для запланованого обслуговування та заміни.

Вибір матеріалу для деталі «матриця вирубного штампу» та методів отримання є ключовим етапом у розробці ефективних та тривалих у роботі інструментів, що мають добру надійність та довговічність. Для виготовлення матриці вирубного штампу необхідно, щоб сталь була високоміцною, мала високу твердість і зносостійкість, високу загартованість і прогартованість. Для матриць застосовують інструментальні штампові сталі Х12, ХВГ, Х12ВМ, Х12М, У10А, 6ХВГ, 4ХМФС. Особливою істотною складовою технології виробництва інструментів таких, як матриці вирубних штампів, є технологічний процес отримання і зміцнення.

Технологічний процес повинен забезпечувати виконання всіх вимог до точності та якості деталі в цілому, зазначених у кресленнях і технічних умовах. Вони повинні бути реалізовані з мінімальними трудовитратами і мінімальними витратами на матеріал. Технологічний процес виготовлення штампового інструменту включає отримання заготовки, попередню термічну обробку, чорнову механічну обробку, чистову механічну обробку, остаточну термічну обробку. Ефективна технологічна схема забезпечує оптимальний баланс між якістю продукції, витратами праці і матеріалів та термінами виробництва. Цей процес дозволяє підвищити міцність та стійкість деталі до зносу, покращуючи її експлуатаційні характеристики та тривалість служби.

Розглянемо технологію отримання матриці вирубного штампу із сталі ХВГ. Технологічний процес виготовлення деталі «матриця вирубного штампу» включає отримання заготовки, попередню термічну обробку, чорнову механічну обробку, чистову механічну обробку, остаточну термічну і зміцнюючу обробку та доведення розмірів. Матриця вирубного штампу є плоским виробом простої геометричної форми. З урахуванням цього найбільш раціональним способом для формоутворення заготовки є обробка металів тиском. Сутність такої обробки полягає у використанні властивості пластичності металу для зміни форми та розмірів матеріалу під дією зовнішніх навантажень за рахунок властивості пластичності. Формоутворення заготовки можна здійснювати куванням або прокаткою. Вихідною заготовкою повинен бути товстий лист, який можна обробляти на листопрокатному стані. Це дозволить отримати заготовку з мінімальними припусками на механічну обробку, за товщиною та бічними поверхнями, що дозволить підвищити коефіцієнт використання металу та зменшити суттєво трудовитрати при подальшій механічній обробці. Для поліпшення оброблюваності різанням та підвищення стійкості інструменту необхідно проводити попередню термічну обробку.

Попередня термічна обробка є одним із ключових етапів в оптимізації якості металу перед його формоутворенням. Як попередня термічна обробка для заготовки матриці застосовується ізотермічний відпал при 780-800 °С. Після завершення ізотермічної витримки матриця повільно охолоджується з піччю. Після ізотермічного відпалу сталі ХВГ її структура – перліт + карбіди, НВ 255. Заготовки, одержувані обробкою металу тиском, мають менший відсоток браку порівняно з ливарним виробництвом і це дозволяє формувати структуру зі сприятливим розташуванням волокон у готовому виробі щодо навантаження, яке діє в процесі експлуатації. Після чорнкової механічної обробки заготовку піддають остаточній термічній обробці - гартуванню при 820 – 850 °С з охолодженням у маслі та низькому відпуску при 180-200 °С з охолодженням на повітрі. Після гартування сталі ХВГ її структура – мартенсит, карбіди і залишковий аустеніт, твердість складає 64-65 HRC; після низького відпуску – мартенсит відпуску і карбіди, твердість складає 60-63 HRC. Поверхні деяких сучасних матриць можуть бути зміцнені спеціальними покриттями, такими, наприклад, як нітрид титану, щоб підвищити зносостійкість та забезпечити захист від механічних пошкоджень.

Після остаточної термічної обробки проводиться контроль властивостей матриці, зокрема, вимірюється твердість та розміри. Цей етап дозволяє переконатися, що властивості відповідають вимогам. При остаточній механічній обробці необхідно точно дотримуватись режимів абразивної обробки з тим, щоб не внести негативних змін у властивості, сформовані при термічній обробці. Застосування таких технологій спрямовано на отримання матриць високої якості з покращеними механічними та зносостійкими характеристиками.

FEATURES OF FORMATION NANOSTRUCTURED COATINGS BASED ON TITANIUM NITRIDE WITH ALLOYED ALUMINUM OR ZIRCONIUM

Pakhnenko D.V., postgraduate, Khaniukov K.S., postgraduate, Varakin V.O., postgraduate, Hovorun T.P., associate professor of the department of PM and TCM, Sumy State University

One of the areas of constant interest in many industries is the development of functional multicomponent nanostructured coatings with excellent performance properties such as high hardness with good plasticity and good anti-corrosion properties.

TiAlN is a coating with high hardness and temperature resistance, which has increased plasticity, which significantly reduces the possibility of its chipping from the surface of the tool. The high operating temperature of the coating (up to 800 °C) is determined by the formation of an aluminum oxide film, which has low thermal conductivity and significant chemical stability. Nitride coatings, which contain aluminum, have high resistance to oxidation (up to 750 - 830 °C) and retain high performance at high cutting speeds of difficult-to-process materials. The coating is well suited for cutting titanium and nickel alloys, stainless steel, hardened materials, cast steels and plastics.

The TiZrN coating has high hardness, thermodynamic stability and strength of the compound, due to the great similarity of structures and close sizes of the atoms of the components, which ensure the presence of significant areas of mutual solubility of Ti atoms and the alloying component Zr in the corresponding nitrides. The maximum microhardness of the TiZrN coating – 32,2 GPa is observed for the content of 6-10 % Zr, which exceeds the value of H_{μ} for TiN coatings by 22 %.

The initial stage of the formation of coatings based on TiAlN and TiZrN is characterized by droplet formation, which corresponds to the formation of a coating from the liquid phase (Fig. 1).

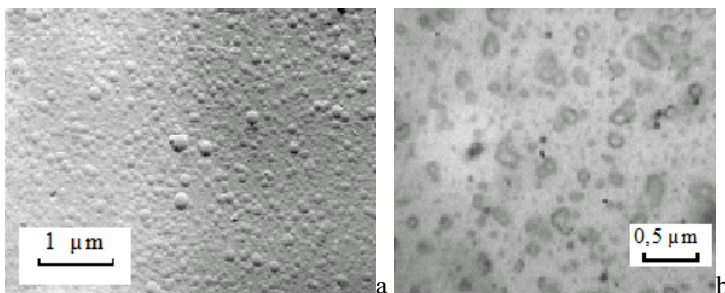


Figure 1 – Stage of growth of coatings:
TiAlN – droplet formation (a), TiZrN (b)

At the next stage, the minimization of the surface occurs at a given volume (creation of spheres), which is accompanied by the formation of isometric structures - globules of a spherical shape (0.5 - 0.96 μm), in which there is a complete absence of any orientation of the boundary areas in space.

On the globular surface, with an increase in the thickness of the coating, the formation of a branched system of input angles along the boundaries of the hemispheres occurs, which contributes to the increase in the rate of formation of the coating under the selected conditions and is manifested in the coarsening of the structure of the globules, their coating with single (TiZrN) and numerous (TiAlN) pseudo-facets (100), perpendicular to the substrate plane. The appearance of pseudofacets (100) is a consequence of the formation of the coating under conditions of partial or complete loss of the morphological stability of faceted growth. Formation of TiAlN coatings on tool matrices occurred with local features. The deposition process is characterized by such mechanisms as the formation of blocks, and, in general, the appearance of a morphological hierarchy in the form of lamellarity, fibrousness, and other types of loss of single crystallinity, since in all cases there is a "pumping" of elastic bulk energy into interfacial energy. A columnar texture of crystallites can be traced on the edge of the TiAlN nanostructured coating obtained in a narrow range of technological parameters (Fig. 2).

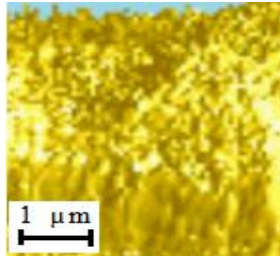


Figure 2 – Columnar texture of TiAlN film coating crystallites

Nanostructuring processes have much wider possibilities for maintaining the coherence of interphase boundaries. Accordingly, there is an opportunity to look at relaxation processes in a new way. Solid-state transformations are still considered within the framework of classical crystallography, in the case of nanostructured coatings, this may lead to an overestimation of the role of dislocations, since in order to preserve the coherence between the crystal phases, there are significant restrictions on the symmetry of the specified phases, while for nanostructures, such restrictions are significantly less. The general approach to the role of elastic and inelastic fields for solid-state processes is preserved in both cases. However, for nanostructured coatings, firstly, the symmetric possibilities between nanostructures as phases are significantly expanded, and, secondly, the use of rod substructures significantly changes the picture of coherent interaction between different forms.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НАГРІВУ СВЧ

*Погрібний М.А. – професор кафедри Матеріалознавства, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків,
Реброва О.М. – доцент кафедри Матеріалознавства, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків,
Бабков В.А. – студент кафедри Матеріалознавства, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Одним із найбільш ефективних методів поверхневого зміцнення виробів є гартування зі швидкісним нагрівом струмами високої частоти (СВЧ). Незважаючи на цілий ряд переваг, використання даного методу досить часто пов'язано з труднощами технологічного характеру, в першу чергу, при обробці виробів із криволінійним профілем поверхонь, що зміцнюються. Проведені дослідження присвячені оптимізації технології нагріву СВЧ на прикладі поверхневого протиерозійного зміцнення лопаток парових турбін, які мають складну конфігурацію профілю та виготовлені зі сталі 15X11МФ.

Результати проведених досліджень засвідчили, що технологія гартування СВЧ, яка використовується в даний час, дозволяє отримати на поверхні вхідних кромок лопаток зміцнений шар з мартенситною структурою і високою твердістю. Проте, за певних умов обробляння можливе виникнення «плямистої» твердості, коли на окремих ділянках зміцненої поверхні твердість не досягає оптимальної величини. Така ситуація для реальних виробів, як правило, є недопустимою, вона свідчить про брак термічної обробки, в результаті якої реалізується режим неповного гартування, коли в процесі нагріву СВЧ температура в окремих локаціях поверхні виробу не досягає заданих значень. Причинами такого браку можуть бути особливості рельєфу поверхні виробу, а також порушення параметрів технологічного процесу загартування СВЧ, наприклад, непередбачене відхилення величини зазору між поверхнею виробу та індуктором, стрибки напруги в електромережі, вплив суб'єктивних факторів тощо. В результаті неповного гартування в структурі сталі з'являється м'яка феритна складова і, як наслідок, відбувається зниження твердості зміцненого шару до рівня, який не задовольняє вимогам технічних нормативів.

Показано, що підвищити якість термічної обробки можливо шляхом удосконалення технології нагріву СВЧ, наприклад, використання, в разі необхідності, повторних гартувань. В результаті дослідження та порівняльної оцінки впливу одно-, дво- та п'ятиразових повторних гартувань з нагрівом СВЧ на властивості та структуру сталі 15X11МФ виявлено, що вже після одноразового повторного нагріву твердість на «м'яких» ділянках повністю відновлюється; зі збільшенням кількості циклів до п'яти твердість шару

навіть на достатньо загартованих ділянках дещо зростає (до 4 HRC) (рис. 1), що, очевидно, є наслідком фазового наклепу під час багаторазових $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$ переходів в процесі повторних нагрівів.

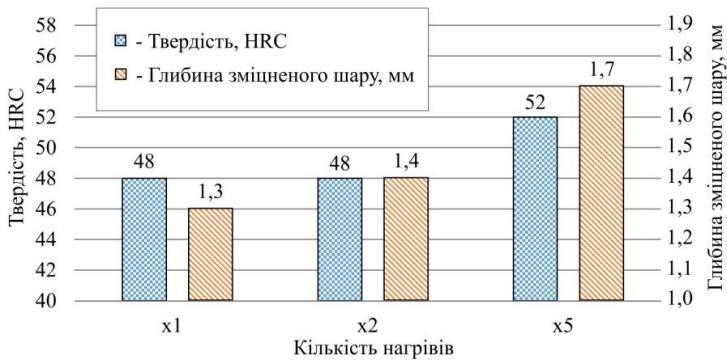


Рисунок 1 – Вплив кількості повторних гартувань на твердість та глибину зміцненого шару

В процесі фазового наклепу вирішальні зміни відбуваються всередині зерна аустенітної фази і полягають у формуванні високодисперсної субструктури, яка, в свою чергу, складається з декількох слабоорієнтованих фрагментів з блочною архітектурою. При цьому блоки мають кристалічнодефектну природу, тобто, для фазонаклепаного стану характерна підвищена щільність дислокацій (як під час пластичного деформування). Такий фазонаклепаний стан забезпечує підвищення міцності й твердості сталі. Очевидно, що фазонаклепаний стан в більшій мірі буде виникати при гартуванні зі швидкісним нагріванням, коли зародки аустеніту можуть з'являтися не тільки на міжфазних границях, а й на численних границях субзерен. Крім того, дислокаційна субструктура в умовах швидкісного нагрівання слугує додатковими центрами рекристалізації під час повторних нагрівань, що сприяє покращенню властивостей за рахунок утворення більш дрібного зерна. Зі збільшенням кількості повторних нагрівів спостерігається деяке зростання глибини зміцнення (див. рис. 1). У випадках багаторазового повторного нагріву типових дефектів, якими можуть супроводжуватися повторні гартування (жолоблення, тріщини) виявлено не було.

Таким чином, встановлено, що повторне гартування шляхом швидкісного нагріву СВЧ може бути використане для досягнення необхідного рівня твердості по всій довжині вхідної кромки лопатки, забезпечивши її високу ерозійну стійкість. Отримані результати дозволяють корегувати технологічні процеси поверхневого гартування із застосуванням нагріву СВЧ, а саме, в разі появи «плямистої» твердості на виробі, в першу чергу, із високолегованих сталей, проводити повторне (до 5 циклів) гартування для отримання необхідної якості зміцнення.

ЗАСТОСУВАННЯ PROCASТ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ ЛИТВА

*Завалій В.О., студент групи МТ-01/1, СумДУ, місто Суми
Дегула А.І., доцент кафедри ПМіТКМ, СумДУ, місто Суми*

Ливарне виробництво та його продукція застосовується у багатьох галузях промисловості будь-якої країни: машинобудування, автомобілебудування, тепловозобудування, вагонобудування, верстатобудування, тракторобудування, кранобудування. У основних галузях промисловості частка литих заготовок становить 30-90% [1].

Науково-технічний прогрес в ливарному виробництві, як і в інших галузях народного господарства, здійснюється в наш час в значній мірі завдяки все більш широкому використанню сучасної комп'ютерної техніки та відповідного програмного забезпечення.

Програми для моделювання ливарних процесів в основному розрізняються ступенем повноти факторів, що враховуються при моделюванні, і, відповідно, вартістю [2].

Друга суттєва відмінність пов'язана з методами отримання і розв'язання різницевих рівнянь: рівняння тепломасопереносу можуть бути записані в диференціальному або інтегральному вигляді. Розв'язання цих рівнянь базується на методах скінченних різниць, скінченних елементів та скінченних об'ємів [2].

Ефективним помічником на етапі розробки ливарно-живильної системи є системи комп'ютерного моделювання ливарних процесів, оскільки дозволяють у короткий термін оцінити різні варіанти технології без застосування дорогих промислових експериментів, витрат енергії та матеріалів. Комп'ютерне моделювання стало потужним інструментом для візуалізації процесів заповнення форми, затвердіння і охолодження виливка, а також для прогнозування розташування внутрішніх дефектів, таких, як усадочні раковини і пористість, неметалеві включення, гарячі і холодні тріщини. Системи комп'ютерного моделювання ливарних процесів використовують як для коригування існуючих технологічних процесів, так і для розробки нових. Наразі вони дозволяють моделювати не тільки гравітаційне лиття в піщані форми, а й спеціальні способи лиття [3].

ProCast – американський скінченноелементний пакет, який за об'єктивними показниками є більш потужним, ніж його конкуренти, оскільки, окрім власне переваг елементного підходу, в ProCast використовуються складніші і більш універсальні моделі, що істотно підвищує точність розрахунків. У ProCast моделюються теплові, гідродинамічні і деформаційні процеси, а також процеси структуроутворення. До головних достоїнств цього пакету слід віднести

можливості врахування складних теплових граничних умов, переміщення об'єктів складної реології при деформаційних розрахунках [2].

За допомогою ProCAST технолог може перевірити кілька варіантів технології (різна конструкція ливникової системи, місце підведення металу, кількість, розташування та розміри прибутків тощо) ще на початковій стадії проектування і вибрати найбільш оптимальний варіант виробництва конкретного виробу до виготовлення модельного комплекту. Система базується на методі кінцевих елементів, що забезпечує високу точність опису геометрії виливки та форми розрахункової моделі, облік більшості фізичних процесів, що протікають у формі, у процесі заливання та кристалізації виливка [4].

Основні можливості моделювання: лиття в піщані форми, лиття під тиском (високим та низьким), лиття за газифікованими моделями, лиття в кокіль, лиття за виплавлюваними моделями, відцентрове лиття, безперервне лиття.

Переваги ProCAST [4]:

- Розширений функціонал ПЗ ProCAST дозволяє вирішувати практично всі завдання, пов'язані з виробництвом виливки, і виявляти всі можливі дефекти
- Висока точність одержуваних результатів за рахунок використання методу кінцевих елементів на складних виливках і спеціальних видах лиття, у тому числі для розрахунку напружено-деформованого стану, виявлення місць утворення гарячих/холодних тріщин, короблення виливки
- Вирішення спеціалізованих завдань, не представлених в інших системах: лиття по моделях, що газифікуються, заповнення стрижневих ящиків при піскострільному процесі, розрахунок структури зерна виливки та ін.
- Можливість термодинамічного розрахунку властивостей сплаву за його хімічним складом.
- Сучасний і зручний інтерфейс користувача Visual-CAST, що спрощує побудову сітки і налаштування завдання.

Список літератури

1. Ливарне оснащення. – Режим доступу: <https://liteyka.com.ua>
2. До питання про комп'ютерне моделювання ливарних процесів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/22/11.pdf>
3. Використання комп'ютерного моделювання для ідентифікації дефектів, що утворюються у сталевих виливках корпусів запорної арматури при литті за моделями, що газифікуються [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.plit-periodical.org.ua/index.php/plit/article/view/72/75>
4. ESI ProCAST [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tpolis.com/esi/procast.php> (дата звернення: 06.03.2024)

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ЗАХОПЛЮЮЧИЙ РОЛИК»

Верещак Л.С., студент гр. МТ-01-1, СумДУ, м. Суми

Захоплюючий ролик – агрегат, що забезпечує захоплення і подачу дроту до правильно-відрізного верстата. Робота агрегату відбувається в умовах сухого тертя та абразивного зносу, що з часом призводить до зношення поверхні ролика та до виходу його з ладу. В умовах сучасної промисловості існують різні способи та технології відновлення подібних деталей, проте найбільш ефективним та раціональним є відновлення шляхом наплавлення. Наплавлення – це процес нанесення розплавленого металу електрода на поверхню виробу, при цьому відбувається їх монолітне з'єднання, а поверхня наплавленого металу має бажані властивості.

В якості методу відновлення рекомендуємо метод ручного електродугового наплавлення (далі РЕДН). Як наплавлюваний матеріал пропонуємо використовувати електроди марки ЭН-60М (ГОСТ 10051-75) при постійному струмі зворотної полярності. Для деталей, маса яких перевищує 5 кг, необхідно провести попередній підігрів до температури 300 °С. Якщо маса деталі, поверхня якої підлягає наплавленню, менша 5 кг, дозволяється попередній підігрів не проводити. Електроди марки ЭН-60М мають тип Э-70ХЗСМТ відповідно до ГОСТ 10051-75. В табл. 1 представлений хімічний склад та твердість наплавленого металу електродами Э-70ХЗСМТ.

Таблиця 1. Хімічний склад та твердість наплавленого металу електродами Э-70ХЗСМТ

C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Ti
0,5-0,9	0,8-1,2	0,4-1	≤0,03	≤0,035	2,3-3,2	0,3-0,7	≤0,3
Твердість наплавленого металу:		у вихідному стані			близько 56 HRC		
		після відпалу			не більше 265 HB		
		після гартування			53-61 HRC		

Після проведення наплавлення необхідно забезпечити охолодження деталі на спокійному повітрі. Виходячи з даних про хімічний склад, можна зазначити, що в поверхневому шарі формуються карбіди хрому, молибдену, титану та марганцю, що забезпечують високу зносостійкість поверхні, а отже і тривалий час роботи агрегату. Для кількісної оцінки зносостійкості необхідне проведення додаткових досліджень.

Отже, процес відновлення деталей шляхом РЕДН є доцільним способом відновлення, аніж методом їх повного переплавлення. Враховуючи поширеність і простоту методу РЕДН, а також очевидно меншу вартість витратних матеріалів, порівняно з наплавленням у захисних газах, використання методу РЕДН забезпечує отримання необхідних експлуатаційних характеристик деталі з найбільшою економічною ефективністю в найкоротші терміни.

Робота виконана під керівництвом проф. О.П. Гапонової

ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ МАТЕРІАЛИ: МАЙБУТНЄ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Жмака В.М., аспірант, кафедра ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми

Внаслідок війни в Україні значна кількість будівель і споруд пошкоджена або вщент зруйнована. Процес відновлення країни повинен охопити всі проблеми минулого, урахування викликів сьогодення та планування майбутнього з урахуванням високотехнологічних та екологічних новітніх технологій та матеріалів. Майбутнє будівельної галузі, безсумнівно, включатиме екологічність як обов'язкове завдання. Окрім традиційних матеріалів, стає доступним все більше нових матеріалів, які можна розробити кількома способами, включаючи низьковуглецеве заміщення, рециклінг, підвищення продуктивності та 3D-друк. Прогнозується, що нові матеріали не тільки стануть більш екологічно чистими та забезпечать нові методи будівництва, але вони також вплинуть на вихідну точку та напрямок концепцій дизайну, що призведе до появи нових будівель.

Більшість нових матеріалів з низьким вмістом вуглецю – це матеріали на біологічній основі, які використовують відновлювану біомасу або сировину, отриману шляхом біовиробництва; новий клас матеріалів, виготовлених біологічними, хімічними та фізичними методами, наприклад висушені волокна люфи, стебла кукурудзи, міцелій, мікроводорості тощо. Використання біологічних або рослинних матеріалів, а не викопних матеріалів, є важливим рішенням для зменшення пластику (відходів), запобігання осіданню, уловлювання CO₂ та повторного використання сільськогосподарських відходів.

Для досягнення сталого розвитку, проблему відходів необхідно вирішувати шляхом впровадження переробки та повторного використання матеріалів (будівельного сміття зруйнованих будівель і споруд; відходи промислового виробництва; пластмаси, які важко розкладаються, тощо). Наприклад, розроблений матеріал I-mesh був представлений на виставці Expo 2020 Dubai. Це технічний та екологічно чистий будівельний текстиль, який виготовлений із суміші вуглецевих, скляних, арамідних та базальтових волокон, вплетених в матеріал за допомогою ниток, просочених смолою.

Розвиток технології 3D-друку змінив уявлення про архітектуру та розширив можливості дизайну. 3D-друк також надзвичайно корисний для зменшення викидів вуглецю з точки зору використання матеріалів і праці. Наприклад, Moon Architecture досліджувала різноманітні матеріали для 3D-друку, щоб досягти можливості вторинної переробки, легкості, високої міцності, високої світлопроникності, високого глянцевого вигляду, стійкості до корозії та стійкості до УФ-старіння, перш ніж прийняти рішення про використання частинок ПЕТГ для виготовлення захисних покривів для дерев за допомогою 3D-друку.

ТИТАНОАЛІТУВАННЯ НІКЕЛЕВОГО СПЛАВУ ХН55ВМТКЮ

Кайдаш Д. В., аспірант гр. А-25/МТ; Харченко Н. А. к. т. н., доц. каф. ПМ і ТКМ, СумДУ, м. Суми; Лоскутова Т. В. д. т. н., проф. каф. ФМ і ТО НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», м. Київ

Одним з важливих напрямків у сучасній промисловості є розробка високоентропійних матеріалів, які характеризуються нестандартним складом і мікроструктурою, що сприяють покращенню їхніх властивостей порівняно з традиційними сплавами. Титаноалітовані дифузійні покриття можуть бути застосовані для покращення зносостійкості, корозійної стійкості та інших функціональних властивостей основного матеріалу [1, 2].

Сплав ХН55ВМТКЮ на основі нікелю є одним з перспективних матеріалів у цьому контексті, оскільки володіє високою теплостійкістю, механічною міцністю, хімічною стійкістю та має наступний хімічний склад: Cr(14,8 %), Co(10,6 %), Ti(4,5 %), Al(0,7 %), W(5,2 %), Mo (2,1 %).

Для створення покриття на поверхні сплаву ХН55ВМТКЮ, використовували комбінацію методів фізичного осадження з газової фази нітрида (Ti, Zr)N та дифузійної металізації - титаноалітування. Титаноалітування проводили із сумішшю порошків % мас: Ti (50%); Al (10%); Al₂O₃ (35%); і NH₄Cl (5%) в контейнерах з плавким затвором при температурі 1050 °C впродовж 4 годин [2]. На деякі зразки перед хіміко-термічною обробкою методом фізичного осадження з газової фази наносили шар нітриду (Ti, Zr)N товщиною 5,5 – 6,0 мкм, який було використано як бар'єрний.

Аналіз показав, що отримані титаноалітовані покриття містять сполуки Ni₂AlTi, NiAl, Ni_{0,2}Al_{0,4}Ti_{0,4} (λ -фаза), оксиди та μ -фазу. Присутність бар'єрного шару (Ti, Zr)N призвела до змін у фазовому складі та структурі покриття. Відзначено, що мікротвердість окремих інтерметалідів та гетерогенних структур у покриттях на сплаві ХН55ВМТКЮ становила 2,4 - 15,3 ГПа, тоді як мікротвердість шару (Ti, Zr)N після титаноалітування зросла незначно і склала 22,1 ГПа.

Отримані в ході дослідження титаноалітовані покриття з бар'єрним шаром (Ti, Zr)N на сплаві ХН55ВМТКЮ виявилися перспективними для застосування в умовах високих температур та агресивних середовищ.

Список літератури

1. Physicochemical Conditions of Boron–Siliconizing of Molybdenum-Based Alloys in Chlorine and Fluorine Medium / T. Loskutova et al. Metals. 2024. Vol. 14, no. 3. P. 302. URL: <https://doi.org/10.3390/met14030302> (date of access: 22.03.2024).

2. Лоскутова Т.В., Сігова В.І., Хижняк В.Г., Лоскутов В.Ф. «Комплексні карбідні покриття на металах та сплавах» Видавництво «СумБУ» 2009. – 190 с. ISBN 978-966-657-251-9

РОЗРОБКА ВОДОСТІЙКИХ БІОКОМПОЗИТИВ НА ОСНОВІ ДЕРЕВНОГО БОРОШНА

*В.П. Кашицький, професор, О.Л. Садова, доцент, В.О. Шегинський,
аспірант, Янчук С.Л., аспірант, кафедра матеріалознавства,
Луцький національний технічний університет, Луцьк*

На теперішній час існує значна проблема, яка пов'язана з утилізацією полімерних або пластмасових виробів, що призводить до забруднення навколишнього середовища та накопичення сміття на сміттєвих полігонах [1]. Пластик має високу стійкість до впливу атмосферних факторів та руйнування протягом століть, що призводить до накопичення матеріалу та порушення екологічної безпеки. Крім того, виробничий процес супроводжується виділенням шкідливих речовин, що негативно впливає на здоров'я працівників підприємств та призводить до забруднення повітря.

Актуальним напрямком вирішення такої проблеми є використання в складі композитних матеріалів компонентів природного походження, які під впливом мікроорганізмів та вологи розпадаються на речовини, безпечні для навколишнього середовища [2]. Біокомпозитні матеріали мають високі значення фізико-механічних характеристик [3, 4], однак без спеціальних захисних покриттів не придатні для експлуатації в умовах підвищеної вологості. Тому постає завдання розробки біокомпозитних матеріалів на основі компонентів природного походження з високою стійкістю до вологи та атмосферних факторів.

Біокомпозитні матеріали на основі глютинової матриці та дрібнодисперсного наповнювача (деревне борошно) формували з використанням термо-механічного методу, який полягав в комплексному поєднанні операції пресування композиції з наступною обробкою у тепловому полі [5]. Для підвищення водостійкості біокомпозитних матеріалів використано гідрофобні добавки, які в оптимальній кількості здатні забезпечити високі механічні характеристики біокомпозитів та стійкість до впливу вологи.

Використання гідрофобних добавок змінює характер взаємодії компонентів біокомпозитного матеріалу, в результаті чого відбувається зниження адгезійної міцності між частинками деревного борошна та біополімерною матрицею. В такому випадку необхідно встановити вплив добавки на механічні характеристики біокомпозитних матеріалів, зокрема міцність при стисненні. Експериментально встановлено, що у випадку використання гідрофобної добавки (парафін) в кількості 2-12 мас. ч. не відбувається погіршення міцності при стисненні біокомпозитних матеріалів. За умови видалення вологи з композиції в кількості 10 % відбувається підвищення міцності на 50-55 % для біокомпозитів, які не містять парафіну. Надлишковий вміст вологи, яка

виступає розчинником глютину, забезпечує гнучкість макромолекул біополімерної матриці та знижує опір статичним навантаженням. Тому за підвищеного вмісту вологи міцність біокомпозитних матеріалів є нижчою порівняно з біокомпозитами, композиції яких обробляли в тепловому полі для видалення вологи. Оптимальним вмістом гідрофобної добавки в біокомпозитному матеріалі є 4 мас. ч. парафіну, що забезпечує підвищення у 2,7 раз міцності при стисненні біокомпозитів. При подальшому збільшенні вмісту добавки міцність при стисненні знижується до 40-60 МПа. Підвищений вміст парафіну призводить до пластифікації біокомпозитного матеріалу, в результаті чого знижується жорсткість біополімерної матриці.

Найбільшу стійкість до вологопоглинання мають біокомпозитні матеріали, які покривали додатково розчином парафіну, порівняно з біокомпозитами, які покривали іншими гідрофобними речовинами. Значення гігроскопічної вологості таких матеріалів становила 0,5 %, що на 60 % менше порівняно з необробленими біокомпозитами та менше на 38-50 % у випадку обробки поверхні біокомпозитних зразків оліфою або олією.

Підвищення міцності при стисненні біокомпозитних матеріалів за умови введення парафіну в кількості 4 мас. ч. пояснюється оптимальним вмістом гідрофобної добавки, яка забезпечує можливість ущільнення частинок наповнювача в глютиновій матриці. Нанесення парафінового покриття забезпечує додатковий захист від вологи внаслідок формування гідрофобної плівки, яка утворює на поверхні біокомпозитних виробів стійке покриття.

Література

1. Ramli N., Mazlan N., Ando Y., Leman Z., Abdan K., Aziz A.A., & Sairy N.A. (2018). Natural fiber for green technology in automotive industry: A brief review. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 368(1), article number 012012.
2. Manti F.P., Scaffaro R., Morreale M., & Re G.L. (2008). Effect of the processing on the properties of biopolymer based composites filled with wood flour. *International Journal of Material Forming*, 1, 759-762.
3. Huda M.S., Drzal L.T., Mohanty A.K., & Misra M. (2008). Effect of chemical modifications of the pineapple leaf fiber surfaces on the interfacial and mechanical properties of laminated biocomposites. *Composite Interfaces*, 15(2-3), 169-191.
4. Nagamadhu M., Pitchaimani J., & Kumar M.G. (2014). Evaluation of free vibrational and mechanical properties of natural fibre-reinforced hybrid (sisal/jute) polyvinyl alcohol composites. In Conference: International conference on polymers (vol. 174). Surathkal, Mangalore: National Institute of Technology Karnataka Surathkal.
5. Kashytskiy V.P., Sadova O.L., Yanchuk S.L. (2023). Intensification of the formation process of sodium sulfate-modified biocomposite materials based on the glutinous matrix. *Functional Materials*, 30 (1), 35-42.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ САМОЗМАЩУВАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ

*Гапонова О.П., завідувачка кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ, Суми;
Кошельник О.О., магістрант гр.МТ.м-31, кафедра ПМ і ТКМ, СумДУ, Суми*

Інтенсивний знос деталей у вузлах тертя призводить до порушення нормального режиму змащення, в результаті чого знижується працездатність вузлів тертя, зменшується продуктивність устаткування, що призводить до зниження якості продукції. Крім того, під час роботи деталі машин пар тертя в окремі моменти часу або протягом всієї експлуатації працюють в режимі, при якому відбуваються локальні руйнування мастильної плівки, що призводить до підвищеного тертя, зношування і утворення задирів. В окремих галузях промисловості (текстильна, харчова тощо), не дозволяється використовувати мастило, і деталі пар тертя працюють без мастильного матеріалу. Отже, розробка матеріалів типу покриття-основа, які володіють ефектом самозмащування є актуальною задачею.

В роботі досліджувалися електроіскрові покриття, що містили MoS_2 . Покриття отримані за технологіями: перша полягала у нанесенні на оброблену поверхню S-вмісної пасти з вмістом і електроіскрове легування (EIL) молібденовим електродом (покриття $\text{Mo}+\text{S}$), друга полягала у попередньому нанесенні на оброблену поверхню порошку MoS_2 і легування молібденовим електродом (покриття $\text{Mo}+\text{MoS}_2$). В якості основи використовувалася сталь 12X18H10T. Металографічний аналіз покриттів виконували за допомогою оптичного та сканувального електронного мікроскопів за стандартною методикою. Локальний мікрорентгеноспектральний аналіз проводився на сканувальному електронному мікроскопі SEO-SEM Inspect S50-B. Фазовий аналіз визначали на дифрактометрі A D8 Advance. Для визначення твердості використовували твердомір NOVA 330/360 відповідно до ISO 6507. Трибологічні дослідження виконані на тестері T-01M.

Дослідження показали, що покриття мають складну структуру, що складаються із верхнього нетвердого шару, зміцненого білого шару, дифузійної зони і основного металу. Аналіз елементів і зміна твердості у поперечному перерізі показали, що дифузія елементів відбулася на межі між покриттям і підкладкою. Фазовий склад покриттів представлений ОЦК і ГЦК твердими рожчинами, а також виявляється MoS_2 . У покриттях $\text{Mo}+\text{S}$ дисульфиду молібдену близько 8% на поверхні, в покриттях $\text{Mo}+\text{MoS}_2$ 26-44%. Отримані покриття демонструють дуже хороші трибологічні властивості порівняно з молібденовими EIL покриттями. Сила тертя і коефіцієнти тертя зменшуються у 10 і 40 разів залежно від умов випробування.

*Робота виконана відповідно до держбюджетної
НДР (ресстр. № 0124U000539).*

НОВІ МАТЕРІАЛИ ТА ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ОТРИМАННЯ

*Лузан С.О., завідувач кафедри зварювання, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків
Білоус Л. О., аспірант НТУ «ХПИ», м. Харків*

Одним із перспективних напрямів створення нових матеріалів, що ефективно працюють у жорстких умовах експлуатації, є розробка композиційних матеріалів з металевою матрицею, зміцненою дисперсними частинками або волокнами. В свою чергу самопоширюваний високотемпературний синтез (СВС) виділяється як революційна технологія, що пропонує унікальні можливості для синтезу сучасних матеріалів із заданими властивостями. Самопоширюваний високотемпературний синтез матеріалів як окремий науковий напрям був започаткований у 1967 р. вченим О.Г. Мержановим.

Основою СВС є принцип максимального використання хімічної енергії реагуючих речовин для отримання неорганічних з'єднань, матеріалів та виробів різного призначення, а також оптимальної організації високоефективних технологічних процесів. Ця самопідтримувана реакція ініціюється локальним нагріванням, що призводить до утворення поширюваної хвилі горіння, яка проходить через реагенти. Тепло, що утворюється в результаті екзотермічної реакції, є достатнім для підтримання хвилі горіння, що призводить до синтезу нових матеріалів з унікальними мікроструктурами та властивостями [1].

Успіх технології СВС забезпечується наступними процесами:

– екзотермічна реакція. Підпалювання реактивних порошків елементів ініціює екзотермічну реакцію, в результаті якої виділяється значна кількість тепла. Це тепло ще більше прискорює реакцію, що призводить до швидкого нагрівання і плавлення реагентів.

– поширення хвилі горіння. Екзотермічна реакція поширюється у вигляді хвилі горіння через суміш реагентів, що супроводжується виділенням тепла і газів. Ця самопідтримувана хвиля забезпечує рівномірний нагрів і синтез матеріалів з контрольованою мікроструктурою [2].

– фазові перетворення. Високі температури і швидкі швидкості нагрівання, пов'язані з СВС, можуть індукувати фазові перетворення в синтезованих матеріалах, що призводить до утворення метастабільних фаз або унікальних мікроструктур.

Індивідуальні властивості можна забезпечити, контролюючи склад реагентів і параметри реакції, такі як температура, тиск і швидкість нагрівання, дослідники можуть регулювати властивості синтезованих матеріалів. Це дозволяє виробляти матеріали з бажаними характеристиками, такими як висока міцність, зносостійкість і корозійна стійкість [3].

Технологія СВС знайшла різноманітне застосування в різних галузях промисловості:

1. Аерокосмічна промисловість. Технологія СВС використовується для синтезу високотемпературних матеріалів для аерокосмічних застосувань, таких як термобар'єрні покриття, компоненти турбін і ракетне паливо.

2. Енергетика. В енергетичному секторі СВС застосовується для синтезу матеріалів, що використовуються в паливних елементах, акумуляторах і накопичувачах енергії, сприяючи розвитку технологій відновлюваної енергетики.

3. Біомедицина. Технологія СВС дозволяє синтезувати біоматеріали, такі як біосумісні імплантанти та системи доставки ліків з властивостями, пристосованими для біомедичних застосувань.

4. Виробництво. Матеріали, отримані методом СВС, використовуються в процесах адитивного виробництва, таких як селективне лазерне плавлення та електронно-променево плавлення, для виробництва компонентів складної форми з чудовими механічними властивостями.

5. Екологія. Технологія СВС використовується для синтезу матеріалів для відновлення навколишнього середовища, таких як каталізatori для очищення стічних вод і адсорбенти для очищення повітря [4].

Технологія самопоширюваного високотемпературного синтезу (СВС) дозволяє синтезувати матеріали із заданими властивостями. Її універсальність і можливість застосування в різних галузях промисловості роблять її перспективною технологією для вирішення поточних і майбутніх проблем.

Список літератури

1. J. H. van Laar, F. D. Tichelaar, Self-propagating high-temperature synthesis of advanced materials, Materials Science and Engineering: R: Reports, 1998.
2. A. Mukasyan, Combustion for Material Synthesis, CRC Press, 2003.
3. S. M. Danilov, A. V. Kotko, Self-Propagating High-Temperature Synthesis of Advanced Materials, Springer, 2013.
4. G. R. Fulcher, M. W. Grutzeck, Self-propagating high-temperature synthesis (SHS) of ceramics and composites, Journal of the American Ceramic Society, 1993.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ НАПОВНЮВАЧА І ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ З ВУГЛЕПЛАСТИКУ

*Марченко С.В. доцент кафедри Прикладного матеріалознавства
і ТКМ, Марченко К.С., аспірантка кафедри Прикладного матеріалознавства
і ТКМ, група А-25/МТ, кафедра Прикладного матеріалознавства і ТКМ,
СумДУ, Суми*

Вуглепластики володіють відмінним комплексом властивостей, які дозволяють їм в певних сферах конкурувати з металами. Полімерні композиційні матеріали (ПКМ) армовані вуглецевими волокнами володіють відмінними властивостями: мають високий модуль пружності, високе відношення межі міцності до ваги, високу атмосферну та хімічну стійкість до кислот, лугів, стійкість до дії світла та проникаючої радіації, біостійкість, біоінертність, важкогорючість. Це дозволяє застосовувати вуглепластики, в першу чергу, для виготовлення деталей аеро- та космічної галузі.

Вуглецеві волокна зазвичай з'єднують у ровінг, з якого отримують тканину. Вона просочується сполучником на основі епоксидних, фенолформальдегідних, епоксидіануратних, бісмалєнінімідних, поліамідних, фталонітрильних смол [2]. Також використовують термопластичну матрицю або суміші термо- та реактопластів для створення ПКМ, що дозволяє часто автоматизувати процес формування вуглепластику.

Для створення ПКМ використовується SMC, BMC технології, що передбачають використання попередньо просоченого препрегу або преміксу. Технології дозволяють створювати деталі з армованих пластиків в серійному і масовому виробництві, але вміст армувальної речовини не перевищує 20-40%. Міцність на розтяг деталі, отриманої BMC технологією при довжині скловолкна до 20 мм становить до 50 МПа. Перевагою BMC технології є можливість пресування або інжекції. В той же час деталі створені SMC технологією, мають вдвічі/тричі більшу довжину волокна, і, при його вмісті 27%, дають міцність на розтяг до 100 МПа. Переробляються деталі технологією SMC шляхом пресування. Таким чином, розмір волокна відіграє ключову роль у забезпеченні механічних властивостей ПКМ, що, разом із його кількістю, є визначальним для отримання ефективного композиційного матеріалу.

У роботі Гончарова Б. С. «Підвищення механічних характеристик полімерних композиційних матеріалів» досліджено вплив довжини скловолкна і його кількості на механічні характеристики полімерного композиту. Визначення оптимальної довжини та кількості вуглецевого волокна і створення технології, що вільна від недоліків SMC, BMC процесів є науковою задачею, що потребує нагального вирішення. Такий підхід дозволив би серійно масштабувати виробництво ПКМ з вуглецевим армувальним без використання дорогого обладнання з оптимальними властивостями і мінімальними відходами.

DESIGN OF EXPERIMENTS OF PVD COATINGS TiN

*N. Pinchuk, Researcher, Department of Materials Science, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
Affiliation: Visiting researcher, Department of Engineering and Physics
Karlstad University, Karlstad, Sweden*

Protective coatings obtained by physical vapour deposition (PVD) are widely used to reduce friction and increase the hardness and wear resistance of materials. The questions of how to ensure the appropriate condition of the surface and the properties of the material needs further investigation.

Vacuum-arc coatings TiN with a thickness of 9–13 μm , were obtained at the modernized Bulat-6 installation. Coatings were deposited on polished samples (substrate) of 20x20x3 mm stainless steel 12Cr18Ni9Ti (AISI 321). Technological conditions of deposition: nitrogen atmosphere pressure (meaning N_2) $p_{\text{N}} = (0.26...0.66)$ Pa; constant potential (U_{c}) -230 V, impulse potential (U_{i}) -850 V, -1000 V, -1200 V, -2000 V with a duration of $\tau = 4, 10$ or 16 μs and a pulsation frequency of 7 kHz, that is, with an interval of 143 μs between them.

This study utilizes statistical Design of Experiments (DoE) and regression analysis to optimize essential parameters in the PVD method. Meanwhile, multiple distinct experimental campaigns were carried out using a similar DOE matrix (central composite design) but under varying deposition conditions. Throughout the experiments, identical specimen geometry was maintained. A processing window with an optimized combination of applied power (U_{i}), duration of impulse, and working pressure in the chamber was determined using regression analysis, with hardness measurements serving as the basis.

An efficient DoE facilitates establishing a correlation between the response or outcome and the input variables or independent factors using minimal experiments. The primary goal of this investigation is to establish the optimal combination of input variables that maximizes the relative hardness of the product [1]. The Central Composite Design (CCD) is a widely used second-order Design of Experiments (DoE) method that aids in constructing a regression model to determine the optimum point in a process through regression analysis. A key distinction between CCD and full factorial methods is that the CCD model can estimate second-order effects and interactions between factors with fewer experimental runs. A CCD design encompasses central points, axial points, and star points. Axial points are defined as points located at a distance of 'et' from the central point [2-3]. Table 1 presents the parameters of variation and results of measured hardness.

Plot visualizes the relative significance of the variables and the directions (positive or negative) in which the variables affect the outcome (hardness). For the case as illustrated in Figure 1, the duration of pulsing (τ) and pressure (p_{N}) and their interaction of them (S·H) are the most significant variables of the model. This

confirms the results in the table in which it was concluded that from sample T6 to sample T8 and T14, the higher hardness.

Table1 – Parameters of variation and measured hardness

Sample	U_i , V	τ , μ s	p_N , Pa	H, GPa
T1	800	4	0.26	38
T2	1200	4	0.26	35
T3	2000	4	0.26	34
T4	800	10	0.26	36
T6	1200	10	0.26	42
T7	2000	10	0.26	41
T8	800	16	0.26	45
T9	1200	16	0.26	27
T10	2000	16	0.26	25
T11	800	4	0.66	33
T12	1200	4	0.66	37
T13	2000	4	0.66	28
T14	800	10	0.66	41
T15	1200	10	0.66	37
T16	2000	10	0.66	27
T17	800	16	0.66	36
T18	1200	16	0.66	34
T19	2000	16	0.66	23

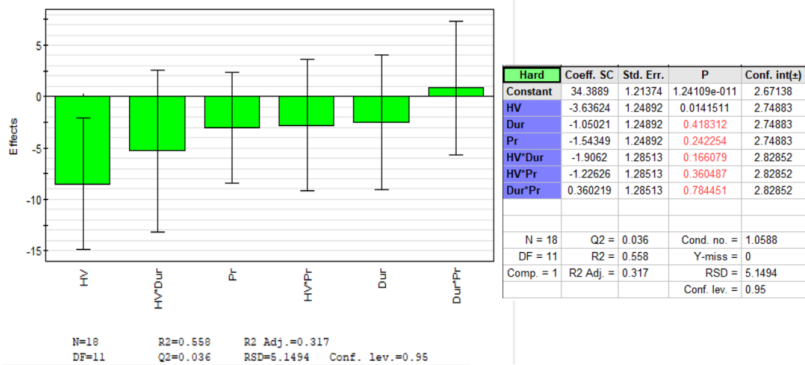


Figure 1 – Plot for T-series model. Results of DoE

References

1. Ritu Gupta, Huan Xie, Mahua Sarkar, Yuan Chen. Design of Experiment (DOE) for Optimization of PLGA Nanoparticles. The FASEB Journal. 2022. 36(S1). DOI: 10.1096/fasebj.2022.36.S1.R6197
2. Yadroitsev, I., Krakhmalev, P., Yadroitsava, I. (2015). Hierarchical design principles of selective laser melting for high quality metallic objects. Additive Manufacturing, 1, 45-56. <http://doi.org/10.1016/j.addma.2014.12.007>.
3. Negar Panahi. Multi-purpose parameter development for high productivity in Laser Powder Bed Fusion of IN718. Master's Thesis 2020. Materials Science Chalmers University of Technology.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МІКРОСТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ

Ситніков В.О., аспірант, гр. А-25/МТ, кафедра ПМ і ТКМ, СумДУ, Суми
Дегула А.І., доцент, кафедра ПМ і ТКМ, СумДУ, Суми

Сучасний науковий прогрес в галузі матеріалознавства та мікроскопії надає вченим та дослідникам унікальну можливість дослідження структури матеріалів на нанометровому рівні. Одним із ключових інструментів для проведення мікроструктурного аналізу є програмне забезпечення, яке дозволяє обробляти отримані дані, візуалізувати структуру матеріалів та здійснювати аналіз отриманих результатів.

Використання програмного забезпечення для мікроструктурного аналізу значно прискорює процес дослідження, дозволяючи отримувати точні й об'єктивні дані швидше та ефективніше. У цьому контексті, безкоштовне програмне забезпечення, таке як ImageJ та JMicroVision, стає важливим інструментом для проведення таких досліджень.

ImageJ - це безкоштовне програмне забезпечення для обробки та аналізу зображень, яке розроблене на базі Java, широко використовується у біологічних та матеріалознавчих дослідженнях. Воно має відкритий вихідний код, що дозволяє користувачам модифікувати та розширювати його функціонал залежно від їх потреб. ImageJ має потужні інструменти для обробки зображень, включаючи функції сегментації, вимірювання та аналізу текстури. Програмне забезпечення має ряд корисних функцій, таких як фільтри для покращення якості зображень, розширені можливості для вимірювання об'єктів на зображеннях, а також підтримку різних форматів файлів.

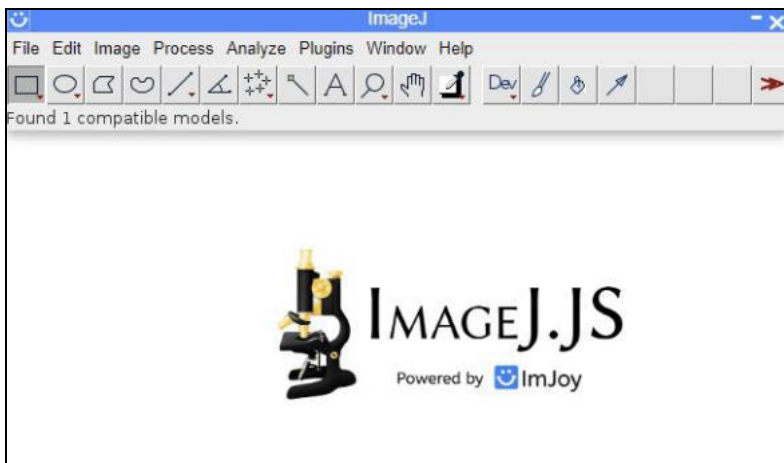


Рисунок 1 - Інтерфейс програмного забезпечення ImageJ

Іншим безкоштовним програмним забезпеченням для мікроструктурного аналізу є JMicroVision. Воно створене спеціально для аналізу мікроскопічних зображень різних об'єктів, таких як клітини або матеріали. Ця програма спеціалізується на аналізі металографічних зображень та дозволяє користувачам виконувати різноманітні операції, такі як фазовий аналіз, вимірювання розмірів частинок та оцінка пористості. За допомогою програмного забезпечення можна створювати 3D-моделі мікроструктури, що дає змогу отримати більш детальну інформацію про властивості матеріалу. JMicroVision має інтуїтивний інтерфейс, що дозволяє легко працювати з програмою навіть початківцям у галузі металографії.

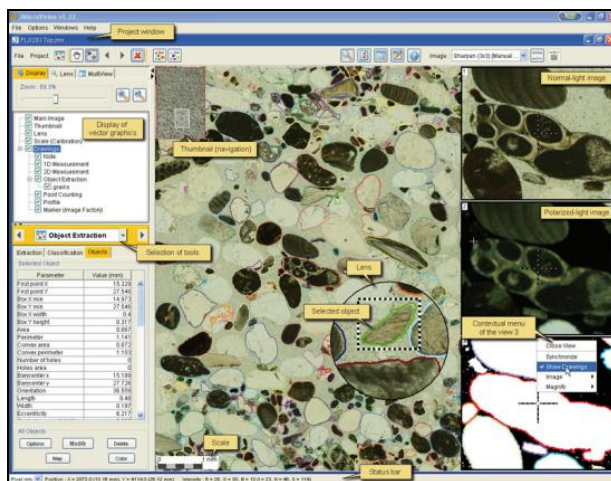


Рисунок 2 - Інтерфейс програмного забезпечення JMicroVision

Обидва цих програмних продукти є безкоштовними для користувачів, що робить їх доступними для широкого кола дослідників та студентів. Вони покликані сприяти розвитку наукових досліджень у галузі матеріалознавства та інших галузях, а також дозволяють ефективно проводити аналіз мікроструктур без необхідності великих фінансових витрат на програмне забезпечення.

Список літератури

1. Nesbitt SA. JMicroVision: A tool for image analysis in Java. *Bioinformatics*. 2002;18(3):525-526.
2. Rueden CT, Schindelin J, Hiner MC, DeZonia BE, Walter AE, Arena ET, Eliceiri KW. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*. 2017;18(1):529.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ОБРОБКИ НА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ АЗОТУВАННІ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ

Гапонова О.П., завідувачка кафедри ПМ і ТКМ; Тарельник Н.В., старший науковий співробітник, кафедра ПМ і ТКМ, СумДУ, Суми

З появою нових технологій підвищення параметрів якості поверхонь деталей машин методом ЕІЛ із застосуванням спеціальних технологічних насичувальних середовищ (СТНС) з'явилась можливість формувати поверхневі шари не тільки з однокомпонентних покриттів: алітування, цементація, азотування, а і багато компонентних. В [1] підкреслено, що при дослідженні параметрів якості поверхневих шарів, сформованих технологіями ЕІЛ, при визначенні впливу енергетичних параметрів обладнання на їх структуроутворення основна увага приділялась енергії розряду, а величина продуктивності обробки практично не враховувалась. Щоб оцінити вплив продуктивності на параметри якості отриманих покриттів, в дослідженнях використовувалась продуктивність \sim в два, три і чотири рази менша за традиційну.

Проведений аналіз залежностей товщини зміцненого шару сталі 20 і сталі 40 та їх мікротвердості від технологічних параметрів електроіскрового легування (ЕІЛ) при азотуванні з використанням спеціальних технологічних насичувальних середовищ (СТНС).

В результаті аналізу структури поверхневих шарів після азотування сталей 20 і 40 методом ЕІЛ встановлено, що зі збільшенням енергії розряду (W_p) зростає товщина «білого» шару і дифузійної (перехідної) зони, а також збільшується мікротвердість (H_c), шорсткість і суцільність поверхні. Так, при класичній продуктивності, зі збільшенням W_p від 0,13 до 3,4 Дж H_c має значення 6350 і 9721 МПа відповідно. Зі зменшенням продуктивності ЕІЛ і відповідно збільшенням трудомісткості процесу, зростають товщина «білого» шару і дифузійної (перехідної) зони, крім цього збільшуються мікротвердість і суцільність покриття. При заміні сталі 20 на сталь 40 незначно збільшуються товщина «білого» шару, дифузійної (перехідної) зони і мікротвердість поверхневого шару.

Список літератури

1. Improvement of Quality Parameters of Surface Layers of Steel Parts after Aluminizing by Electrospark Alloying. Pt. 1. Features of the Structural State of Steel Surfaces after Aluminizing / O. P. Haponova, V. B. Tarelnyk, N. V. Tarelnyk et al. *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.*, 2023, vol. 45, no. 12, 1449. doi: 10.15407/mfint.45.12.1449

*Робота виконана відповідно до держбюджетної
НДР (реєстр. № 0124U000539).*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОТРИМАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ НІТРИДНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМ TiAlSi, TiAlSiY ТА TiAlCrY

Ханюков К.С., аспірант, Говорун Т.П., доцент кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ

Отримання багатоелементного покриття TiAlN на основі нітриду титану дозволило значно спростити досягнення наноструктурованого стану та одночасно підвищити корозійну міцність та зносостійкість. Створення покриттів TiAlN показало, що за рахунок введення нових елементів та утворення при цьому багатоелементних нітридів можна контролювано покращити функціональні властивості [1, 2].

Додавання до цієї системи таких елементів, як Si, Cr та Y, дозволяє значно покращити їх механічні характеристики та стійкість до окислення за рахунок досягнення більш дрібної наноструктури та утворення нанокомпозитів із високою міцністю. Це зумовлює вибір систем (TiAlSiY)N, (TiAlSi)N і (TiAlCrY)N як шарів для створення на їх основі багатошарових наноструктурних покриттів. Багатошарова архітектура одержуваних покриттів дозволяє впливати на структурно-фазовий стан шарів завдяки варіюванню періоду модуляції шарів, що чергуються, і комбінування переваг різних матеріалів. При осадженні вакуумно-дуговим методом на установці ВУП-5М основними параметрами, що впливають на формування покриттів, є потенціал зміщення і тиск реакційного газу. Проведено дослідження багатошарових наноструктурованих нітридних покриттів на основі систем TiAlSiY, TiAlSi та TiAlCrY. Як матеріали для другого типу чергуючихся шарів застосовувалися нітриди TiCr, Cr, Zr та Mo.

Для нанесення одношарових та багатошарових покриттів на основі TiAlSiY використовували катоди наступного складу: 1) 58Ti - 38Al - 3Si - 1Y (ат. %); 2) 62Ti - 38Cr (ат. %). Осадження одношарових покриттів (TiAlSiY)N проводилося з одного джерела протягом 2 год, що забезпечувало покриття завтовшки ~ 9 мкм. Тиск робочої атмосфери (азоту) при осадженні становив $P_N = 10^{-4}$ Па. Під час осадження на підкладку подавався постійний негативний потенціал зміщення $U_{зм} = -200$ В (серія 1) або $U_{зм} = -500$ В (серія 2). Багатошарові покриття були отримані розпорощенням двох катодів. (TiAlSiY та TiCr) з фіксованим часом зупинки 10, 20 або 40 секунд для кожного із 2 катодів. Під час процесу осадження на підкладку подавався постійний негативний потенціал $U_{зм} = -50$, -200 або -500 В. Осадження багатошарових покриттів на основі (TiAlSi)N проводилося із двох джерел. Склад першого багатоконпонентного джерела був Ti(Al):Si, тоді як друге джерело було металевим. Застосовувався один із наступних трьох металів у різних варіантах: або Mo або Cr, або Zr. Для формування покриття товщиною 9 мкм знадобилася 1 година. Отримані покриття склалися з двох чергуючихся шарів завтовшки 7-8 нм. У таблиці 1 наведено результати

дослідження елементного складу покриттів. У покриттях, отриманих при $U_{\text{зм}} = -200$ В, виявлений весь елементний склад катода, а вміст азоту близько 50 %, що вказує на стехіометрію мононітриду.

Таблиця 1 - Результати елементного аналізу покриттів, нанесених за різного значення потенціалу зміщення на підкладці $U_{\text{зм}}$

Потенціал зміщення $U_{\text{зм}}$, В	Вміст, ат. %				
	Ti	Al	Si	Y	N
-200	29,75	18,76	1,69	0,43	49,45
-500	77,59	7,78	0,79	–	13,84

У покриттях, отриманих при $U_{\text{зм}} = -500$ В спостерігається значне зменшення вмісту легких елементів Al та Si; ітрій не виявлено, а вміст азоту значно знижується. У дифракційних спектрах зазначені зміни елементного складу призводять до зміщення піків та зміни переважної орієнтації кристалітів (текстури). І тут зразки обох серій є однофазними і мають ГЦК-кристалічні ґратки. Період ґратки у разі зразків, отриманих при $U_{\text{зм}} = -200$ В, становить $a = 0,4271$ нм, а у разі зразків, отриманих при $U_{\text{зм}} = -500$ В, дорівнює $a = 0,4249$ нм.

Показано, що величина потенціалу зміщення $U_{\text{зм}}$ впливає на переважну орієнтацію кристалітів в одношарових покриттях (TiAlSiY)N, що призводить до виникнення текстури. При потенціалі зміщення $U_{\text{зм}} = -200$ В формується текстура з віссю [111], яка перпендикулярна площині росту, а при $U_{\text{зм}} = -500$ В формується текстура з віссю [110], яка визначається найнижчою вільною енергією при радіаційно-стимульованому каскаді. Нітридні одношарові (TiAlSiY)N покриття, отримані при $U_{\text{зм}} = -200$ В, мають високу твердість $H = 49,5$ ГПа, а твердість покриттів, отриманих при $U_{\text{зм}} = -500$ В знижується до $H = 6,95$ ГПа. Вплив потенціалу зміщення на твердість пояснюється значним зменшенням вмісту азоту в осажденному покритті.

Список літератури

1. Hovorun T., Khaniukov K., Varakin V., Pererva V., Vorobiov S., Burlaka A., Khvostenko R. (2021). Improvement of the physical and mechanical properties of the cutting tool by applying wear-resistant coatings based on Ti, Al, Si, and N. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 8(2), pp. C13-C23. doi: 10.21272/jes.2021.8(2).c3.
2. Pakhnenko D.V., Khaniukov K.S., Varakin V.O., Hovorun T.P. Research of nanostructured coatings based on nitrides. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма X Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 18–21 квітня 2023 р.): тези доповідей. : СумДУ, 2023. С. 105-106.

ПІДВИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ТВЕРДОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ВИГОТОВЛЕНИХ ЗІ СТАЛІ 45X14N14B2M МЕТОДОМ КАРБОНІТРАЦІЇ

Чумаков Д. С., аспірант гр. А-15/МТ; Назаренко І. В., аспірант гр. А-25/МТ; Харченко Н. А., к. т. н., доцент кафедри ПМ і ТКМ, Сумський державний університет, м. Суми

В даній роботі запропонована технологія підвищення експлуатаційних властивостей деталей виготовлених зі сталі 45X14N14B2M методом карбонітрації.

Сталь 45X14N14B2M є високолегованою жароміцною дисперсійно-твердіючою сталлю аустенітного класу, призначеною для виготовлення деталей, що тривало експлуатуються при високих температурах до 650°C. Застосовується в авіаційному, ракетному та інших високотехнологічних галузях через свою міцність та стійкість до корозії [1].

Для підвищення показників поверхневої твердості та зносостійкості запропоновано реалізувати метод хіміко-термічної обробки, карбонітрацію. Карбонітрація – це процес дифузійного насичення поверхні сталевих виробів азотом і вуглецем. Після карбонітрації на поверхні сталей формується зміцнений шар, що складається з декількох зон. Верхній шар ϵ -карбонітриду типу $Fe_3(N, C)$. Під карбонітри-дним шаром розташовується зона γ' -фази типу $Fe_4(N, C)$, під якою знаходиться дифузійна зона (гетерофазний шар). Вона складається з твердого розчину вуглецю і азоту в залізі з включеннями карбонітридних фаз, твердість якої значно вище твердості серцевини.

Процес обробки проводили в розплаві ціанатів та карбонатів калію і натрію впродовж 20 годин при температурі 580°C, а також подальшим окисдуванням в розплаві лугів з наступною промивкою. Ефективну глибину азотування визначали як відстань від поверхні зразка, на якій досягається значення твердості на 50 HV вище, ніж твердість серцевини.

В результаті обробки отримана твердість поверхні 950 HV, ефективна глибина шару 0,12 мм. Досягнення високої поверхневої твердості карбонітрованого покриття є наслідком формування складної зони з нітридів заліза та легуючих елементів що зв'язують на собі азот, тому виступають як бар'єр для дифузії азоту всередину сталі.

Запропонована технологія карбонітрації сталі 45X14N14B2M є перспективною та може бути рекомендованою для впровадження в виробництво. Вона дозволяє підвищити експлуатаційні властивості деталей машин та забезпечити безпеку та надійність їх роботи.

Список літератури

1. Дурягіна З. А. Сплави з особливими властивостями / З.А. Дурягіна, О. Я. Лизун, В. Л. Пілюшенко. — Л. : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2007. — 236 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ СУЛЬФОЦЕМЕНТОВАНИХ ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ

*Гапонова О.П., завідувачка кафедри ПМ і ТКМ;
Юскаєв С. В., аспірант кафедри ПМ і ТКМ, СумДУ, Суми*

До найбільш прогресивних процесів захисту деталей машин від зношування, які знайшли своє застосування у виробництві, слід віднести технології, пов'язані з нанесенням покриттів. Насьогодні знаходять застосування технології модифікації поверхонь методами, що засновані на використанні концентрованих потоків енергії та речовини, до яких відносять електроіскрове легування (ЕІЛ). Цей метод дозволяє оброблювати поверхні в локальних місцях з мінімальними нагріваними, що сприяє зменшенню деформацій і жолоблень, є можливість механізувати і автоматизувати процес оброблення, не вимагає дороговартісного обладнання, є економічним і екологічним способом. Ще однією важливою перевагою ЕІЛ є висока адгезія покриття до основи, а отже, висока якість отриманих покриттів [1].

Досліджувалися структура і властивості ЕІЛ покриттів після сульфоцементации. Технологія складалася із нанесення сірковмісної пасти на поверхню сталі 20 і легування графітовим електродом. Металографічні дослідження виконані за стандартною методикою за допомогою оптичного мікроскопу МІМ-7, мікротвердість визначали на приладі ПМТ-3 шляхом вдавлення алмазної пірамідки при навантаженні 50 г. Локальний рентгеноспектральний аналіз виконували на сканувальному електронному мікроскопі SEO-SEM Inspect S50-B.

Металографічні та мікротвердісні дослідження зразків після сульфоцементации методом ЕІЛ показали, що сульфоцементована поверхня складається з "м'якого" шару, зміцненого шару та основного металу. Зі збільшенням значення енергії розряду зростають значення товщини, мікротвердості та суцільності покриття. Присутність сірки сприяє процесу сульфідизації. Зі збільшенням енергії розряду від 0,13 до 3,4 Дж при обробці сталі 20 кількість сірки на поверхні покриття зменшується, однак, за рахунок інтенсифікації дифузійних процесів при проходженні електроіскрового розряду, товщина сульфидованого шару збільшується. Сірка накопичується в поверхні металу на глибині до 30 мкм. Її концентрація на цій відстані становить приблизно 0,4%. Отже, технологію ЕІЛ можна рекомендувати для створення припрацювальних поерттів, що містять сірку.

Список літератури

V.B. Tarelynyk, E.V. Konoplyanchenko, O.P. Gaponova, N.V. Tarelynyk
Ensuring the Protection of the Surfaces of End Pulse Seals of Turbomachines by
Forming Wear-Resistant Nanostructures. Monograph / in: V.B. Tarelynyk,
University Book, Sumy, 2022, p. 252.

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ АБРАЗИВНОМУ ЗНОШУВАННІ

Лузан С.О., завідувач кафедри зварювання, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Напрями підвищення довговічності деталей машин умовно можна поділити на конструкторські, технологічні та експлуатаційні. До конструкторських відносяться заходи, що забезпечують стабілізацію працездатної форми. Технологічні заходи спрямовані на зміну властивостей поверхневого шару, шляхом застосування хіміко-термічних методів обробки та нанесення захисних покриттів із заданими властивостями. Так, наприклад, для підвищення надійності та довговічності робочих органів екскаваторів застосовують термічні та хіміко-термічні способи, наплавлення зносостійких сплавів. Одним із ефективних способів є наплавлення композиційними матеріалами. Стійкість матеріалів до абразивного зношування істотно залежить від їх структурно-фазового складу, яке визначається не тільки його хімічним складом, але залежить від способу і режиму наплавлення, умов кристалізації зварювальної ванни і режимів термічної обробки наплавлених виробів.

Основою структури зносостійких сплавів є матриця, в якій знаходяться зміцнюючі фази (карбіди, нітриди, бориди і ін.). Матриця сплаву виконує дві функції: сама служить елементом структури, від якого залежить зносостійкість, і сприяє надійному утриманню зміцнюючих фаз для запобігання їх викришування під дією абразиву і ударів. Від типу матриці, від її стану і властивостей залежать ймовірності зародження, зростання і об'єднання тріщин в металі під дією різних факторів і середовища, що впливає на інтенсивність зношування сплаву.

Структуру напавленого металу можна змінити шляхом модифікування. Технічно вплив модифікування при напавленні здійснюють введенням модифікуючого матеріалу безпосередньо з основним.

При зварюванні, напавленні із застосуванням модифікаторів змінюються умови при кристалізації, в тому числі розподіл температур, а отже, і швидкість охолодження, і пропавлення основного металу, хімічний склад металу зварювальної ванни. Дія тугоплавких частинок (модифікаторів) пояснюється появою в розплавленому металі додаткових центрів кристалізації, або місць переохолодження, що викликає збільшення швидкості утворення центрів кристалізації.

Перспективним напрямом є використання для відновлення і зміцнення композиційних матеріалів (КМ) з комплексом властивостей в залежності від складу компонентів. Так, наприклад, розроблені композиційні порошки, синтезовані із застосуванням СВС-процесу, які застосовуються для напилення зносо- і корозійностійких покриттів плазмовим, детонаційними і високошвидкісним газополуменим способами [1].

Метою цієї роботи є розробка композиційного матеріалу на основі порошкового матеріалу системи *Ni-Cr-B-Si*, модифікованого композиційним матеріалом (МКМ), отриманим із застосуванням СВС-процесу, що містить бориди титану і хрому, для відновлення і зміцнення деталей засобів транспорту, що працюють в умовах абразивного зношування.

Бор є одним з найбільш ефективних і економічних мікролегуючих елементів сталі. У більшості випадків мінімальна концентрація бору в металі для отримання позитивного результату становить близько однієї тисячної масової частки відсотка.

Унікальність бору полягає в тому, що при такому малому вмісті в сталі, він здатний надавати на її властивості вплив, еквівалентний дії значно більшої кількості таких легуючих елементів, як *Cr, Mo, Ni* та ін.

В якості вихідних матеріалів для отримання МКМ використовували порошки титану марки ВТ1-0, бору В і вуглецю марки ПМ-15. Крім того, для збільшення теплового ефекту СВС процесу в механічну суміш вводили термореагуючий порошок алюмінід нікелю ПТ-НА-01, алюмінієву пудру (порошок) ПАП-1 ГОСТ 5494-95 і оксид заліза Fe_2O_3 .

Дослідження мікроструктури наплавлених покриттів на скануючому електронному мікроскопі JSM-6390LV з енергодисперсійним детектором X-max N показали, що вона має досить однорідну структуру з рівномірним розподілом зміцнюючих частинок по обсягу покриття (рис. 1).

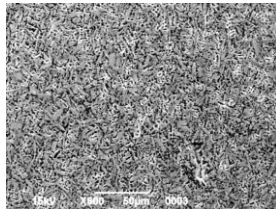


Рисунок 1 – Мікроструктура наплавлених покриттів МКМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01)

Мікротвердість наплавлених покриттів, що містять МКМ, перевищує мікротвердість наплавленого покриття ПГ-10Н-01, що дорівнює 520 HV, і становить 978 HV у покриття, що містить 20% МКМ. Відносна зносостійкість наплавленого композиційного матеріалу, що містить 20% МКМ в 1,4 рази більше в порівнянні зі сплавом ПГ-10Н-01.

Список літератури

1. Luzan, S.O., Luzan, A.S. Microstructure and Abrasive Wear Resistance of Deposited Materials of the Ni-Cr-B-Si System with Inclusions of Dispersed Phases (2020) Materials Science, 56 (3), pp. 381-388. DOI: 10.1007/s11003-020-00441-x

УДОСКОНАЛЕННЯ НІТРОЦЕМЕНТАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ

*Охріменко В.О., аспірант, Гапонова О. П., зав. каф. ПМ і ТКМ,
Сумський державний університет, м. Суми*

Для покращення поверхневих властивостей сталей часто потрібно проводити хіміко-термічну обробку, зокрема, нітроцементацию. Цей процес дозволяє створити стійке до зношування покриття, що робить деталі придатними для важко навантажених умов, включаючи ті, що працюють у корозійному середовищі. Хоча метод має свої переваги, такі як підвищення товщини та мікротвердості покриття, дефекти, зокрема, тривалість процесу та потреба у великому лікуванні.

В останні роки електроіскрове легування набуває популярності як ефективний метод поверхневого зміцнення. Цей метод дозволяє збільшити товщину зносостійкого шару без зміни мікроструктури основного металу, що важливо для підвищення міцності деталей. Крім того, електроіскрове легування має переваги в простоті встановлення та низькій електроємності з іншими методами, що робить його ефективним та економічним рішенням для виробництва. Механізми формування та властивості поверхневого шару сталі 20 після нітроцементации методом електроіскрового легування з використанням підшару з алюмінію відкривають перед нами нові можливості для покращення механічних властивостей матеріалу.

У результаті дослідження мікроструктури шару після застосування методу ЕІЛ з алюмінієвим підшаром були виявлені значні зміни з традиційною нітроцементацией. Це свідчить про важливість вивчення альтернативних методів легування для досягнення бажаних характеристик матеріалу.

Аналіз розподілу мікротвердості показав, що енергія розряду та матеріал електрода-інструменту мають великий вплив на механічні властивості шару. Це наголошує на важливості контролю цих параметрів для оптимізації процесу обробки та досягнення певної характеристики матеріалу.

Рентгеноструктурний аналіз показав формування різних фаз у поверхневому шарі, що програвав складну природу процесу нітроцементации. Утворені фази, зокрема азотна та карбідна, відомі своїй високої твердості, що є ключовим фактором у підвищенні механічних властивостей матеріалу.

Враховуючи результати досліджень, важливо відзначити оптимальні умови процесу нітроцементации та уникнення небажаних дефектів. Контроль параметрів обробки може сприяти досягненню оптимальних результатів та покращенню механічних властивостей матеріалу.

Отже, дослідження механізмів формування та властивостей поверхневого шару сталі 20 після нітроцементации методом ЕІЛ з підшаром з алюмінію відкриває перспективи для розробки нових технологій обробки матеріалів з покращеними характеристиками.

УДАРНА В'ЯЗКІСТЬ БІОКОМПОЗИТИВ, НАПОВНЕНИХ ПОДРІБНЕНИМИ СТЕБЛАМИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

О.Л. Садова, доцент, В.П. Кашицький, професор, М.І. Вишинський, аспірант, кафедра матеріалознавства, Луцький національний технічний університет, Луцьк

Необхідність розробки нових біокомпозитів зумовлена зростаючим попитом на біорозкладні та економічно ефективні матеріали [1, 2]. Застосування біокомпозитів дозволить подолати проблеми навколишнього середовища, зменшити використання енергії (на 17% менше потрібно порівняно із синтетичними композитами) та вуглецевий слід [2].

Для дослідження ударної в'язкості сформовано біокомпозитні зразки, для яких вибрано оптимальні склад та технологію, виходячи із результатів попередніх досліджень. Біокомпозитні зразки формували методом пресування композиції в прес-формі за різного тиску (8 МПа, 11 МПа). Основна термічна обробка зразків становила 2 години за температури 150 °С.

Встановлено, що найвищу ударну в'язкість (6,56 кДж/м²) мають біокомпозити, що містять 140 мас. ч. подрібнених стебел зернових культур зі ступенем попереднього підсушування 25%, сформовані за тиску 11 МПа. Дані біокомпозитні зразки піддавали додатковій термічній обробці за температури 50 °С з витримкою 4 години. Біокомпозитні зразки, сформовані за меншого ступеня підсушування композиції (20 %) та нижчого тиску пресування (8 МПа), мають на 27% нижчі значення ударної в'язкості (4,82 кДж/м²). Це вказує на недостатність видалення вологи із об'єму біокомпозитного матеріалу для даного ступеня наповнення (140 мас. ч.) композиції, яка видаляючись під час додаткової термічної обробки утворює мікротріщини.

Вищі значення ударної в'язкості біокомпозитів забезпечуються високим ступенем підсушування композиції на етапі формування, що дозволяє видалити зайву вологу. Вищий тиск пресування композиції, а також додаткова термічна обробка біокомпозитів за низької температури сприяє утворенню більшої кількості фізико-хімічних зв'язків між компонентами біокомпозитної системи.

Список літератури

1. R. Scaffaro, A. Maio, M. Gammino. (2022). Hybrid biocomposites based on polylactic acid and natural fillers from *Chamaerops humilis* dwarf palm and *Posidonia oceanica* leaves. *Advanced Composites and Hybrid Materials*. 5. 1988-2001.
2. С.М. Praveen Kumar, R.B. Ashok, Mohan Kumar, С.Р. Roopa. (2022). Natural nano-fillers materials for the bio-composites: A review. *Journal of the Indian Chemical Society*. 99 (10). article number 100715.

ADVANTAGES OF CRYOTECHNOLOGY IN FOUNDRY PRODUCTION

*Smirnov P., Galchenko I., Pavlenko V.,
Machine Building College of Sumy State University, Sumy, Ukraine;
Pavlenko I., Sumy State University, Sumy, Ukraine;
Pitel J., Technical University of Košice, Prešov, Slovak Republic*

Foundry production is one of the fundamental stages of mechanical engineering. Its intensification and the quality and quantity of cast metal blanks affect both the level of machine production and the development of mechanical engineering. However, foundry production pollutes the environment heavily. Processes associated with synthetic resins and other organic compounds harm the environment. Therefore, according to the United Nations' sustainable development goals, environmental protection, rational use of nature, and low- and zero-waste technologies are essential factors in the development of foundry production.

One of the innovative trends in the development of foundry production is the use of cryotechnology for producing metal castings in sand molds based on ice models. This technology is low-waste and resource-saving; it ensures environmental protection. Moreover, this casting approach reduces the metal content of castings and increases their quality.

When making a shell mold, sand is poured into a container with an ice model (freezing temperature not lower than $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$), and vibration compaction is carried out. The model is melting, permeating the sand, forming a sand crust of at least 4–8 mm thickness. The rest of the water is poured from the hardened shell. The form is dried or filled with metal in a dry filler with subsequent vacuuming of the form.

There are three options for making sand shell molds based on disposable ice models: (1) the ice model with a hardener and the sand layer with a binder; (2) the ice model with a binder and the dry sand mixture with a hardener; (3) the model is frozen from water, which allows for solidification reactions of the molding mixture with hardener and binder. The last option has the most significant environmental safety.

There is also a type of vacuum forming based on ice models wrapped in film. Water does not enter the mold and can be reused in this case.

Therefore, the advantages of the casting method are the exclusion of environmentally harmful model-forming materials, an increase in the accuracy of castings thanks to disposable ice models, and a reduction in raw material costs due to reusable water and sand.

Thus, cryotechnology is a new opportunity for obtaining high-quality castings in environmentally friendly and low-waste production.

The research was funded by the EU NextGenerationEU through the Recovery and Resilience Plan for Slovakia under the project No. 09I03-03-V01-00093.

**СЕКЦІЯ «ДИНАМІКА І МІЦНІСТЬ,
КОМП'ЮТЕРНА МЕХАНІКА»**

RESEARCH OF THE TRANSFORMATION MECHANISMS OF THE BEARING SURFACES OF THE VEHICLE

*Tarovik V.V., master's student, Lobunko O.P., PhD, associate professor,
National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky
Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv*

One of the areas of engineering development is the mechanisms of transformation of the load-bearing surfaces of the vehicle (aircraft, rocket, unmanned complex) [1]. This is an important task facing engineers, since the success of the mission, maneuverability, stability and other characteristics of the vehicle depend on the correct design and product. In several types of aircraft, a wing scheme of variable sweep is implemented [2]. Aircraft wings have two main modes: deployed (fully spread) and rolled up (swept). These modes can be changed in the air or on the ground, depending on the needs of the mission and operating conditions. Wing deployment mechanisms are also implemented on cruise missiles. Such objects have a wing transformation system that allows them to be placed in a container with limited dimensions, for example, on board a ship or submarine and ensures compactness and convenience of transportation. The subject of this study is the physical and technological conditions for the manufacture and distribution of the scope of application of modifications of the mechanisms of transformation of the load-bearing surfaces of vehicles.

Research is conducted using methods and means of virtual engineering of mechanical systems. Computer models of details and the transformation mechanism were built (Figure 1). Analytical review of analogues, development of the construction methodology in the composition of the vehicle. Engineering assessment of the possibility of modification and adaptation depending on the goals and mission of vehicles.

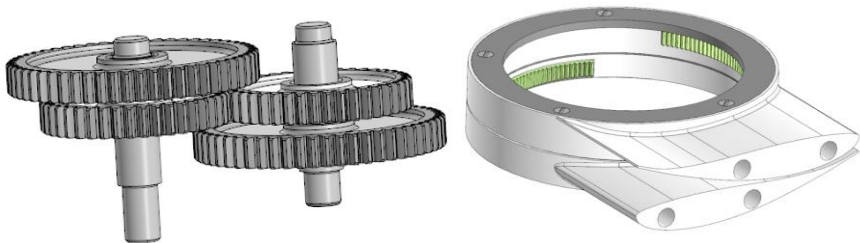


Figure 1 – Models of the mechanical system of transformation of bearing surfaces

A preliminary literature review was conducted. The problems of using aircraft with fixed and folding wings are analyzed. On the basis of [2] and other input data, a cylindrical gear with internal gearing was calculated. Using the obtained results of computational and analytical studies, a 3D model of the gearbox and the mechanism for folding, deploying and locking the wings was created (Figure 1). A computer simulation of physical processes in a toothed cylindrical gear with internal

meshing is carried out to simulate the rotation of the wing $0^{\circ} \rightarrow 90^{\circ}$ around the axis of rotation (relative to the vehicle body). Imitation of the transformation process and features of the load in fixed positions involves variation of the main factors: mass $\{M...M_x\}$, geometric characteristics of the vehicle and bearing surfaces, speed $\{V...V_x\}$ and flight altitude $\{H...H_x\}$.

The general scheme of studies of the mechanism of transformation of the bearing surfaces of the vehicle is presented in the figure 2.

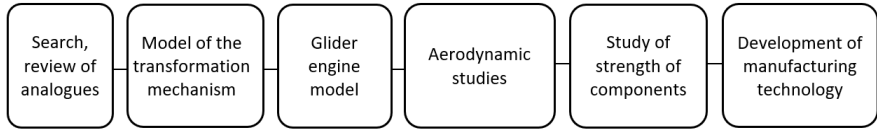


Figure 2 – The main stages of research

The calculation-experimental model of the higher-level mechanism involves taking into account the operation of its servo drive as part of the vehicle. The development of the vehicle model involves the integration of the “airframe – power plant – drive of the transformation mechanism” system in the computer model [3]. Aerodynamic studies of the vehicle model are carried out in the environment of computer hydrodynamics and allow to substantiate its rational external outline, sweep angle, characteristics of stability, maneuverability. Numerical modeling of the stress-strain state and strength of the main components of the system “glider - power plant - drive of the transformation mechanism” under various load cases in the expected conditions of use allow to justify the choice of materials and technical conditions of manufacture [4]. On the basis of research, a methodology for the process of assembling the transformation mechanism and the technology of manufacturing individual parts and assembly units are proposed.

The results of the research can be implemented for a wide range of vehicles: air, underwater, land, hybrid with a variable position of bearing surfaces and other components.

References

1. Tarovyk V. (2023). Optimizing the mechanism of folding, deploying andlocking the wings of the aircraft. K.: Ihor Sikorsky KPI, 73 p.
2. Mechanism for folding, sweeping and locking vehicle wingsabouta, US 8,089,034 B2, Robert E. Hammerquist, ITT Manufacturing Enterprises, Inc., Wilmington, DE (US).
3. Lobunko O.P., Kazantsev B.S. (2023) Parameter modeling and synthesis of small-scale unmanned systems // Proceedings of the International Scientific and Technical Conference “Sensors, Devices and Systems – 2023”. Cherkasy P. 19-21.
4. Rud U. (2015) Basics of machine design. Kryvyi Rih, 492 p.

ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИЧНОЇ НАПРУГИ В ГАЗОПРОВОДІ

*Прокопенко О.О., доцент кафедри АМЕТ, ННІ «УПА»
ХДУ ім. В.Н. Каразіна, м. Харків; Антоненко Н.С., декан факультету ЕіА,
ННІ «УПА» ХДУ ім. В.Н. Каразіна, м. Харків; Желєзов Р.І., студент,
група ДЕА-ПОНс-23мг, ННІ «УПА» ХДУ ім. В.Н. Каразіна, м. Харків*

При визначенні статичної напруги за допомогою магнітострикційної трубки генерують віброакустичний сигнал і газопровід радіусу R піддають поздовжнім коливанням, які поширюються вздовж і по кільцю труби.

Гармонійні коливання труби з середньою частотою f збуджують в частотному діапазоні Δf . Середня частота коливань f дорівнює кільцевій частоті коливань труби $f = c/2\pi R$, де c - швидкість поширення поздовжніх хвиль, $2\pi R$ - довжина поздовжньої хвилі кільцевої частоти, що розповсюджується вздовж кільця (периметра) труби.

Сигнал передають від одного датчика до іншого розташованих на відстані L . При реєстрації швидкості поширення бездисперсних і дисперсних, поздовжніх хвиль визначають взаємну кореляційну функцію, кожен пік якої відповідає часу (τ). При цьому швидкість поширення звуку є $c = L/\tau$.

Виразимо статичні напруження в трубці (σ_c) через час поширення звуку:

$$\sigma_c = 2 \cdot E \cdot G_T \cdot \frac{\Delta\tau}{\tau} + \sigma_T \cdot (1 - G_T), \quad (1)$$

де E , G_T - модуль пружності та модуль лінійного зміцнення; σ_T - межа плинності матеріалу труби; $\Delta\tau$ - зсув часу сигналу при напруженому стані труби (σ)

У випадку фіксованої різниці запізнювань чим більшою є смуга частот шуму тим важче виділити піки взаємної та автокореляційної функцій, що відповідають певним тракам [1]. У граничному випадку кореляційна функція кожного траку є косинусоїдою і виділити окремі траки є неможливим. Будемо вважати, що для вихідного сигналу із шириною смуги частот $B_{ш}$ умовою надійного виділення піків кореляції, які відповідають окремим тракам, для запізньень будь-якої пари траків є справедливою виразу:

$$|\tau_j - \tau_k| > 1/B_{ш}, \text{ де } j, k = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Ширина смуги в одну октаву, якщо $f = B_{ш}$, задовольняє нерівності (2).

При цьому з'являються дві вимоги, які є взаємовиключними: для придушення впливу дисперсності потрібно використовувати вузькосмуговий аналіз, для виключення накладання сусідніх кореляційних піків необхідно використовувати широкосмуговий аналіз.

Для виключення зазначених протиріч замість автокореляційної та взаємно-кореляційної функції може бути застосованим спеціалізований аналіз, наприклад, кореляційну функцію від перетворення Фур'є логарифму автоспектру і взаємного спектру (авто- і перехресний кепстр), яка дозволяє виділити спектральні піки у вузькій смузі частот f . При застосуванні максимальних піків авто- і взаємного кепстрів якість визначення часу

поширення хвиль вздовж твірної і по кільцю труби підвищується. Кожен пік автокепстру відповідає часу приходу поперечної та поздовжньої хвилі, який фіксують одним вібродатчиком. Піки перехресного кепстру фіксують двома вібродатчиками. Вони відповідають часу приходу хвилі вздовж твірної труби.

Кореляційна функція гармонійного процесу у випадковому ширококутовому шумі дорівнює сумі кореляційних функцій гармонійного процесу та ширококутового шуму. Зауважимо, що кореляційна функція швидко сходиться до косинусоїдального члена, що відповідає гармонійній складовій процесу. Максимальне значення відповідає $t = 0$ і дорівнює сумі спектральних складових гармонійного процесу і ширококутового шуму. Логарифмування такого сигналу збільшує складову широкополосного шуму. Наприклад, якщо співвідношення шуму до спектральної щільності гармонійного сигналу дорівнює 0,1; 0,01 і 0,001, то після логарифмування це співвідношення зростає і дорівнює 0,5; 0,33 та 0,25. Причому, чим меншим є відношення шуму до сигналу, тим більшим було співвідношення після логарифмування, а коефіцієнти посилення для розглянутих випадків дорівнювали: 5; 33; 250. Коефіцієнти посилення зростають і в граничному випадку, коли відношення шуму до сигналу прагне до нуля, прагнуть нескінченності. Таким чином, логарифмування перетворює кореляційну функцію гармонійного сигналу в кореляційну функцію ширококутового шуму. Автокепстр $K_{xx}(\tau)$ гармонійного процесу дорівнює:

$$K_{xx}(\tau) = \left[\frac{\sin 2\pi B_u \cdot t}{2\pi B_u} \cdot \frac{B_u \cdot a_1}{\sigma^2} + \frac{\cos 2\pi f_0 \cdot t}{t} \right], \quad (3)$$

де $a_1 = -\frac{4\sigma}{\sqrt{\pi}} \cdot \lg \frac{A^2}{4} + 4(B_u^2 + f_0^2) \cdot \lg(\exp)$; $\sigma \rightarrow 0$ коефіцієнт апроксимації вузькополосного випадкового процесу (дельта функції) Гаусовим розподілом; A, f_0 - амплітуда та частота гармонійних коливань.

Співвідношення (3) вже не має недоліків кореляційної функції і може бути використане для визначення статичної напруги в газопроводі, для експериментальної перевірки виразу (1) використовують акустичну емісію.

Розглянутий метод діагностики з огляду на високу чутливість до комплексу структурних перетворень у матеріалі сталі може успішно використовуватися як експрес-метод для безперервного якісного контролю рівня пластичних деформацій, залишкових напружень по всій довжині трубопроводу, $\sigma_{\max} \geq \sigma_{0,2}$, з метою прогнозування залишкового ресурсу металоконструкцій у процесі експлуатації

Список літератури

1. Бендат Дж., Пірсол А. Застосування кореляційного та спектрального аналізу: Пер. з англ. - М: Світ, 1983. - 312 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ КУЛЬКОВОГО РАДІАЛЬНОГО ОДНОРЯДНОГО ПІДШИПНИКА У ANSYS WORKBENCH

Кальченко В. С. студент, група КМ-01/1;
Жигилій Д. О., доцент, СумДУ, м. Суми

В роботі розв'язується задача аналізу перехідних процесів (Transient Analysis) у програмному комплексі ANSYS Workbench, що передбачає дослідження залежної від часу поведінки кулькового однорядного несамовстановлюючогося підшипника кочення. Метою аналізу є визначення реакції виробу на умови динамічного навантаження: багатоциклової міцності поверхонь тіл контакту планетарного руху куль за внутрішнім та зовнішнім кільцями при обертанні внутрішнього кільця та нерухомості зовнішнього під дією радіального навантаження. Моделювання таких перехідних процесів дозволило оцінити довговічність і безпеку своїх конструкцій.

Аналіз структурної динаміки (Structural Dynamics) перехідних процесів у ANSYS дозволило вивчити динамічну реакцію конструкцій підшипника, що піддано змінним у часі навантаженням. Це допомагає передбачити структурну цілісність, власні частоти та режими вібрації. Цей аналіз особливо важливий при проектуванні підшипників для аерокосмічних, автомобільних та цивільних проектів.

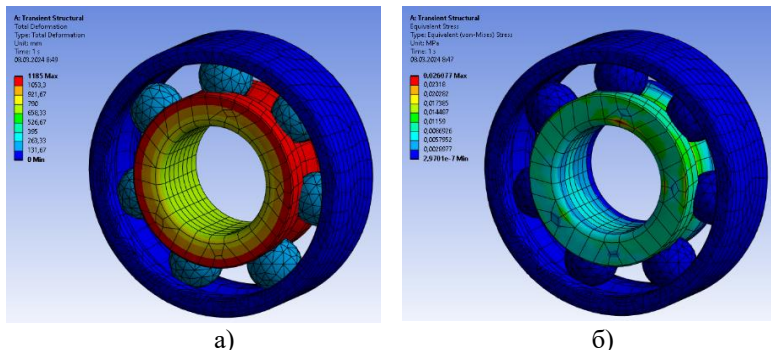


Рисунок 1 – Загальний деформований стан а) та еквівалентні напруження напруженого стану за IV теорією міцності б) для підшипника в зборі

Твердотільну модель кулькового підшипника отримано на основі креслень виробника Svenska Kullagerfabriken (SKF). Матеріал задано сталь ШХ15СГ. Контакт тіл кочення задано нерозривним тілом за тілом (no separation, part body to part body). Задано постійну кутову швидкість обертання внутрішнього кільця відносно його осі обертання внутрішньої циліндричної поверхні кільця. Зовнішнє кільце жорстко затиснено за зовнішньою циліндричною поверхнею. З симуляції отримано деформований стан підшипника в зборі та еквівалентні напруження напруженого стану за IV теорією міцності при усталеному русі.

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ КОРПУСА СЕПАРАТОРА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У САПР AUTODESK INVENTOR

*Дермельов А. М., студент, група КМ-01-2;
Жигилій Д. О., доцент, СумДУ, м. Суми*

В роботі проведено аналіз напружено деформованого стану (Stress Analysis) сепаратору для очищення природного газу від крапельної рідини та механічних домішок у САПР системі Autodesk Inventor Simulation. Це виконано з метою визначення міцності та герметичності конструкції. Розв'язано статичну задачу теорії пружності вбудованим модулем використання методу скінчених елементів.

Геометрія твердотільної моделі задано у модулі креслення за схемою побудовою знизу догори (Bottom-Up Assembly Modeling) на основі ескізів нормальних перерізів, видавлених навколо відповідних осей обертання та булевих операцій над отриманими тривимірними тілами. Геометрію спрощено за допомогою виключення неструктурних компонент кріплення, зняття особливостей спряження та використання осьової симетрії та симетрії відносно площини за можливістю.

В подальшому задано умови середовища, тобто обмеження за переміщеннями та навантаження внутрішнім тиском 6,7 МПа для імітації реальної роботи корпусу. Застосовано контактні умови зчеплення (bonded contact) півкорпусів та фланцевих з'єднань – з'єднання нерухомо і зчеплено контактують поверхнями один з одним. Також прикладено тиск за внутрішніми поверхнями півкорпусів. Скінченоелементну модель отримано розбиттям на скінчені елементи твердотільної моделі. Матеріалом корпусу задано сталь 12Х18Н10Т при 80°С.

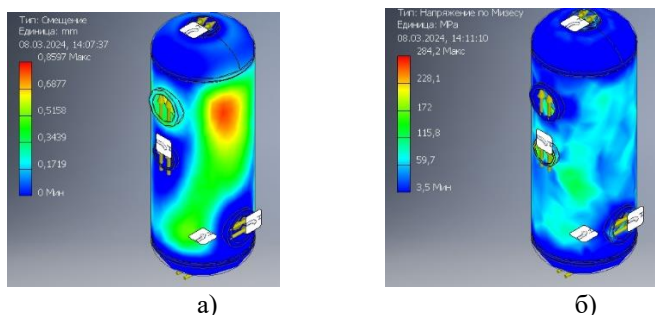


Рисунок 1 – Загальний деформований стан а) та еквівалентні напруження напруженого стану за IV теорією міцності б) для корпусу в зборі

З симуляції отримано деформований стан корпусу сепаратору для очищення природного газу в зборі та еквівалентні напруження напруженого стану за IV теорією міцності при робочих умовах.

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ КОРПУСУ НАСОСА ДЛЯ ПЕРЕКАЧУВАННЯ ВОДИ НА КОМУНАЛЬНИХ ОБ'ЄКТАХ МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У САПР SOLIDWORKS

*Вірченко М. І., студент, група КМ-01-2;
Жигилій Д. О., доцент, СумДУ, м. Суми*

У роботі було проведено аналіз напруженого деформованого стану корпусу насосу для перекачування води на комунальних об'єктах у САПР системі SolidWorks Simulation. Це було зроблено з метою визначення міцності та герметичності конструкції. Для цього було розв'язано статичну задачу (Static Analysis) теорії пружності за допомогою вбудованого модулю, що використовує метод скінчених елементів.

Статична задача досліджує переміщення, сили реакції, деформації, напруження та розподіл коефіцієнта міцності. Матеріал руйнується в місцях, де напруження перевищує допустимий рівень. Розрахунок коефіцієнта міцності базується на критерії відмови. Програмне забезпечення пропонує 4 критерії міцності.

Твердотільна модель корпусу насосу відповідає відцентровому консольному насосу з необхідними елементами, такими як циліндричні або еліптичні оболонки, патрубки та опори. На ній створено суцільну сітку з тетраедричними об'ємними елементами. Статичний аналіз дозволяє визначити статичні реакції моделей, до яких навантаження прикладаються повільно. Навантаження залишаються постійними після досягнення своїх повних величин.

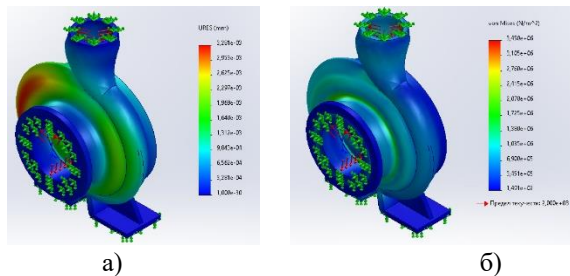


Рисунок 1 – Загальний деформований стан а) та еквівалентні напруження напруженого стану за IV теорією міцності б) для корпусу в зборі

У моделі призначено властивості матеріалу корпусу чавуну СЧ 20 при розрахунковій температурі 85°C. Граничні умови визначено у складі жорстких затиснень на опорних лапах, нормальні напруження на всас на фланцях та розрахунковий внутрішній тиски подачі 0,074 МПа та на виході 0,196 МПа.

З симуляції отримано деформований стан корпусу насосу для перекачування води на комунальних об'єктах в зборі та еквівалентні напруження напруженого стану за IV теорією міцності при робочих умовах.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОТОРНО-ПЛАСТИНЧАСТИХ КОМПРЕСОРІВ ШЛЯХ МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕХАНІЗМУ ОБЕРТАННЯ РОТОРА З ПЛАСТИНАМИ

*Лобас І.В., аспірант, Бондар Д.І., аспірант,
Гудков С.М., доцент, СумДУ, м. Суми*

Роторно-пластинчасті компресори відносяться до машин об'ємної дії, які використовуються в різних галузях промисловості. В залежності від конструкції продуктивність роторно-пластинчастих компресорів може досягати $100\text{м}^3/\text{хв}$ [1]. Принцип дії роторно-пластинчастих компресорів полягає у використанні рухомих пластин, які розташовані на роторі для стиснення газу.

До основних переваг роторно-пластинчастих компресорів можна віднести: безперервність потоку газу без пульсацій; низьке споживання енергії; відносно високий коефіцієнт стиснення, що дозволяє працювати в широкому діапазоні робочих умов; можливість роботи з різними газами; підвищена надійність у порівнянні з гвинтовими та поршневыми компресорами [2]. Проте роторно-пластинчасті компресори мають і ряд недоліків. В існуючих конструкціях роторно-пластинчастих компресорів має місце незбалансованість ротора з пластинами. В результаті чого пластини вносять дисбаланс до системи. Це як наслідок при обертанні приводу до виникнення інерційних сил, які сприймаються валом і підшипниками, що приводить до зменшення їх ресурсу роботи, та відповідно ресурсу роботи всієї машини в цілому. У зв'язку з цим необхідно застосувати відповідні конструктивні заходи для покращення збалансованості ротора з пластинами.

В роботі запропонована конструкція роторно-пластинчастого компресора, в якій шляхом модифікації механізму обертання ротора з пластинами виключається виникнення інерційних сил та зберігається нерухомим положення центра мас пластин, що обертаються. Це дає можливість отримати збалансований механізм, збільшити частоту обертання ротора, покращити умови змащення в зазорі між пластиною та напівциліндрами, зменшити механічні витрати [3]. Таким чином запропонована конструкція суттєво збільшує термін служби роторно-пластинчастого компресора, забезпечуючи довговічність, надійність та ефективність його роботи в цілому.

Список літератури

1. Компресорні станції : підручник / Г. А. Бондаренко, Г. В. Кирик. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 385 с.
2. Valente, R. and Villante, C. "On the Optimal Design of One-Rotor Two- Stages Rotary-Vane Compressors" (2008). International Compressor Engineering Conference, Purdue, July 14-17. Paper 1895.
3. Роторно-пластинчаста машина. Заявка № у 2023 06382 на отримання патенту України на корисну модель. Дата подання заявки 28.12.2023.

ЧИСЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЗАДАЧІ ГІДРОПРУЖНОСТІ ТОРЦЕВОГО УЩІЛЬНЕННЯ З ПАРОЮ ТЕРТЯ «СТАЛЬ – ПТФЕ-КОМПОЗИТ З НАПОВНЮВАЧЕМ ІЗ ВТОРИННОЇ ФТОРПОЛІМЕРНОЇ СИРОВИНИ»

*Косоков Р.В., студент, група КМ-01-2,
Гудков С.М., доцент, СумДУ, м. Суми*

Приблизно 70% поломок відцентрових насосів пов'язано із виходом з ладу ущільнень [1]. Вихід з ладу ущільнення призводить до великих економічних витрат через втрату перекачувального середовища та простою, а також призводить до забруднення навколишнього середовища, та завдає шкоди здоров'ю людини. У більшості сучасних відцентрових насосів загальнопромислового призначення в якості кінцевих ущільнень використовуються торцеві ущільнення. Проте в умовах відносно малих значень показника PV ($PV < 10 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$) використання торцевих ущільнень є економічно не доцільним. Це призводить до того, що необхідно використовувати нові більш дешевші матеріали кілець пари тертя торцевого ущільнення за умови збереження довговічності ущільнення в цілому. К таким матеріалам відноситься ПТФЕ-композит [2].

ПТФЕ-композити мають низький коефіцієнт тертя, можуть використовуватися в широкому діапазоні температур, мають високу хімічну стійкість. Під час механічної обробки ПТФЕ-композитів виникає до 50% відходів у вигляді стружки від початкової маси, що може спричинити екологічні проблеми, які пов'язані з великою кількістю неутилізованих відходів. Тому використання ПТФЕ-композитів з наповнювачем із вторинної фторполімерної сировини дозволяє зменшити витрати на початкову сировину.

В роботі проведено числовий розрахунок задачі гідропружності торцевого ущільнення з парою тертя «Сталь – ПТФЕ-композит з наповнювачем із вторинної фторполімерної сировини». Виконано порівняльний аналіз отриманих результатів числового розрахунку задачі гідропружності для різних матеріалів в залежності від ущільнювального тиску. Отримані результати дають підстави стверджувати про перспективність використання ПТФЕ-композиту з наповнювачем із вторинної фторполімерної сировини в якості одного з кілець ущільнення.

Список літератури

1. Шіхаб Таєр Абдалвахаб Розроблення технології виготовлення кілець торцевих ущільнень відцентрових насосів із металокерамічних матеріалів на основі карбиду хрому. Науковий вісник ІФНТУНГ. Івано-Франківськ. 2016. № 1 (40). С. 41–49.
2. Лобас Д.І., Гудкова О.В., Гудков С.М. Експериментальні дослідження торцевих механічних ущільнень виконаних з ПТФЕ-композиту // 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. – С. 115.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХНІ ВТУЛКИ САЛЬНИКОВОЮ НАБИВКОЮ

*Росляков М.О., студент, група КМ.м – 31,
Сапожников Я.І., аспірант, група А.05-МБ,
Загоруйко А.В., зав. кафедри КМ, доцент, СумДУ, м. Суми*

У сучасному технологічному світі інженерна наука стежить за вдосконаленням технічних систем і механізмів. Один з ключових аспектів це аналіз та прогнозування процесів зношування у важливих деталях машин та обладнанні. Серед ущільнюючих пристроїв особливої уваги заслуговує зношення поверхні вала (або захисної втулки) сальниковою набивкою у сальникових ущільненнях, яка піддається значному тертю через механічні навантаження та вплив робочого середовища. Недостатнє управління зношуванням може призвести до втрати ефективності та надійності ущільнення. Комп'ютерне моделювання зношування вала виявляється важливим для вдосконалення конструкцій. Це дозволяє ефективно прогнозувати та оптимізувати параметри, які впливають на тривалість служби. Велика перевага полягає в можливості проведення розрахункових експериментів з різними особливостями змащення та охолодження, які сприяють розробленню оптимальних систем для мінімізації зношення. Цей підхід може покращити тривалість служби та конкурентоспроможність промислових та транспортних галузей.

Особливістю роботи сальникового ущільнення є те, що в процесі експлуатації набивка не встигає зазнати безпосереднього зношення волокон. Тому її замінення виконується після втрати пружних властивостей і просочення, які є основою процесу герметизації. При цьому відбувається безпосереднє зношення поверхні валу, або захисної втулки, яка контактує з набивкою. Така особливість дозволяє використовувати закон зношення Арчарда $W=K \times S \times P$ для прогнозування зносу, який включає коефіцієнт зношення (K), прикладене навантаження (P) і відстань ковзання (S).

Для комп'ютерного моделювання було обрано програмний комплекс ANSYS, в якому модель зношення Арчарда представлена у видозміненій формі $\dot{W}=K/H \times P^m \times v^n$, де m і n - коефіцієнти при тиску та швидкості. Моделювався процес зношення втулки торцевого сальникового ущільнення під дією різних за величиною тисків 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 та 1 МПа та лінійних швидкостей руху вала 1, 2, 3, 4, 5 м/с.

Результати розрахунків представлені у вигляді графіків розподілу контактного тиску в залежності від величини ущільнювального тиску та лінійної швидкості руху вала. Наведено порівняння розподілів контактного тиску до та після зношення поверхні вала.

ЧИСЛОВИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ДЕФОРМАЦІЙ УЩІЛЬНЮВАЛЬНИХ КІЛЕЦЬ НА ВИТРАТНІ ТА РОТОРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАБІРИНТНО-ЛУНКОВИХ УЩІЛЬНЕНЬ

*Іземенко В.В., аспірант, група А-35/МБ,
Загорулько А.В., зав. кафедри, доцент, СумДУ, м. Суми*

Лабіринтні ущільнення є стандартним типом безконтактних ущільнень, які використовуються у таких турбомашинах, як компресори, турбіни і насоси. Вони забезпечують необхідний рівень герметизації, хоча при цьому й допускаються певні витoki. У реактивних двигунах безконтактні газові ущільнення головним чином служать для мінімізації витоків між компонентами з різним тиском, а також для запобігання безпосереднього контакту між ротором і статором. Важливо, що будь-який контакт між ротором та статором при високих обертах може спричинити пошкодження ущільнення, погіршення його працездатності та, в кінцевому підсумку, вихід двигуна з ладу.

Останні дослідження лабіринтних ущільнень зосереджені на аналізі витоків, теплопередачі, динаміці ротора, конфігураціях ущільнень та втратах енергії через ущільнення, включаючи як експериментальні, так і числові дослідження. Також ведеться робота над аналітичними дослідженнями цих питань. Розрахунок ротородинамічних коефіцієнтів, як правило, здійснюється із використанням числових методів. Для розрахунку сил рідини, застосовується тривимірне моделювання методами обчислювальної гідродинаміки (CFD), яке дозволяє дослідникам краще зрозуміти течію у складних конфігураціях ущільнень, а числові дослідження теплопередачі показали хорошу відповідність з експериментальними даними.

Більшість наявних досліджень вносять певні припущення, щоб спростити складні задачі, пов'язані з взаємодією між рідиною та структурою (FSI). Але виходячи з того, що в реальних умовах рідина та структура мають значний вплив одна на одну, необхідне розроблення методики числового розрахунку течії в демпферних лабіринтно-лункових ущільненнях з урахуванням деформацій лабіринтних кілець, виконаних із податливих матеріалів. Такий метод дозволить досягти більшої точності у вивченні динаміки рідини та її впливу на структуру, враховуючи всі ключові аспекти взаємодії рідина-структура.

Розроблення методики числового розрахунку статичних та динамічних характеристик конструкцій лабіринтно-лункових ущільнень турбонасосних агрегатів ракетних ракетних двигунів має велику практичну цінність. Одним із можливих напрямків її застосування є можливість оцінювання перспективних конструкцій лабіринтно-лункових ущільнень на етапі їх розробки без проведення експериментальних досліджень. Це дозволить оптимізувати геометрію ущільнення, щоб досягти необхідних оптимальних величин витоків та динамічних коефіцієнтів жорсткості й демпфірування без проведення дорогих натурних експериментів.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В БАГАТОШПАРИННИХ УЩІЛЬНЕННЯХ

Яненко С.В., аспірант, СумДУ, м. Суми

Проблема виникнення вібрацій у відцентрових насосах залишається актуальною навіть у світлі нових досягнень в області досліджень конструкцій та розробки програмних комплексів. Новий етап розвитку, спричинений сучасними технологіями, надає новий імпульс для розв'язання проблеми вібрацій, що стосується відцентрових насосів. Дослідження динамічних характеристик роторів відцентрових насосів виявляється ключовим для вирішення завдань модернізації існуючих конструкцій та розробки нових. Використання математичного моделювання динаміки ротора за допомогою сучасних програмних комплексів дозволяє передбачити поведінку ротора в різних умовах роботи та виявити потенційні проблеми, що можуть виникнути в майбутньому.

При аналізі динаміки ротора особлива увага приділяється впливу підшипників та ущільнень на його роботу. Використання багатошпаринних ущільнень може значно підвищити ефективність насосів, проте необхідно провести детальне дослідження їхнього впливу на динаміку роботи ротора та його стійкість до вібрацій. Деформація стінок каналів є ще однією серйозною проблемою, яка потребує уваги. Розв'язання цієї проблеми вимагає глибокого розуміння процесів гідродинаміки та вивчення впливу різних параметрів на форму каналів та їхню стійкість до деформацій.

Деформація стінок каналів виступає як одна з ключових проблем, що може призвести до утворення конфузорів та дифузорів, останні негативно впливають на роботу ротора та спричиняють автоколивання, навіть у статичній постановці. Для вирішення цих проблем важливо дослідити задачу гідропружності, яка дозволяє вивчати вплив перепаду тиску на геометрію каналів при різних значеннях ексцентриситету. Цей підхід має потенціал революціонізувати розуміння та розв'язання проблем надійності відцентрових насосів, відкриваючи нові можливості для підвищення їх продуктивності та тривалості служби.

Загальна мета цих досліджень полягала в розробці нових технологій та методів, спрямованих на підвищення надійності та тривалості служби відцентрових насосів. Розв'язання проблем вібрацій та удосконалення конструкції ротора дозволить підвищити ефективність роботи насосів, зменшити ймовірність аварій та збільшити їх загальну тривалість служби. Такий підхід не лише покращить функціонування відцентрових насосів у різних галузях, але й сприятиме підвищенню якості та надійності технічних систем в цілому.

ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕСИНХРОННИХ СКЛАДОВИХ КОЛИВАНЬ РОТОРІВ ТУРБОКОМПРЕСОРИВ

*Григор'єв В.С., студент, група КМ.м-31,
Позовний О.О., асистент, СумДУ, м. Суми*

Турбокомпресори є важливою складовою технічних систем, які стискають повітря та газу, які використовуються у різних технологічних процесах. Проте їх оптимальне функціонування часто ускладнюється несинхронними коливаннями ротора, що може призводити до відмов та зниження ефективності. У зв'язку з цим дослідження та моделювання несинхронних коливань роторів турбокомпресорів є актуальним і важливим завданням, що стоїть перед інженерами та дослідниками. Для вирішення цих проблем використовуються сучасні чисельні методи та моделі, які дозволяють аналізувати та прогнозувати динаміку системи в нестационарних умовах.

У роботі проводиться аналіз теоретичних аспектів коливань роторів турбокомпресорів. Розглядаються основні принципи, що лежать в основі цих коливань, а також важливі фактори, які впливають на їхню динаміку. Особлива увага приділяється математичним моделям, які використовуються для чисельного моделювання таких систем, зокрема, моделям роторів з урахуванням несинхронних коливань.

Подальше дослідження включає числове моделювання несинхронних складових коливань роторів турбокомпресорів за допомогою сучасних програмних засобів. Використовуючи отримані теоретичні знання, розробляються та валідуються чисельні моделі, які дозволяють дослідити різні сценарії коливань та їхні наслідки для роботи компресорів. При застосуванні таких методів проводиться порівняння результатів моделювання з експериментальними даними з метою підтвердження достовірності моделей.

У роботі представлені результати чисельного моделювання і аналіз їхньої відповідності реальним умовам роботи турбокомпресорів. Висвітлюються виявлені закономірності, вплив різних параметрів на коливальні процеси, а також можливі шляхи покращення роботи компресорів з урахуванням отриманих результатів.

Висновком роботи є узагальнення отриманих результатів досліджень та формулювання висновків щодо їхньої значущості для практичного застосування в промислових умовах. Робота вказує на перспективи подальших досліджень у цьому напрямку та наголошує на важливості подальшої оптимізації роботи турбокомпресорів з метою зменшення впливу несинхронних коливань на їхню ефективність та надійність.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ

Лобов Є. С., студент, група КМ.м-31, СумДУ, м. Суми

Сучасна наука та виробництво активно входять у новий етап розвитку - Четверту промислову революції. Перехід на виробництво та оброблення різноманітних деталей без присутності робітників, за допомогою роботів та автоматизованих систем, автоматизованих ліній та цехів – це і є основою сучасного машинобудування. Автоматизація дозволяє значно підвищити продуктивність праці, точність та якість виготовлення виробів, позбутись «людського» фактору, через який виникає значна частина браку. За останнє десятиліття відбувся значний розвиток верстатів з числовим програмним керуванням, збільшились технологічні можливості оброблення деталей на них. Активно відбувається перехід від універсальних верстатів до верстатів з ЧПК. Масове використання нових, сучасних автоматизованих верстатних пристосувань, які дозволяють швидко фіксувати деталь, точно базувати та надійно закріплювати.

Розвиток CAD, CAM, CAE систем дозволяє оптимізувати код керуючої програми для оброблення заготовок, створювати більш ефективний маршрут оброблення деталі, підвищувати час і точність за рахунок оптимізації.

Однак слід зауважити, що в Україні залишається велика кількість підприємств, які займаються випуском продукції машинобудування в середньо серійному і одиничному типах виробництва. І для таких підприємств особливо важливо стоїть питання «безперервності» робочого циклу. Для можливості спостереження загальної картини роботи технологічної системи, врахування багатьох чинників для підвищення ефективності роботи системи використовується імітаційне моделювання[1]. Це ефективний метод дослідження технологічних систем і процесів, що дозволяє досліджувати роботу підприємства, відтворювати повний цикл виробництва в 3D режимі, і задаючи параметри кожному виробничому об'єкту отримувати статистику процесів, цим самим отримувати оптимальні рішення для уникнення поломок, затримок, підвищення ефективності підприємства тощо[2].

Таким чином виробництво в Україні піддається підвищенню ефективності і рухається в напрямку світової тенденції – автоматизації.

Список літератури

1. Mustafa Fatih Yegul, Fatih Safa Erenay, Soeren Striepea, & Mustafa Yavuz (2017). Improving configuration of complex production lines via simulationbased optimization. Computers & Industrial Engineering 4(109), 295–312.

2. Велика, О. Т., Ляковська, С. С., Смор, О. О., & Бойко, М. В. (2021). Імітаційне моделювання технологічного процесу виготовлення виробів у середовищі FlexSim. Науковий вісник НЛТУ України, 31(2), 108-113.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТУРБОНАСОСНИХ АГРЕГАТИВ ЗА РАХУНОК АНАЛІЗУ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЇХ РОТОРІВ

*Колеченко Б.О., студент, група КМ.м-31,
Позовний О.О., асистент, СумДУ, м. Суми*

У сучасному інженерному світі турбонасосні агрегати відіграють важливу роль у багатьох сферах, зокрема в енергетиці, нафтогазовій промисловості та хімічному виробництві. Процес їх роботи базується на обертанні ротора, який забезпечує подачу робочого середовища. Проте, через високі навантаження і агресивне середовище роботи, такі агрегати часто стикаються з проблемами надійності, що може призвести до аварій та збитків.

Для підвищення надійності турбонасосних агрегатів важливо досліджувати їх динамічні характеристики, зокрема роботи динаміки ротора. Це дозволить виявити потенційні проблеми з виробленням та роботою пристрою на ранніх стадіях, що забезпечить можливість вжити вчасних заходів для їх вирішення та запобігання аваріям.[1]

Одним із методів аналізу динамічних характеристик роторів турбонасосних агрегатів є метод сканування ротора за допомогою вібраційних датчиків та використання програмного забезпечення для обробки отриманих даних. Цей метод дозволяє виявити нерівномірності та відхилення у роботі ротора, які можуть вказувати на виробничі дефекти або відмови в майбутньому.

Другим методом є математичне моделювання динаміки ротора з використанням програмних комплексів, що базуються на принципах аналізу складних систем. Цей підхід дозволяє передбачити поведінку ротора в різних умовах роботи та виявити потенційні проблеми, що можуть виникнути в майбутньому.[2]

Таким чином, аналіз динамічних характеристик роторів турбонасосних агрегатів є важливим напрямом досліджень з метою підвищення їх надійності. Використання сучасних методів дозволяє вчасно виявляти та усувати потенційні проблеми, забезпечуючи безперебійну роботу агрегатів і запобігаючи можливим аваріям.

Список літератури

1. Smith, J., & Johnson, R. (2020). Dynamic Characteristics Analysis of Turbopump Rotors. «Journal of Engineering Dynamics», 10(2), 45-56.
2. Brown, A., & Wilson, C. (2019). Enhancing Turbopump Reliability Through Dynamic Analysis. «International Journal of Mechanical Engineering», 15(3), 78-89.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ

*Кириленко М.Р., студент, група КМ.м-31,
Позовний О.О., асистент, СумДУ, м. Суми*

Моделювання диму за допомогою сучасних програмних комплексів є ключовим інструментом у багатьох сферах, включаючи інженерію, архітектуру, пожежну безпеку та виробництво спецефектів у кіноіндустрії. Сучасні програмні комплекси, такі як Ansys Fluent, OpenFOAM та PyroSim, надають зручні та потужні інструменти для моделювання та аналізу динаміки димових потоків.

Ці програмні засоби дозволяють інженерам та дослідникам створювати складні комп'ютерні моделі, які відтворюють реальні умови руху диму в різних середовищах. Вони враховують такі фактори, як турбулентність потоку, теплообмін, хімічні реакції та взаємодію з оточуючими структурами.

Моделювання диму дозволяє прогнозувати розповсюдження диму в приміщеннях, на відкритих територіях або в складних інфраструктурних об'єктах. Це допомагає розробляти ефективні стратегії пожежного та аварійного виходу, а також оптимізувати системи вентиляції та димовідведення для забезпечення безпеки працівників та мешканців будівель.

На основі анемометричного методу, розроблено відповідно до стандарту ДСТУ 8725:2017 для визначення швидкості та об'ємної витрати газопилових потоків, було створено експериментальну установку для аналізу характеристик диму. Ця установка дозволила провести серію експериментальних досліджень, під час яких було виміряно швидкість потоку по всій площі перерізу, визначено температурну залежність і отримано дані щодо об'ємних втрат в залежності від часу. Ці результати надають важливу інформацію для подальшого розуміння і управління характеристиками диму при комп'ютерному моделюванні.

За допомогою методів кінцевих об'ємів був проведений числовий експеримент, спрямований на апробацію результатів, отриманих під час фізичних вимірювань. Цей числовий підхід дозволив нам здійснити докладне порівняння швидкості та витоків потоку в досліджуваному перерізі з аналогічними перерізами, які мали однакову геометрію та властивості матеріалу.

Отримані результати стануть основою для подальшого удосконалення моделей інженерного аналізу, що в свою чергу відкриває широкі можливості для вдосконалення проектування та управління димовими потоками при різних геометричних варіаціях конструкцій. Такий комплексний підхід дозволить ефективніше вирішувати завдання з контролю та оптимізації роботи технічних систем, регулюючи потік та покращуючи якість та ефективність процесів, пов'язаних з використанням отриманих результатів досліджень.

ВПЛИВ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ПРУЖНОДЕФОРМОВАНИХ ШПАРИННИХ УЩІЛЬНЕНЬ НА ВІБРОСТАН ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ

*Левченко К. І., студентка, група КМ-01/1,
Позовний О.О., асистент, СумДУ, м. Суми*

Відцентрові насоси характеризуються високими обертовими частотами роторів і значними перепадами тиску в перекачуваному робочому середовищі. Основним вузлом таких машин є ущільнення, від нього в основному залежить ресурс та надійність роботи машини. Принцип роботи шпаринного ущільнення ґрунтується на дроселюванні тиску через кільцеві канали шириною в межах 0,1 - 0,4 мм, які формуються елементами ротора, що обертається, і нерухомого статора.

Для забезпечення мінімальних витоків та покращення динамічних характеристик використовуються елементи, які деформуються у шпаринних ущільненнях. У цих елементах виникають помітні деформації, оскільки ці характеристики залежать від форми зазору. Проводяться спроби створити такі конструкції, деформації яких зменшували б витоків та підвищували динамічні якості кільцевих дроселів.

Ущільнення впливають на вібраційний стан роторів, створюючи гідродинамічні сили, які можуть центрувати або децентрувати ротор. Основний недолік - великі витоків рідини, що зменшують ефективність насосів. Отже, ротор й ущільнення являють єдину, замкнуту гідромеханічну систему. Для її аналізу необхідно знати динамічні характеристики ущільнень.

При розв'язанні задачі аналізу статичної стійкості закріпленого кільця деформованого шпаринного ущільнення до поверхні вала прикладалося відносне радіальне зміщення в залежності від якого отримувались величини радіальної сили і витоків. Аналізувався напружено деформований стан закріпленого кільця деформованого шпаринного ущільнення.

При аналізі динамічного стану до поверхні вала прикладалися переміщення $x=e \cdot \cos(\omega t)$ та $y= e \cdot \sin(\omega t)$, які задавали пряму синхронну прецесію за круговою траєкторією. В результаті розв'язувалася спільна задача гідропружності і прецесії вала за круговою траєкторією. За отриманими при розрахунку динамічними силами оцінювалися динамічні коефіцієнти жорсткості і демпфірування.

В даній роботі розглядаються шпаринні ущільнення роторних машин, зокрема їх вплив на ресурс і надійність машини, а також на вібраційний стан роторів. Аналізувався як статичний, так і динамічний стан ущільнень, що дозволяє оцінити їхню ефективність і вплив на роботу машини. Результати розрахунків динамічних сил дають змогу визначити динамічні коефіцієнти жорсткості і демпфірування, що є важливими для подальшого вдосконалення конструкції та оптимізації роботи роторних машин.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПІДШИПНИКІВ НА СТІЙКІСТЬ ОБЕРТАННЯ РОТОРА ТУРБОКОМПРЕСОРА

*Сіднін В.В., студент, група КМ-01/1,
Позовний О.О., асистент, СумДУ, м. Суми*

Принцип роботи відцентрового компресора ґрунтується на динамічному стисканні газового середовища. В якості основного елементу конструкції виступає ротор. Він складається з валу з робочими колесами. Особливість такого пристрою - швидке підвищення рівня тиску газу. Після початку роботи відцентрового компресора під впливом обертових лопаток колеса ротора виникає сила інерції. Вона впливає на частинки повітря та переміщає їх від центру корпусу компресора до краю робочого колеса. Повітряна маса стискається та підвищує свою швидкість. Після стиснення повітря повторно стискається в дифузорі. При цьому відбувається перехід кінетичної енергії в потенційну. Після чого стиснута повітряна маса направляється в повторний направляючий канал і входить на наступне робоче колесо.

Ротори відцентрових компресорів внаслідок аеродинамічних процесів, котрі відбуваються в робочих колесах та ущільненнях, являються збудниками автоколивань таких машин. Враховуючи вищесказане, проведення аналізу динамічних характеристик та знаходження методів зменшення автоколивань роторів є пріоритетним напрямком дослідження з метою підвищення характеристик роботи таких компресорів.

У роботі проведено аналіз стійкості ротора з урахуванням впливу підшипників ковзання. Для отримання результатів було застосовано аналітичні методи дослідження динаміки ротора та проведено числовий розрахунок з врахуванням та без врахування підшипників. При проектуванні 3-Д моделі було визначено еквівалентні маси для ротора турбокомпресора. Числові методи дозволили визначити власні частоти ротора, форми коливань та вплив підшипників на них. Знаючи номінальні режими роботи машини, було визначено тип ротора. За допомогою аналітичних методів було проведено апробацію результатів числових досліджень та запропоновані рекомендації для відлаштувань роботи машини від критичних частот.

В результаті було отримано багатомасову модель ротора відцентрового компресора за допомогою системи диференційних рівнянь та сучасних програмних комплексів, які дають можливість враховувати відцентрові сили проточної частини обертання та підшипників ковзання на стійкість. В результаті розрахунків було встановлено, що зі збільшенням демпфування у підшипниках ковзання стійкість ротора підвищується. Якщо підшипники не враховувати, то це негативно впливає на стійкості частоти обертання ротора.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РОТОРНИХ МАШИН ТА ПЕРСПЕКТИВ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Пестун М. О., аспірант, СумДУ, м. Суми

В роботі формуються цілі та завдання технічної діагностики як такої та віброакустичної, зокрема. Вказується на складність розв'язання задачі діагностування, пов'язану з тим, що достовірну оцінку поточного технічного стану об'єкта потрібно отримувати, проводячи безрозбірну діагностику в умовах функціонуючого механізму. При цьому відзначається, що віброакустична діагностика найбільше відповідає цій вимозі і тому є найбільш ефективною для оцінки технічного стану роторних машин, якими, зокрема, є відцентрові насоси. Вона найбільш повно відображає природу явищ, що супроводжують протікання в них робочих процесів, і використовує як джерело інформації вібросигнал, який має високу інформативність та дозволяє в реальному часі оцінювати технічний стан об'єкта діагностування. Існує багато різних підходів і методів аналізу вібраційного стану машини, але на практиці не вдається знайти універсальний спосіб, який дозволяв би за параметрами вібросигналу ідентифікувати стан машини. Тому пошук все нових і більш ефективних способів аналізу і обробки вібросигналів постійно триває. В роботі наведено аналітичний огляд відомих як поширених так і існуючих малопоширених методів вібродіагностування технічного стану роторних машин та перспектив їх використання.

Основним методом для вібродіагностики є спектральний аналіз – метод обробки сигналів, що дозволяє з'ясувати їх частотний склад. Метод є широко напружованим і може реалізовуватися як апаратно, за допомогою електронних фільтрів та частотних аналізаторів, так і програмно, за допомогою мікропроцесорної та комп'ютерної техніки на основі використання перетворення Фур'є. Але на практиці, отриманий спектр сигналу не завжди є достатньо інформативним для ідентифікації наявних у механізмі дефектів. Тому, як розвиток методу, пропонують отримувати і аналізувати кепстр сигналу - спектр від логарифма спектра сигналу.

Цікавими для вирішення задач вібродіагностики є можливості вейвлет-аналізу. Вейвлет-перетворення - перспективна технологія аналізу даних, яка знаходить застосування в найрізноманітніших сферах інтелектуальної діяльності [1]. Її використовують, коли результат аналізу сигналу повинен містити не тільки просту інформацію про його частотний склад, але і відомості про певні умови, при яких ці частоти виявляють себе. На відміну від перетворення Фур'є, яке зазвичай використовується для спектрального аналізу, вейвлет-аналіз дозволяє виділяти одночасно як частотну, так і часову компоненти мінливості сигналу, тобто дає можливість аналізувати зміну частотного спектра сигналу в часі. Таким чином, основною областю застосування вейвлет-аналізу є обробка та аналіз нестационарних сигналів. Вейвлет-перетворення має рухоме частотно-часове вікно, яке

самостійно налаштовується, та однаково добре виявляє як низькочастотні так і високочастотні характеристики сигналу на різних часових масштабах [1]. Це, зокрема, дозволяє вейвлет-фільтрам боротися з шумами та виділяти необхідні компоненти сигналу. Оскільки вейвлети мають гарну частотно-часову адаптацію, вони можуть слугувати зручним інструментом для дослідження частотних характеристик нестационарного сигналу.

Стосовно контролю стану підшипників кочення великі можливості надає метод аналізу спектра огинаючої високочастотної вібрації. Спектр огинаючої дає інформацію про періодичні зміни потужності високочастотної вібрації в тій смузі частот, яка попередньо виділяється з сигналу вібрації смуговим фільтром. Слід зазначити, що існує два різних за своєю фізичною основою методи вібраційної діагностики, що отримали однакову назву «метод огинаючої» через однакову послідовність операцій перетворення, що застосовуються до різних компонентів сигналу - періодичних і випадкових. Перший метод застосовується для розділення близьких за частотою гармонійних складових, другий – для дослідження коливань потужності випадкових складових. Саме останній знайшов більш широке застосування у вібраційній діагностиці роторних машин.

Заслугує також уваги метод ударних імпульсів, заснований на вимірюванні та реєстрації механічних ударних хвиль, викликаних зіткненням двох тіл [2]. Прискорення частинок матеріалу в точці удару викликає хвилю стиснення, яка поширюється у вигляді ультразвукових механічних коливань.

У цілому, слід зазначити, що для максимально повної і точної постановки діагнозу технічного стану машини не можна обмежуватися лише інформацією про її вібраційний стан, а необхідно враховувати й інші параметри, характерні для конкретного типу машин, наприклад, температуру, технологічні параметри, тощо.

Перспективи розвитку систем діагностування пов'язані зі створенням комп'ютерних систем, зокрема, із застосуванням принципів штучного інтелекту, що дозволять поряд з оперативним збором і обробкою діагностичної інформації використовувати для прийняття рішення узагальнені знання досвідчених фахівців.

Список літератури:

1. Твердохліб Ю. В. Методи та інформаційна технологія комплексного оцінювання параметрів вейвлет-перетворення нестационарних сигналів : автореф. ... канд. техн. наук; спец. 05.13.06 – інформаційні технології; наук. кер.: Дубровін В. І. – Харків, Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. – 2018. – 20 с.

2. Точило Р. С. Діагностування технічного стану підшипників кочення. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VI Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 16–19 квітня 2019 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 357 с. – С. 153.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ФОТОПРУЖНОСТІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ

*Чубур Б.С., студент, група КМ.м-31,
Савченко Є.М., доцент, СумДУ, м. Суми*

Механіка деформованого твердого тіла ґрунтується на експерименті, який є основою для формування гіпотези і теорії у цій галузі. Основою для розробки і формування визначальних співвідношень в усіх складових механіки деформованого твердого тіла є експериментальні методи. Знання експериментальних методів необхідні для вирішення практично важливих проблем, пов'язаних з розрахунком напружено-деформованих та граничних станів реальних конструкцій.

Метод фотопружності – один з експериментальних методів теорії пружності, який дає змогу досліджувати розподіл полів напруг і деформацій в реальних пластинчастих деталях із прозорих матеріалів або відповідним чином виготовлених з таких матеріалів моделях. Цей метод пов'язаний із впливом напруг та деформацій на оптичні властивості матеріалу. При проходженні світла через оптично активні прозорі матеріали виникають картини інтерференційних смуг, за допомогою яких і визначають напруги. Особливо ефективно це досягається при використанні поляризованого світла.

Слід зазначити, що методи моделювання використовують при проектуванні конструкцій складної форми. Основною задачею моделювання під час проведення досліджень методом фотопружності є виявлення і визначення зон подібності в закономірностях розподілу полів напружень та деформацій у конструкційних і полімерних матеріалах. Найбільшого свого застосування метод фотопружності отримав за часів, коли ще не існувало потужних комп'ютерів і програмних розрахунково-моделюючих комплексів на кшталт ANSYS та ін.

Прилад для проведення досліджень методом фотопружності є в наявності в лабораторії механічних випробувань кафедри комп'ютерної механіки ім. В. Марцинковського, що дозволяє використовувати його в першу чергу в навчальному процесі для порівняння полів напружень у деталях, отримуваних комп'ютерними методами і шляхом їх візуалізації на прозорих моделях.

В цілому, можна констатувати, що можливості використання методу фотопружності для дослідження та аналізу напружено-деформованого стану деталей на даний час не вичерпані. Наприклад, залишається можливим використання методу фотопружності у виробничих умовах для контролю якості деталей з прозорих матеріалів за рахунок неруйнівного характеру контролю, його швидкості та ефективності, можливості проведення аналізу в реальному часі.

ВІБРОДІАГНОСТУВАННЯ ЯК НАЙЕФЕКТИВНІШИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РОТОРНИХ МАШИН

Яковчук А. В., аспірант, СумДУ, м. Суми

Науково-технічний прогрес вимагає застосування різноманітних за призначенням і конструкціями машин. У процесі експлуатації машина знаходиться у взаємодії з навколишнім середовищем, з людиною, що керує машиною, з об'єктом, для якого вона призначена і це призводить до поступової деградації її якісних показників. Машина, яка має бути помічником людини, сама з часом стає для неї тягарем, потребує її допомоги, а людина вимушена надавати цю допомогу, регулярно контролюючи технічний стан машини і своєчасно реагуючи на його небажані зміни. Основні причини втрати працездатності машин: поломки деталей унаслідок втомних явищ, що виникають під дією навантаження; зміни розмірів деталей у рухомих сполученнях унаслідок зносу; заклинювання рухомих з'єднань; поломки деталей під впливом пікових навантажень; відмова окремих деталей і механізмів через поломки унаслідок сумарного впливу зовнішніх умов, зносу і втоми. Досвід показав, що серед різноманітних методів діагностування поточного технічного стану машини найбільш ефективним і результативним є вібродіагностування, що дозволяє оцінювати стан машини за наслідками контролю вібрацій, які супроводжують роботу машини і найповніше відображають фізичні процеси, які в ній відбуваються. Вібрацій не створювала б взагалі лише ідеальна машина, тому що в ній вся енергія перетворювалася б на корисну роботу. На практиці ж при функціонуванні будь-яких механізмів у їх конструкції, як побічні явища нормальної передачі динамічних впливів, виникають і поширюються пружні коливання з частотами від кількох герц до сотень кілогерц.

Основна цінність віброакустичного сигналу полягає в його універсальності, оскільки зміни його параметрів корельовані зі змінами багатьох параметрів технічного стану механізму, викликаними деградацією його вузлів, зміною розмірів деталей, відхиленнями параметрів регулювань та ін. Широкий частотний і динамічний діапазони, мала інерційність, велика швидкість поширення зумовлюють швидку реакцію віброакустичного сигналу на зміну стану об'єкта. Важлива також простота та доступність перетворення віброакустичного сигналу в електричний та можливість подальшої його обробки за допомогою сучасної електронної та мікропроцесорної техніки.

Вібрація є процесом, який не можна безпосередньо виміряти. Вимірюванню підлягають параметри цього процесу. При цьому потрібно вибирати такі параметри, які певним чином корельовані з параметрами, що характеризують процес деградації технічного стану машини. Параметри, що описують вібропроцес, складають діагностичні ознаки і їх вибір є істотною проблемою, що вимагає вивчення особливостей генерування вібрацій кожним із типів машин.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ СТВОРЕННІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН

Ващенко С.А., аспірант, СумДУ, м. Суми

Ідея створення «інтелектуальних» систем для діагностування технічного стану машин виникла задовго до того, як з'явилися технічні можливості втілити її в життя. Ще на початку епохи тотальної комп'ютеризації у 80-90 р. р. минулого століття, коли персональні комп'ютери були великою рідкістю, а великі комп'ютери-мейнфрейми були тільки на підприємствах та при деяких технічних університетах, активно проводилися дискусії на цю тему та намагалися побудувати свої власні «експертні системи».

Термін «експертна система» не має єдиного тлумачення, але в нашому випадку цей термін буде ототожнюватися з програмним забезпеченням, що моделює рішення, які приймаються експертами в певній галузі та використовує ці моделі для прийняття експертних рішень без залучення людини-експерта. Основною вимогою до експертної системи є те, що система повинна не тільки давати перелік прийнятих нею рішень, але й повинна аргументувати, на основі яких факторів чи параметрів ці рішення були прийняті. На той момент всі чітко розуміли як повинні працювати експертні системи, було сформовано безліч підходів та алгоритмів, створено багато простих програм на різних мовах програмування, але, нажаль, технічні можливості та технічне оснащення не дозволяло створити таку систему, яка могла хоча б частково замінити людину-експерта. Однією з головних проблем, з якою зустрілися ентузіасти того часу при побудові експертної системи, стало створення «бази знань» про основні несправності обраного типу машин та їх діагностичні ознаки. При створенні «бази знань» необхідно було швидко опрацьовувати величезні об'єми даних для класифікації, індексації та пошуку і це стало, по суті, проблемою, яку не змогли вирішити в той час.

Повернемося до сьогодення: у кожної дитини є пристрій з потужністю та швидкодією, що має в сотні разів більшу потужність ніж у комп'ютерів-мейнфреймів; для передачі сигналів на відстань більше не потрібний екранований кабель, а для отримання інформації з машин не потрібно їхати на виробництво; на багатьох підприємствах вже працює безліч IoT-пристроїв, а інформація збирається в великих централізованих data-центрах – Індустрія 4.0 вже працює; кожний школяр має можливість запитати у штучного інтелекту, як вирішити те чи інше завдання і отримати розгорнуту відповідь; Big Data, Machine Learning та багато іншого.

З огляду на все вище сказане можемо зробити висновки, що потрібно повернутись до невирішених задач та, нарешті, за допомогою використання технологій штучного інтелекту, здійснити мрії багатьох ентузіастів – побудувати діагностичну експертну систему.

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ РОЗРОБЦІ ТА ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

*Покидченко В.О., Товстоган М.Г., студенти, група КМ.м-31;
Савченко Є.М., доцент, СумДУ, м. Суми.*

Метою роботи було підтвердження ефективності використання комп'ютерних технологій при розробці та виготовленні окремих деталей машин хімічних виробництв, таких як фільтри-зневоднювачі (деталь «корпус») та центрифуги для поділу суспензії (деталь «диск направляючий»).

У роботі представлено сучасний технологічний процес з прогресивними методами обробки на верстаті з ЧПК з застосуванням спеціальних ріжучих та вимірювальних інструментів. Також змінений спосіб отримання заготовки. Запропоновано отримання заготовки на горизонтально-кувальній машині, що дозволяє зменшити собівартість заготовки і дає можливість отримувати заготовку максимально наближену за своїми розмірами до розмірів деталі. Базовий технологічний процес виготовлення деталі «корпус» був змінений таким чином, що токарно-гвинторізна операція (обробка за два установи) замінюється на одну токарну на верстаті з ЧПК, де обробка ведеться за один установ. Базовий технологічний процес виготовлення деталі «диск направляючий» був змінений таким чином, що токарно-гвинторізна операція (обробка за два установи) замінюється на дві токарні на верстаті з ЧПК і фрезерно-центрувальну, де обробка ведеться за один установ, а також токарна на більш старому верстаті з ЧПК замінюється на дві токарні на новому верстаті з ЧПК.

Застосування верстатів з ЧПК та заміна універсального обладнання створює певні переваги:

- продуктивність верстата підвищується до 5 разів;
- поєднується гнучкість універсального обладнання з точністю і продуктивністю верстата-автомата, що дозволяє вирішувати питання комплексної автоматизації одиничного і серійного виробництва;
- машинобудування якісно переозброюється на базі сучасної електроніки і обчислювальної техніки;
- знижується потреба у кваліфікованих робітничих кадрах, а підготовка виробництва переноситься в сферу інженерної праці;
- скорочуються терміни підготовки і переходу на виготовлення нових деталей, завдяки централізованому запису програм;
- знижується тривалість циклу виготовлення деталей і зменшується запас незавершеного виробництва.

Всі нововведення, які були введені в технологічний процес виготовлення деталей «корпус» та «диск направляючий» спрямовані на зниження собівартості та підвищення конкурентоспроможності виробу. Отримані результати підтверджені економічними розрахунками, що дозволяє зробити висновок про економічну ефективність розробленого технологічного процесу.

ON DETERMINATION OF DERIVATIVES
OF THE MITTAG-LEFFLER FUNCTION

*Ivan Pavlenko, Viktoriia Yakovchuk, Sumy State University, Sumy, Ukraine;
Volodymyr Pavlenko, School No. 10, Sumy, Ukraine;
Olaf Ciszak, Poznan University of Technology, Poznan, Poland*

The Mittag-Leffler function is widely applied for research in dynamic systems, heat and mass transfer, stochastic mechanics, and hydromechanics [1]. Its representation is as follows [2]:

$$E_{\alpha}(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{\Gamma(\alpha k + 1)}, \alpha \in \mathbb{C}, \operatorname{Re}(\alpha) \geq 0, z \in \mathbb{C} \quad (1)$$

Determining its derivative with respect to one of the parameters, e.g.,

$$\Psi_{\alpha}(z) = \frac{dE_{\alpha}(z)}{dz} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{kz^{k-1}}{\Gamma(\alpha k + 1)}, \quad (2)$$

is an actual problem when solving fractional integro-differential equations, e.g., in parametric identification of hydromechanical processes in porous media [3].

Recently, different ways of partially solving the problem of differentiation of the Mittag-Leffler function are proposed, e.g., using recurrence relations [1], the Laplace transform [4], and so on. However, identifying peculiarities for individual values of the parameter α and the correspondence of these functions to partial solutions of linear and nonlinear differential equations is still of scientific and practical interest.

Let's consider some options in representing the Mittag-Leffler function for values $\alpha = \{0; 1/2; 1; 2\}$. The corresponding expressions are given in Table 1.

Table 1 – Mittag-Leffler functions, their derivatives,
and the corresponding differential equations

α	$E_{\alpha}(z)$	$\Psi_{\alpha}(z)$	Differential equation
0	$\frac{1}{1-z}$	$\frac{1}{(1-z)^2}$	$f'(z) - f^2(z) = 0$
$1/2$	$e^{z^2} \operatorname{erfc}(-z)$	$2 \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} + ze^{z^2} \operatorname{erfc}(-z) \right]$	$f'(z) - 2zf(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}$
1	e^z	e^z	$f'(z) - f(z) = 0$
2	$\cosh(\sqrt{z})$	$\frac{\sinh(\sqrt{z})}{2\sqrt{z}}$	$4z[f'(z)]^2 - f^2(z) = -1$

The graphical representation of the functions and their derivatives is shown in Figure 1.

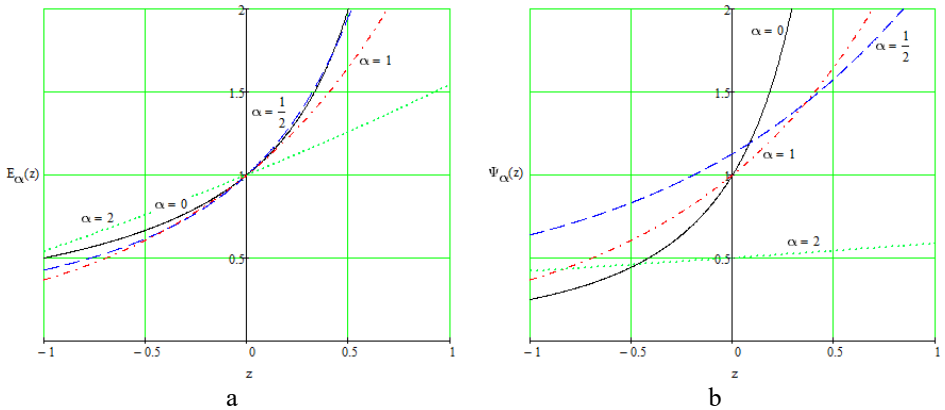


Figure 1 – Mittag-Leffler functions and their derivatives for different parameters α

Thus, it can be concluded that the Mittag-Leffler functions are separate solutions $f=f(z)$ of linear (for $\alpha = \{1/2; 1\}$) and nonlinear ($\alpha = \{0; 2\}$) differential equations presented in Table 1.

Further research will expand the representations of higher-order derivatives of the Mittag-Leffler function and establish the corresponding differential equations.

References

1. Haubold, H. J., Mathai, A. M., Saxena, R. K. (2011). Mittag-Leffler functions and their applications. *Journal of Applied Mathematics*, Vol. 2011, 298628. <https://doi.org/10.1155/2011/298628>
2. Pavlenko I. V. (2023). On one asymptotic property of the Mittag-Leffler function. In: X Conference “Modern Technologies in Industrial Production” (Sumy, April 18–21, 2023), pp. 130–131 [in Ukrainian]. <http://conf.teset.sumdu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/04/stpv-2023.pdf>
3. Pavlenko, I., Ochowiak, M., Włodarczak, S., Krupińska, A., Matuszak, M. (2023). Parameter identification of the fractional-order mathematical model for convective mass transfer in a porous medium. *Membranes*, Vol. 13(10), 819. <https://doi.org/10.3390/membranes13100819>
4. Apelblat, A. (2020). Differentiation of the Mittag-Leffler functions with respect to parameters in the Laplace transform approach. *Mathematics*, Vol. 8(5), 857. <https://doi.org/10.3390/math8050657>

The research was funded by the Ulam NAWA Programme under the project No. BPN/UJM/2022/1/00042.

ВИБІР НАЙБІЛЬШ НЕБЕЗПЕЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ АВТОМОБІЛЯ З УРАХУВАННЯМ ПОБУДОВИ ЕПЮР ВСФ

*Лобода Н. О., учень; Смірнов В. О, заступник директора, Центр STEM,
СумДУ; Сапожников Я. І., аспірант, СумДУ, м. Суми*

Спочатку розглядалося зовнішні навантаження – постійні та тимчасові у аксонометричній проекції координат x, y, z . Зосереджені $F_{\text{п}}$ - пасажирів, $F_{\text{ва}}$ - вантаж, $F_{\text{дв}}$ - двигун $F_{\text{в}}$ - водій та розподілені: $g_{\text{в}}$ - вітрове, $g_{\text{сн}}$ - снігове, $g_{\text{в}}^1$ – вітрове (рис.1). Надалі будувалися 12 різноманітних варіантів навантаження з урахуванням: $F_{\text{в}}$, $F_{\text{п}}$, $F_{\text{ва}}$, $F_{\text{дв}}$. Для кожного з варіантів знаходилися центри ваги за формулою: $X_c = \frac{\sum F_i \cdot X_i}{\sum F_i}$, $Y_c = \frac{\sum F_i \cdot Y_i}{\sum F_i}$, які порівнювалися з центром ваги ненавантаженого автомобіля. Знаходилася величина ексцентриситету між центрами ваги, для подальших розрахунків.

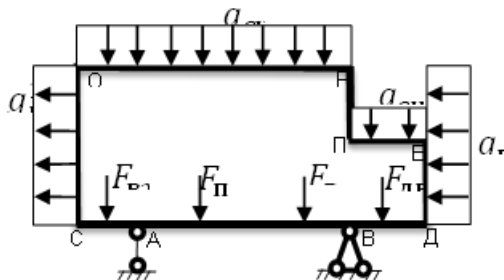


Рисунок 1 – Схема навантаження автомобіля

Для аналізу результатів будувалися графіки отриманих значень в ортогональній x, y та полярній A, θ системах відліку. Розглядалася статична задача, тобто знаходження значень Q, M, N у площині ZOX для елементів каркасу автомобіля в точках (С,А,В,Д,Е,П,Р) а також в точках (О,Р,Е) та (О,С). Розглядалася статично визначена система довільно розташованих сил. Епюри ВСФ будувалися методом “характерних” точок, для подальшого знаходження найнебезпечнішого перерізу у каркасі автомобіля. На додачу, виконувалися дві умовні геодезичні зйомки та профілі місцевості, на яких показано автомобіль під дією сил (N,F,G), де N - реакція нормальної опори, F - сила тяги, G - сила тяжіння. Проводилися висновки стосовно найнебезпечнішого перерізу каркасу та раціонально навантаженого автомобіля.

МЕТОДОЛОГІЯ ВИКЛАДАННЯ ОКРЕМИХ ТЕМ ОПОРУ МАТЕРІАЛІВ З УРАХУВАННЯМ ПЕДАГОГІЧНИХ ВИМОГ

Рожков М. О., студент, група ІМ-31/2; Смірнов В. О., заступник директора, Центр STEM, СумДУ; Сапожников Я. І. аспірант., СумДУ, м. Суми

Метаю роботи було: вказати на можливий зв'язок між викладанням окремих тем опору матеріалів та основними вимогами педагогіки. Іншими словами, зв'язок між задачами опору матеріалів: міцність, жорсткість, стійкість, економічність та категоріями педагогіки: навчання, розвиток, освіта, виховання.

Було розглянуто наступні теми:

- Приведення додаткових ВСФ до головного вектора (R) і головного моменту (M), та їх компоненти на осі (x, y, z). Бачимо так звані міжпредметні зв'язки, між нарисною геометрією, теоретичною механікою та опором матеріалів.

- Вивчення простих видів деформацій з точки зору компонентів (R, M). Бажана наступна педагогічна послідовність: актуалізація, мотивація, формування вмій та навичок.

- Розглядання складних видів деформацій з урахуванням конструктивних схем. Аналогічно, надана методична структура заняття.

- Аксонометричні проєкції видів деформацій з точки зору дії зовнішніх силових факторів. Можливі шляхи викладання: індуктивний та дедуктивний.

- Розрахункові схеми видів деформацій. Застосування часткових методів навчання: діалогічний, показовий.

- Допущення прийняті в опорі матеріалів. Використання, як розрахункових схем, так і конструктивних, разом з міжпредметними зв'язками.

- Геометричні характеристики міцності. Було знайдено головні центральні та головні моменти інерції. Бажано використовувати алгоритмічний метод навчання.

- Деформація осевого розтягання та стиснення, умови міцності, побудови епюр (ВСФ). Показано проблемний метод навчання.

- Використання ВСФ у конструктивних розрахунках. Доцільне використання дослідницького методу навчання.

- Повздожній згин. Знаходження критичної сили та варіанти закріплення стрижнів. Цю деформацію легко розглянути, використовуючи “золоте” правило дидактики.

- Деформація зсуву. Заклепувальні з'єднання, ферма та напруження у врубці і заклепці.. Використовувався дедуктивний шлях викладу.

- Методологія деформації кручення. Використання умов міцності і жорсткості. У цьому випадку доцільні академічні здібності.

- Знаходження лінійних і кутових переміщень за допомогою інтеграла Мора, та його обчислення на підставі правила Верещагіна. Форма заняття - індивідуальна.

- Види напружених станів, та їх матричний вираз. Застосування дедуктивних здібностей.

- Розглянуто приклад підготовки по темі заняття “Поняття про деформацію” у блоковому вигляді.

Показані: гіпотези, універсальний метод перерізів, характеристика простих та складних деформацій з точки зору відносних величин .

- В учбово-методичній картці заняття показані: учбова, виховна і розвиваюча мета, міжпредметні зв'язки між фізикою, теоретичною механікою та опором матеріалі, також зазначені тип і вид заняття, метод навчання та форма навчання.

Надалі розглянута структура заняття та його забезпечення, з урахуванням наочних посібників, роздаткового матеріалу, технічних засобів і літератури: основної та додаткової.

Запропоновано алгоритм педагогічних вимог, який включав до себе: категорії педагогіки, дедукційні принципи, зміст навчання, методи навчання, форми і шляхи навчання, педагогічні здібності.

Наприкінці було показано так зване інженерно-педагогічне дерево. Корінням якого є науковці, які внесли свій вклад у розвиток опору матеріалів та педагогічної науки, а гілки поєднують між собою задачі опору матеріалів і категорії педагогіки.

**СЕКЦІЯ «ЕКОЛОГІЯ І ОХОРОНА
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»**

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ СТРАТЕГІЙ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ

*Твердохлебова Н.С., доцент кафедри безпеки праці та навколишнього
середовища, НТУ «ХПІ», м. Харків*

Екологічна ситуація у світі характеризується низкою критичних проблем, які потребують вирішення. Ці проблеми суттєво впливають не тільки на стан довкілля, а й на здоров'я людини, економічний розвиток і соціальну стабільність. Україна, як і багато інших країн, стикається з аналогічними викликами, які потребують розроблення та впровадження інноваційних стратегій для їх подолання.

Сучасний етап розвитку управління екологічною безпекою в Україні характеризується активним впровадженням інноваційних підходів і технологій, а також поглибленням міжнародного співробітництва. Ці новаторські рішення спрямовані на мінімізацію екологічних ризиків і створення умов для переходу до сталого розвитку.

Під інноваційними стратегіями екологічного розвитку розуміють комплекс заходів і підходів, спрямованих на мінімізацію шкідливого впливу людської діяльності на навколишнє середовище через упровадження нових технологій, методів управління та організації виробничих процесів. Мета таких стратегій – забезпечити довгостроковий сталий розвиток суспільства, поєднуючи економічне зростання зі збереженням природних ресурсів для майбутніх поколінь.

На глобальному рівні інноваційні стратегії екологічного розвитку спрямовані на забезпечення сталого майбутнього для планети. Вони відіграють ключову роль у розв'язанні глобальних екологічних проблем, таких як зміна клімату, забруднення повітря і води, втрата біорізноманіття, виснаження природних ресурсів. Інноваційні стратегії дають змогу не тільки знизити негативний вплив людської діяльності на навколишнє середовище, а й містять широкий спектр підходів і рішень, починаючи від переходу до зеленої економіки, закінчуючи розвитком чистих технологій, відкривають нові можливості для економічного розвитку, створення робочих місць, підвищення якості життя населення.

Одним із яскравих прикладів успішної реалізації інноваційних стратегій є проєкт "Зелена угода" (Green Deal) Європейського Союзу, спрямований на досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. У рамках цього проєкту здійснюються масштабні інвестиції в чисті технології, сталє сільське господарство, збереження природних ресурсів і розвиток зеленої енергетики.

Проєкти з енергетичної ефективності та зниження викидів парникових газів включають модернізацію промислового обладнання, поліпшення теплоізоляції будівель, впровадження систем розумного енергоспоживання.

Ці заходи спрямовані на скорочення енергоспоживання та зменшення шкідливих викидів в атмосферу. Розвиток зеленого фінансування та екологічного оподаткування передбачає створення економічних стимулів для бізнесу до впровадження екологічно чистих технологій. Зелене фінансування охоплює гранти та інвестиції в проекти, що сприяють сталому розвитку.

Подібні ініціативи вимагають складної координації на різних рівнях управління, а також активного залучення всіх зацікавлених сторін: уряду, бізнесу, наукової спільноти та громадськості.

Екологічні інновації та стратегії розвитку не є виключно долею розвинених країн. Багато в чому вони стають рушійною силою прогресу і в країнах, що розвиваються, де екологічні виклики часто стоять особливо гостро.

Україна, стикаючись із власним набором екологічних викликів [1, 2], також прагне інтегрувати інноваційні стратегії в національну політику екологічного розвитку, а екологічні цілі – в усі сфери економічної діяльності. Як приклад можна навести Національну стратегію управління відходами, яка передбачає розбудову інфраструктури для перероблення та утилізації відходів, а також запровадження принципів роздільного збирання сміття. Ще одним прикладом успішної реалізації інноваційних підходів в Україні є проект із впровадження технологій біогазових установок на сільськогосподарських підприємствах. Він дає змогу не тільки розв'язувати проблему утилізації органічних відходів, а й виробляти відновлювальну енергію.

Ці та багато інших прикладів демонструють потенціал інноваційних стратегій для вирішення екологічних проблем і досягнення сталого розвитку. Таким чином, інноваційні стратегії екологічного розвитку стають невід'ємною частиною сучасної політики сталого розвитку на глобальному та національному рівнях, надаючи інструменти для розв'язання екологічних проблем за одночасного стимулювання економічного зростання та соціального прогресу.

Список літератури

1. Твердохлебова Н. Є. Регіональна екологічна безпека в умовах воєнного стану / Н. Є. Твердохлебова, Н. С. Євтушенко // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма 10-ї Всеукр. наук.-техн. конф., 18-21 квітня 2023 р. / відп. ред. О. Г. Гусак ; Сум. держ. ун-т. – Суми : СумДУ, 2023. – С. 177-178.

2. Шляхова В.Р. Основні шляхи забезпечення регіональної екологічної безпеки в умовах війни в Україні / В. Р. Шляхова, Н. Є. Твердохлебова // Актуальні питання охорони праці у контексті сталого розвитку та європейської інтеграції України : матеріали 4-ї Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. студентів та молодих науковців, 09-11 листопада 2023 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – С. 233-235.

ОЦІНКА ВПРОВАДЖЕННЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА НА ОСНОВІ ОПАЛОГО ЛИСТЯ ДЛЯ МІСТА СУМИ

*Фалько В.В., к.т.н.,ст. викладач, СумДУ, м. Суми;
Гончаренко М.О., студент, СумДУ, м. Суми*

В останні роки опале листя все частіше розглядається як перспективна сировина для різних видів палива. Проведені науковцями еколого-економічні дослідження показують доцільність використовувати ці відходи в альтернативній енергетиці у якості енергетичної сировини [1].

На сьогодні розроблено декілька технологій виготовлення твердого палива, в основу якого входить опале листя та інші відходи рослинного походження [2]. Спосіб глибокої переробки опалого листя без застосування в'язучих компонентів дозволяє виготовлення паливних брикетів, 80% ваги яких складає опале листя. Подроблена до 1,0 см³ органічна сировина пресується під тиском понад 120 кг/см², температура процесу 350 °С. Є відповідні вимоги щодо вихідної сировини: дрібна фракція, вологість до 10 % ваги та штучне додавання в'язучої основи [3].

Перевагою палива на основі опалого листя є висока питома теплота згорання та широкий спектр можливого використання – від промислових твердопаливних котлів до побутових камінів [3].

Продукти глибокої переробки опалого листя знайшли широке застосування в країнах Європи. BioFuels Intenational спеціалізується на створенні «альтернативних дров» з опалого листя.

Розробники цих технологій декларують, що отримані за такий спосіб паливні брикети є безпечними та відповідають вимогам природоохоронного законодавства.

Площа озелених територій м. Суми станом на 2023 рік становить 93,1 га. Обсяги утворення рослинних відходів, що потребують переробки складають 654 м³ опалого листя, 60 м³ трави, 774 м³ гілок дерев та кущів, 1608 м³ стовбурів дерев загальним об'ємом 3096 м³. Враховуючи це, можна запроваджувати виробництво біопалива на основі опалого листя для м. Суми.

Список літератури

1. Запорожець О.І., Савченко В.І., Карабцов Г.П. та інші. Паливо з біомаси на основі опалого листя. – Київ, Вісник Національного Авіаційного Університету. 2010. Вип. 42.1. – С. 185–190.

2. Спосіб утилізації відходів у вигляді опалого листя: Пат. 52029 Україна: МПК09 C10L 5/00. № u201001711; заявл. 18.02.2010; опубл. 10.08.2010, Бюл. № 15. – 4 с.

3. Сорока М. Л. Підвищення екологічної безпеки урбанізованих територій при поводженні з відходами рослинного походження : дис. ... канд. техн. наук; спец. 21.06.01 – Екологічна безпека; наук. кер.: Зеленько Ю. В. – Львів, НУ «Львівська політехніка». – 2019. – 192 с.

РЕГІОНАЛЬНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Твердохлебова Н.С., доцент кафедри безпеки праці та навколишнього середовища, НТУ «ХПИ», м. Харків;

Євтушенко Н.С. доцент кафедри безпеки праці та навколишнього середовища, НТУ «ХПИ», м. Харків

Екологічна безпека в Україні стоїть на перехресті безлічі викликів і можливостей. Країна, що володіє великими природними ресурсами та різноманітними ландшафтами, водночас стикається з серйозними екологічними проблемами, зумовленими як десятиліттями промислової діяльності, так і сучасними викликами, обумовленими воєнними діями на території держави [1, 2].

Управління екологічною безпекою на регіональному рівні набуває особливої актуальності, де економічні та соціальні умови можуть значно відрізнятись від одного регіону до іншого. Різноманітні екологічні проблеми, з якими стикаються промислові регіони, аграрні області та прибережні зони, потребують індивідуалізованого підходу та глибокого розуміння місцевих умов для розроблення та реалізації ефективних стратегій і заходів.

Значення й актуальність теми зумовлені не тільки екологічною ситуацією, що склалася в країні, а й глобальними трендами, які наголошують на важливості переходу до сталого розвитку та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь. У цьому контексті управління екологічною безпекою на регіональному рівні в Україні є складним завданням, що вимагає комплексного підходу, який включає як адаптацію найкращих світових практик, так і розроблення унікальних рішень, що відповідають специфіці та потребам окремих регіонів.

Регіональне управління екологічною безпекою характеризується адаптацією загальнодержавних стратегій і політик до специфіки конкретного регіону. Це передбачає врахування місцевих екологічних, економічних і соціальних умов під час розроблення та реалізації програм і заходів щодо забезпечення екологічної безпеки. Ключовим елементом є активне залучення місцевих органів влади, громадськості та бізнесу до процесу управління екологічною безпекою, що сприяє підвищенню ефективності та результативності вжитих заходів.

Інтеграція сучасних технологій в управління екологічною безпекою дає змогу підвищити ефективність моніторингу стану довкілля, забезпечує точніше прогнозування екологічних ризиків і сприяє розробленню нових методів захисту природи. Важливу роль відіграють такі інновації, як:

- системи дистанційного зондування Землі та ГІС-технології для аналізу змін у стані довкілля та управління природними ресурсами;
- розробка і впровадження чистих і поновлюваних джерел енергії, спрямовані на скорочення викидів парникових газів;

- застосування біотехнологій для очищення ґрунтів і вод від забруднень;

- розроблення екологічно безпечних матеріалів і технологій у промисловості.

Україна приймає активну участь у міжнародних екологічних програмах і проєктах, що сприяє обміну досвідом і кращими практиками в галузі управління екологічною безпекою. Співпраця з європейськими країнами, участь у конвенціях та угодах ООН з охорони довкілля та сталого розвитку дають змогу Україні інтегрувати світові стандарти та підходи в національну екологічну політику. Актуальними є проєкти та програми, які спрямовані на поліпшення екологічної ситуації та забезпечення екологічної безпеки. Серед них:

- проєкти з рекультивації земель, уражених промисловим забрудненням;

- програми з очищення та відновлення водойм;

- ініціативи щодо впровадження "зелених" технологій на промислових підприємствах;

- розроблення та реалізація місцевих програм зі скорочення викидів парникових газів.

Подальший розвиток системи управління екологічною безпекою в Україні потребує комплексного підходу, що включає посилення законодавчої бази, підвищення ефективності державного управління у сфері охорони довкілля, а також активізацію участі громадськості в екологічних проєктах і програмах.

Важливими напрямками розвитку є:

- поглиблення міжнародного співробітництва в галузі екологічної безпеки та сталого розвитку;

- продовження інтеграції інноваційних технологій і розробка нових рішень для захисту навколишнього середовища;

- розширення практики застосування економічних інструментів і стимулів для скорочення негативного впливу на навколишнє середовище.

Список літератури

1. Шляхова В.Р., Твердохлебова Н.Є. Основні шляхи забезпечення регіональної екологічної безпеки в умовах війни в Україні / В. Р. Шляхова, Н. Є. Твердохлебова // Актуальні питання охорони праці у контексті сталого розвитку та європейської інтеграції України : матеріали 4-ї Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. студентів та молодих науковців. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – С. 233-235.

2. Твердохлебова Н. Є. Регіональна екологічна безпека в умовах воєнного стану / Н. Є. Твердохлебова, Н. С. Євтушенко // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма 10-ї Всеукр. наук.-техн. конф., 18-21 квітня 2023 р. / відп. ред. О. Г. Гусак ; Сум. держ. ун-т. – Суми : СумДУ, 2023. – С. 177-178.

ШАХТНЕ ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ АЕС В СОЛЯНИХ ПОРОДАХ ТА ГЛИНИСТИХ ФОРМАЦІЯХ

*Мосійчук Р. А., студент; Батальцев Є. В., старший викладач;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми*

Ядерна енергія відіграє важливу роль у постачанні електроенергії в багатьох країнах, але одночасно вона породжує складні завдання щодо управління та використання радіоактивних відходів.

Між країнами, що мають ядерну енергетику, існує консенсус, що безпечно захоронення відходів є єдиним остаточним варіантом для довгострокового управління ними, з умовою, що немає наміру їх вилучати.

Зокрема, використання соляних порід для захоронення відоме у США та Німеччині. Це пояснюється властивостями солей, які створюють бар'єри, що запобігають проникненню підземних вод та інших флюїдів до області радіоактивних відходів, а також мають низьку теплопровідність. Різноманітність методів захоронення у соляних формаціях включає горизонтальне та вертикальне розміщення в тунелях. У Франції розроблена концепція CIGEO з шахтного геологічного сховища для захоронення високоактивних відходів у глинистих формаціях (рис. 1). Підготовка місця для їх захоронення, перевезення, сам процес захоронення – це ключові етапи управління радіоактивними відходами. Крім того, системи контролю та моніторингу, які перевіряють рівень радіації навколо сховища, є невід'ємною частиною процесу. Безпека захоронення відходів визнається ключовою проблемою, і для досягнення цієї мети необхідно вживати всіх можливих заходів безпеки. Урахування геологічних та гідрологічних умов призначених місць для захоронення є важливим аспектом з метою зниження ризиків для навколишнього середовища.

Отже, безпечно зберігання та захоронення ядерних відходів є необхідною передумовою управління ними з метою мінімізації будь-якого ризику міграції радіонуклідів у біосфері.

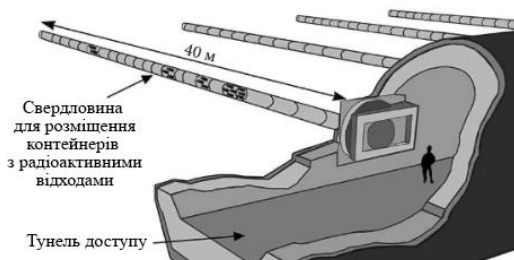


Рисунок 1 - Схема концепції шахтного захоронення РАВ в глинистих формаціях

Список літератури

1. Шибецький Ю.О., Шестопапов В.М., Почтаренко В.І., Борисова Т.А., Шурпач Н.О. Концепції геологічного захоронення радіоактивних відходів. Геологічний журнал. 2022. №1 (378). С. 03-23. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.1.247970>.

СПАЛЮВАННЯ ЛИСТЯ ТА СУХОСТОЮ: НЕБЕЗПЕКА ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ ТА СУСПІЛЬСТВА

Карташева Д.М., гр.ОС-21, Трунова І.О., доцент; каф. ЕПТ СумДУ, м. Суми

Щороку восени та на весні починається сезон паління листя, сухої трави та інших рослинних решток [1], так як для багатьох це швидкий і, здавалося б, простий спосіб очистити та підготувати територію. Однак цей метод, хоч і зручний, але приховує серйозні загрози навколишньому середовищу та здоров'ю населення. У технологічному суспільстві, яке стрімко розвивається, питання екології та захисту навколишнього середовища стають невід'ємною частиною повсякденного життя, особливо в наш час, коли рівень держави регулюється цілями сталого розвитку.

Спалювання призводить до втрати родючого шару ґрунту та руйнуванню кореневої системи рослин. Це впливає на біорізноманіття, оскільки багато видів тварин та рослин залежать від збереження природних екосистем. Крім того, сухостій важливий для збереження водних ресурсів, так як він допомагає утримувати воду та запобігає висиханню джерел води. Спалювання цього сухоостою може призвести до погіршення водних умов і вплинути на доступ до питної води.

Довкілля зазнає негативного впливу при спалюванні листя та сухої речовини, оскільки в атмосферу виділяється безліч шкідливих речовин та виділення вуглекислого газу, що сприяє зміні клімату, порушуючи екосистеми та посилюючи парниковий ефект.

Крім цього, спалювання сухоостою може призвести до виникнення неконтрольованих пожеж, які знищують природні екосистеми, в тому числі місця проживання тварин і рослин.

Вдихання диму, що виникає під час спалювання листя та сухоостою, може призвести до серйозних наслідків для здоров'я дихальної системи. Це може призвести до розвитку гострих і хронічних захворювань, таких як бронхіт, астма і пневмонія. Такий вплив стає особливо небезпечним, оскільки може впливати на здоров'я серця та судин, сприяючи загостренню серцево-судинних захворювань.

Альтернативою можуть бути:

- компостування;
- мульчування;
- переробка.

Ці методи утилізації рослинних відходів не тільки безпечніші, але й сприяють збереженню біорізноманіття та сталому використанню природних ресурсів, згідно Цілям 11 і 13 Сталого розвитку. Заборона спалювання та поширення усвідомленості про екологічні наслідки цього процесу можуть сприяти збереженню довкілля для майбутніх поколінь.

ВИРОБНИЧИЙ ТРАВМАТИЗМ У ХАРКІВСЬКОМУ РЕГІОНІ

*Мартиненко О.Г., студент, гр. Е-223в, Мезенцева І.О., к.т.н., доцент,
Вамболь С.О., д.т.н., професор, кафедра БПтаНС, Національний технічний
університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Харківський регіон є одним із найбільш потужних промислових районів України. У ньому зосереджені підприємства машинобудівної галузі (Харківський тракторний завод, Завод імені Малишева, «Турбоатом», ДП «Електроважмаш»), Харківське державне авіаційне виробниче підприємство, «Південкабель» тощо), а також хімічної, електроенергетичної, паливної, харчової галузей тощо.

Розвинута промисловість обумовлює наявність у Харківському регіоні великої кількості працездатного населення. Поряд із великою кількістю працюючих з'являється певна кількість працівників, які потерпали від травматизму на виробництві. За даними Департаменту соціальної політики Харківської міської ради у 2023 році постраждало 72 особи (4 з них зі смертельним наслідком) в результаті 60 нещасних випадків (НВ) на виробництві [1]. Протягом 2023 року відбулося 12 НВ, пов'язаних з веденням бойових дій, в результаті яких отримали травми 20 осіб, у тому числі 4 особи – зі смертельними наслідками. Один смертельний випадок стався внаслідок ракетного обстрілу, а інші – загибель під час вибуху. Розподіл кількості потерпілих в результаті НВ виробничого характеру за видами економічної діяльності у м. Харкові за 2023 рік приведено на рисунку 1.

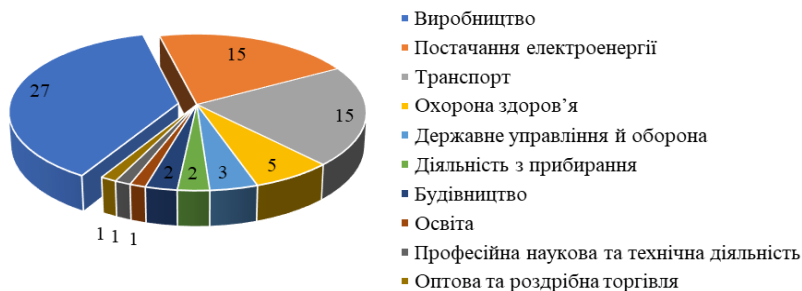


Рисунок 1 – Кількість потерпілих у результаті нещасних випадків виробничого характеру за видами економічної діяльності у м. Харків за 2023 рік [1].

Із рисунка 1 видно, що найбільша кількість потерпілих відноситься саме до виробництва, друге і третє місце займають такі види економічної діяльності, як постачання електроенергії і транспорт. Сфера охорони здоров'я займає четверте місце, хоча ще у 2022 році цей вид економічної діяльності був домінуючий [2, 3].

Причини, за якими сталися вказані НВ, наведені на рисунку 2.

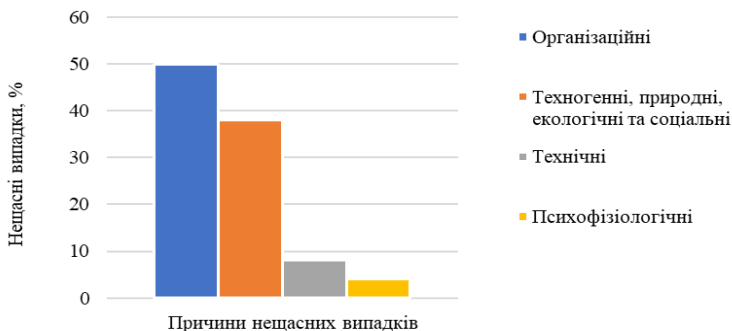


Рисунок 2 – Причини нещасних випадків, що сталися у м. Харків у 2023 році [1].

Із приведеного рисунка видно, що у 2023 році найбільша кількість НВ трапилась через організаційні та техногенні причини. Слід зауважити, що більша кількість НВ відбувається через організаційні причини практично весь період обліку НВ різними службами [2]. Серед організаційних причин переважною причиною НВ є невиконання вимог інструкцій з охорони праці. Виникає резонне запитання: чому це відбувається? Працівники свідомо порушують інструкції з охорони праці та наражають себе на небезпеку чи вони навіть не ознайомлені із питаннями, що викладені у інструкціях? У випадку свідомого порушення необхідно підвищувати рівень культури безпеки праці працівників та їх мотиваційну складову щодо безпечного ведення робіт. Якщо ж з працівниками не провели взагалі або провели неякісне навчання з охорони праці, необхідно впливати на свідомість керівників усіх рівнів щодо питань охорони праці ще на рівні навчання їх у вищому навчальному закладі.

Список літератури

1. Сайт Департаменту соціальної політики Харківської міської ради (2023, Січень) *Стан виробничого травматизму та професійних захворювань у м. Харкові за 2023 рік* <https://soczahist.kh.ua/2024/01/про-стан-виробничого-травматизму-та-п/#:~:text=Харкові%20за%202023%20рік,-29.01.2024%20%7C%20>
2. Problems of occupational injuries and ways of its reduction on example of Ukraine / I. Mezentseva [et al.] // Diversity: disease preventive of research integrity. – 2024. – Vol. 4, Issue 2. – P. 54-62.
3. Безпека життя людей – головний пріоритет сучасного світу / С. М. Мезенцев [та ін.] // Global Society in Formation of New Security System and World Order : proc. of the 2nd Intern. Sci. and Practical Internet Conf., July 27-28, 2023. – Dnipro : FOP Marenichenko V. V., 2023. – P. 250-252.

АНАЛІЗ РИЗИКІВ ВІД ГЕННОМОДИФІКОВАНИХ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

*Кузьома В.С., студент гр. ТС-21; Трунова І.О., доцент каф. ЕПТ
Сумський державний університет, м. Суми*

Проблема перенаселення землі, гостро стоїть в сучасному суспільстві, на рівні з глобальним потеплінням та сталим розвитком. Ріст народонаселення призводить до багатьох екологічних криз на планеті, а також до необхідності розвитку сучасних біотехнологій генно-модифікованих організмів та їх використання в харчовій промисловості.

За даними ООН вже до 2050 року населення Землі буде складати 9,7 млрд чоловік [1], що більше майже на 2 млрд. від показників 2024 року.

Генна інженерія може врятувати ситуацію з нестачею харчових продуктів на світових ринках за допомогою модифікування рослин і тварин. У 1996 році було засіяно 17 млн. га. площ по всьому світу. За подальші 10 років засівна площа збільшилася аж до 90 млн. га. [2].

Таблиця 1 – Позитивні та негативні фактори розвитку ГМО [3].

Позитивні фактори	Негативні фактори
<ol style="list-style-type: none">1. Створення рослин з імунітетом та стійкістю до різних хвороб та токсинів;2. Значне зменшення пестицидів для обробки рослин, що зменшує шкідливий вплив на навколишнє середовище та відповідно здоров'я людей;3. Зменшення кількості території необхідної для обробки під сільськогосподарські культури;4. Збільшення врожайності до більших обсягів при тих же засівних площах.	<ol style="list-style-type: none">1. Алергічна дія трансгендерних білків ГМО для людського організму;2. Можливе накопичення гербіцидів в стійких до них рослин, що може перевищувати ГДК в декілька раз, при цьому ризик накопичення рослинами різних токсинів мінімальний.3. Негативна дія на здоров'я людини генів стійкості до антибіотиків;4. Непередбачений вплив ГМО на здоров'я людини;5. Зниження сортової різноманітності;6. Можлива поява нових, більш патогенних штамів фіто вірусів.

Список літератури

1. GLOBAL ISSUES Population. United Nation. URL: <https://www.un.org/en/global-issues/population> (date of access: 15.03.2024).
2. Бірта Г.О., Бургу Ю.Г., Флока Л.В. Горячова О.О., Ткаченко А.С. Еко та ГМО-продукти. Навчальний посібник, 2020. – 265 с.
3. Бойко О. В., Халіман І. О., Мітков В. Б. Ризики впливу генетичної модифікованих організмів на здоров'я людини. Праці ТДАТУ. 2014. Т. 4, № 11. С. 325–327.

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМНОГО КОНТРОЛЮ ТА РОЗРОБКИ НОВИХ ІНСТРУКЦІЙ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

*Мезенцев С.М., аспірант, Кузьменко О.О., к.т.н., доцент,
Мезенцева І.О., к.т.н., доцент, кафедра БПтаНС, Національний
технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Рівень виробничого травматизму в Україні в останні роки залишається досить високим особливо в умовах воєнного часу у стані суцільного напруження людей. Питання безпеки праці торкаються значної кількості аспектів діяльності виробничих підприємств. Аналіз причин нещасних випадків (НВ) на виробництві за останні роки представлений авторами роботи [1]. Облік даних по нещасних випадках на виробництві до 2022 року було покладено на Фонд соціального страхування України. Дані виробничого травматизму були у вільному доступі, що дозволяло зробити певні висновки щодо причин НВ, найбільш травмонебезпечних галузей, професій, областей, підприємств і т.д. Наразі питання щодо обліку НВ на виробництві покладено на Пенсійний фонд України, що в свою чергу призвело до неможливості знайти дані по виробничому травматизму у вільному доступі.

Розподіл причини нещасних випадків на виробництві за 2018-2022 роки приведений на рисунку 1. Що стосується 2023 року, у відкритих джерелах надається деяка інформація по окремим областям щодо кількості нещасних випадків на виробництві, але загальну інформації по усім областям знайти неможливо.

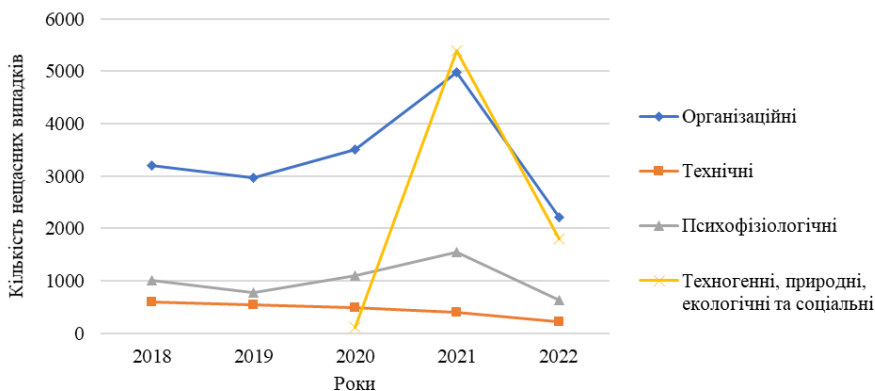


Рисунок 1 – Причини нещасних випадків на виробництві в Україні за 2018–2022 рр.

На підставі тих даних, що були знайдені, можна зробити висновок, що на протязі останніх років найбільша кількість НВ відбувається саме за організаційних причин. Незважаючи на те, що у 2021 році перше місце, лише

один раз за всю історію ведення обліку НВ на виробництві, зайняли інші причини, а саме техногенні, природні, екологічні та соціальні, вже у 2022 році організаційні причини знову зайняли 1 місце. Із організаційних причин найбільша кількість НВ стається через невиконання вимог інструкцій з охорони праці [1].

Чому відбувається невиконання вимог і з чим це пов'язано? Працівники свідомо порушують вимоги, що викладені у інструкціях з охорони праці або навіть не ознайомлені із ними? Чи можливо самі інструкції застарілі, незрозумілі і не відповідають сучасним вимогам безпеки праці? Якщо причина порушення пов'язана саме із діями працівника, виникає питання щодо мотивації цього вчинка. Задля усунення свідомого порушення вимог з охорони праці необхідно посилити контроль за якісним та своєчасним навчанням з питань охорони праці працівників. Також важливим аспектом у впливі на свідомість людей стане навчання культурі безпеки праці, як самих робітників так і спеціалістів та керівників структурних підрозділів різного рівня керування, що наочно продемонстровано у роботі [2]. Якщо було визначено, що причиною порушення вимог з безпеки праці є використання у виробничій діяльності застарілих або некомпетентних інструкцій, необхідно проводити більш ретельний моніторинг і контроль за їх розробкою, переглядом та удосконаленням.

Можливо є сенс удосконалити і Положення про розробку інструкцій з охорони праці від 1998 року [3] або покращити контроль за виконанням цього документу. Згідно цього положення не рідше одного разу на 5 років повинні переглядатися інструкції, що діють на підприємстві, а для робіт з підвищеною небезпекою – не рідше одного разу на 3 роки. Інструкції повинні переглядатися також після того, як стався НВ або аварійна ситуація, при введених в дію нового обладнання, зміні технологічного процесу тощо.

Для грамотної і компетентної розробки інструкції керівники повинні мати відповідні знання з питань охорони праці, які останнім часом все складніше отримати з огляду на те, що у закладах вищої освіти, зокрема, на другому магістерському рівні навчання практично відсутні дисципліни, які розглядають ці питання.

Список літератури

1. Аналіз причин виробничого травматизму та шляхів його зниження в сучасних реаліях / І. О. Мезенцева [та ін.] // Проблеми охорони праці в Україні = Labour Protection Problems In Ukraine : зб. наук. пр. / ред. кол.: О. Є. Кружилко [та ін.]. – Київ : ННДІПБОП, 2023. – Т. 39, № 3-4. – С. 8-14.
2. Мовмига Н.Є., Мезенцева І.О. Сучасні тенденції працевохоронного менеджменту формування фахівця нового типу з охорони праці та промислової безпеки // Науковий журнал "Молодий вчений" №2 (66) лютий 2019 р., Видавничий дім «Гельветика», м. Херсон. С.497-502.
3. НПАОП 0.00-4.15-98. Положення про розробку інструкцій з охорони праці. Наказ Держнаглядохоронпраці 29.01.1998 р. № 9.

ВІЙНА ЯК ФАКТОР ПОСИЛЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ТА КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Сумцова К.С., гр. ОС-11, кафедра ЕПТ СумДУ, м. Суми

Основна проблема з якою стикнувся увесь світ – це зміна клімату. Починаючи з середини 19 ст. внаслідок спалювання викопного палива, активному розвитку промисловості, збільшення кількості населення та неефективного використання природних ресурсів концентрація парникових газів в атмосфері почала різко зростати, утворюючи парниковий ефект, тим самим спричиняючи зміну клімату у світі.

Для зменшення викидів парникових газів та адаптації до зміни клімату у світі було прийнято численні міжнародні угоди та ініціативи.

Україна активно вживає дій роблячи вражаючі кроки в напрямку боротьби зі зміною клімату та переходу до сталої енергетики (згідно Цілям 7 і 13 Сталого розвитку). Долучення до Паризької угоди та оновлення Національно визначеного внеску із зобов'язанням скоротити викиди парникових газів на 65% до 2030 року порівняно із рівнем 1990 року, а також, ініціатива міст і містечок України в підписанні Угоди мерів та прийняття на себе зобов'язань щодо зменшення викидів парникових газів, оголошення семи міст про перехід на 100% відновлюваної енергетики, а також долучення Асоціації малих міст України до цієї ініціативи є значущими кроками у формуванні сталої та енергоефективної економіки, спрямованої на збереження клімату та довкілля.

Для України з поміж всіх факторів що спричиняють глобальну зміну клімату найбільш впливовим стала війна, крім людських жертв, збройний конфлікт має величезний вплив на довкілля.

Згідно з [1] лише за період воєнних дій в Україні було зафіксовано та задокументовано біля 4 тисяч фактів заподіяння шкоди довкіллю внаслідок збройної агресії РФ. Одна з найсерйозніших проблем – це забруднення атмосферного повітря. Зафіксовано понад 1600 випадків негативного впливу на атмосферу, пов'язаних з війною. Лісові пожежі, що виникли внаслідок ворожих обстрілів, знищили біля 67 тис га лісів та інших насаджень, викинувши в атмосферу понад 54 млн тон викидів. Горіння нафти, нафтопродуктів та інших об'єктів призвело до викидів ще понад 1 млн тон забруднюючих речовин.

Знищена техніка окупантів також становить екологічну небезпеку, адже це біля 860 тис тон відходів та понад 83 тис тон викидів забруднюють ґрунт та повітря.

Війна в Україні – це трагедія не лише для людей, але й катастрофа для довкілля. Зберегти екосистеми та мінімізувати шкоду, завдану війною, – це спільне завдання для всієї країни та світового співтовариства. Цей процес потребуватиме значних ресурсів та часу.

Науковий керівник: Трунова І.О., доцент, СумДУ, м. Суми

АНАЛІЗ УМОВ ПРАЦІ ПРАЦІВНИКІВ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА СТРАТЕГІЇ ДЛЯ ЇХ ПОЛІПШЕННЯ

Євтушенко Н.С. доцент кафедри безпеки праці та навколишнього середовища, НТУ «ХПІ», м. Харків

Твердохлебова Н.С., доцент кафедри безпеки праці та навколишнього середовища, НТУ «ХПІ», м. Харків

Підприємство машинобудівного профілю оснащується сучасним виробничим обладнанням, автоматизованими лініями, комплексами. Розширюється застосування автоматичних маніпуляторів і роботів, впроваджуються роботизовані технологічні комплекси та ділянки, гнучкі виробничі системи. В процесі освоєння сучасного високотехнологічного обладнання повинні вирішуватись дві взаємопов'язані задачі: забезпечення випуску якісної продукції та безпеки виробничого процесу [1].

При аналізі поточного стану робочих місць та обладнання можна розглядати їх у трьох основних категоріях: перша – це нові робочі місця, пов'язані з новими технологіями, де зазвичай виробничі ризики для життя і здоров'я працівника помітно нижче. Якість управління охороною праці та безпечна поведінка на робочому місці відіграють тут першорядну роль. Друга категорія – традиційні місця на підприємствах, збудованих десятиліттями тому їх досить багато. Побічно про професійні ризики для працівників тут можна судити з зносу основних фондів. Третя категорія – робочі місця у малому бізнесі, який залишається відчутним джерелом небезпечних робочих місць і де проблеми виконання трудового законодавства стоять найгостріше.

Основними причинами незадовільних умов праці залишаються: знос основних виробничих фондів та технологічного обладнання; низькі рівні механізації технологічних процесів, невисокі темпи модернізації підприємств, скорочення обсягів ремонту промислових будівель, споруд, машин та обладнання, зниження відповідальності роботодавців та керівників виробництв за стан умов та охорони праці, ослаблення уваги до безпеки виробництва.

Аналіз причин, що зумовили аварії, показав, що 80% причин мають технічний характер: незадовільний утримання технічних пристроїв, споруд, конструктивні недоліки обладнання; 20% – організаційні, незадовільна організація виконання робіт.

Є три фундаментальні керовані фактори, від яких залежить стан охорони та безпеки праці [2]: якість робочих місць; якість управління охороною праці; дисципліна виконання самими працівниками правил безпечної поведінки на робочому місці. Практичне завдання полягає у побудові сучасної та ефективної системи управління охороною праці, що включає заохочення та спонукання роботодавців до висновку “поганих”

робочих місць; перехід до компенсацій працівникам за фактичними умовами праці; дестимулювання матеріальної заінтересованості працівника в роботі у шкідливих умовах; оновлення стандартів, правил та нормативів; скорочення числа та впорядкування функцій регулюючих та контролюючих державних органів. Встановлення нового обладнання, впровадження нової техніки та нових технологій, комплексна автоматизація виробництва якісно змінюють ситуацію з виробничими та професійними ризиками та відповідають головному принципу охорони праці – попередження нещасних випадків на виробництві та профзахворювань шляхом усунення причин, що лежать в основі їх виникнення.

На сучасному машинобудівному підприємстві з його складними технологічними процесами та високою укомплектованістю працівниками різних професій та спеціалізацій раціональної організації праці має найважливіше значення для подальших підсумків заходів з охорони праці. Організація праці на машинобудівних підприємствах включає систему заходів спрямованих на створення найбільш сприятливих умов для ефективного використання робочого часу, матеріалів та техніки на користь зростання виробництва, підвищення продуктивності праці та створення нормальних здорових умов для роботи. Завданням організації праці є створення умов для зростання продуктивності праці на підприємстві. Підвищення продуктивності праці є одним з основних показників технічного прогресу та найважливішим джерелом зростання добробуту працівників.

Одним із завдань організації праці є зміцнення трудової дисципліни. Трудова дисципліна - це система заходів для підвищення ефективності праці та безперервного робочого процесу. Під виробничою дисципліною розуміють виконання розпоряджень та вказівок вищих осіб; дотримання правил охорони праці, вимог наукової організації праці. У зв'язку з цим у сучасному виробництві велику роль у забезпеченні високої трудової виробничої дисципліни та виконання вимог виконують менеджери всіх рівнів, особливо майстри та начальники дільниць і цехів. Саме від повсякденної та копіткої роботи менеджерів, які виконують свої обов'язки на підприємствах машинобудування щодо забезпечення нормальних умов праці, виконання всіх вимог безпеки залежить життя і здоров'я підлеглих працівників.

Список літератури

1. Н. С. Євтушенко, Н. Є. Твердохлебова. Функціонування систем менеджменту охорони праці в металургійній галузі // Матеріали ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції– Харків, НТУ «ХП». – с.95-98.
2. Ю. І. Денисенко, Н. С. Євтушенко Організаційний підхід у напрямку вдосконалення системи охорони праці на промисловому підприємстві // Безпека людини у сучасних умовах: зб. доп. 15-ї Міжнар. наук.-метод. конф. та Міжнар. наук. конф. Європ. Асоц. наук з безпеки (EAS), /Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків, 2023. – С.9

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ

Нагорняк В.Б., студент групи ІСТ-20-1, кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ;

Белей О. І., доцент, кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ;

Штаєр Л. О., доцент, кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ

Забезпечення екологічної безпеки довілля шляхом прогнозування метеорологічних факторів, таких як атмосферні опади, є важливою проблемою у сучасному світі. Негативний вплив атмосферних опадів не може бути недооцінений, оскільки їх кількість може спричинити різні негативні наслідки, включаючи підняття рівня води в річках. Зокрема, підвищення рівня води річок може стати причиною летальних випадків, затоплень житлових масивів та сільськогосподарських угідь [1,2].

Авторами запропоновано для проведення прогнозування кількості атмосферних опадів використовувати такі статистичні методи (рис. 1,2): ковзне середнє (moving average) та експоненційне згладжування (exponential smoothing).

Цей підхід включає такі можливості (рис. 1,2), а саме:

- змінювати тему інтерфейсу на світлу (рис. 1) та темну (рис. 2), що дозволяє користувачам зручно працювати з системою у будь-який час доби, а також наводити курсор на графіку для отримання точних значень кількості опадів та можливості проведення щомісячного їх прогнозування;

- використання бази даних, що містить 180 записів місячної кількості атмосферних опадів, здобутих з метеорологічного веб-сайту станції м. Івано-Франківськ у період 2000-2014 роками. Період обрано з можливості представлення динаміки зміни кількості опадів (локальні екстремуми) і оцінки можливостей запропонованих моделей відтворити таку динаміку; прогнозування кількості опадів на основі методу ковзного середнього здійснюється по 3 точках (3 попередні значення кількості опадів);

- прогнозування кількості опадів на основі методу ковзного середнього (moving average) виявилось на рівні 54 мм у 2014 р. та 59 мм у 2015 р., що збігається з даними у базі даних (рис. 1) і відносна похибка складає 0,28; прогнозування кількості опадів на основі методу експоненційного згладжування (exponential smoothing) становить 75 мм у березні 2014 р. та 55 мм у березні 2015 р. (рис. 2) і відносна похибка становить 0,65.

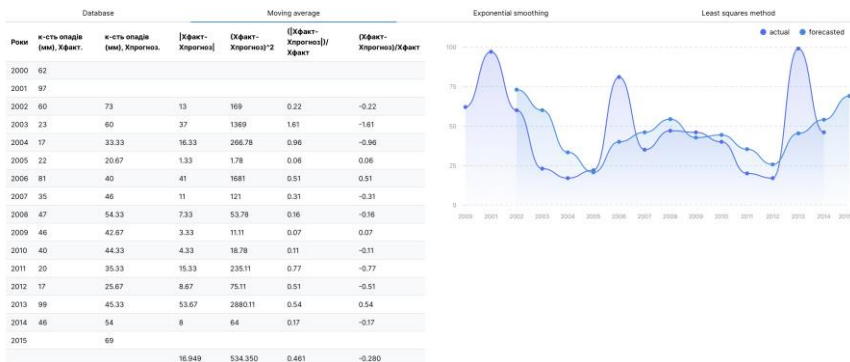


Рисунок 1 – Вікно системи прогнозування методом ковзного середнього

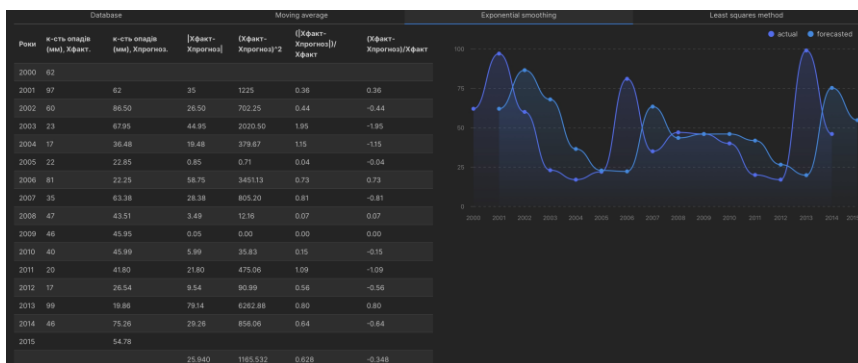


Рисунок 2 – Вікно системи прогнозування методом експоненційного згладжування

З огляду на проведенний аналіз, можна зазначити, що для прогнозування кількості атмосферних опадів найбільш точним виявився метод ковзного середнього. Такий підхід дозволяє отримувати достовірні результати і забезпечує важливу інформацію для забезпечення екологічної безпеки.

Список літератури

1. Zamikhovskii L. M., Oliinyk A. P., Klapoushchak O. I., Shtaiyer L. O. The flood process mathematical modelling an their prediction methods based on static data // Life Science Journal. – 2014. – №11 (8s). – pp. 473-477. ISSN: 1097-8135 (Print) / ISSN: 2372-613X (Online); Impact Factor 2014: 0.165/ UML: http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life1108s/104_25000life1108s14_473_477.pdf

2. Клапоушак Оксана Ігорівна. Забезпечення екологічної безпеки довкілля шляхом моніторингу рівня паводкових вод [Текст]: дис. канд. техн. наук: спец. 21.06.01 "Екологічна безпека" / Клапоушак Оксана Ігорівна. – Івано-Франківськ, 2015. – 141 с.: іл., рис., табл. – 122-141. URI: <https://www.library.nung.edu.ua/dissertation?page=24>

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ФОСФОГІПСУ

Ступак М.В., гр.ТС-01; Черниш Є.Ю., доцент кафедри ЕПТ, СумДУ, м.Суми

Тип відходу, котрий утворюється у великій кількості та має негативний вплив на довкілля та є кінцевим продуктом при виробництві фосфорних добрив, таких як суперфосфати, має назву фосфогіпс. Фосфогіпс (також відомий як фосфатний гіпс) може бути як, утилізований, так і перероблений.

Серед технологій утилізації фосфогіпсу виділяють наступні:

1.Технологія видалення сполук фосфору з мулових осадів за допомогою дигідратного фосфогіпсу в системах анаеробної мікробіологічної стабілізації.

2. Технологія біохімічного окиснення сполук сірки газових потоків із використанням мінерального носія на основі фосфогіпсу, що дозволяє забезпечити очищення біогазу до біометану з утворенням біосірки як побічного продукту очищення.

Серед екологічно безпечних технологічних рішень по переробці фосфогіпсу, можна зазначити наступні:

1.Використання як добрива: може бути використаний як добриво для полів, що зменшує необхідність в експлуатації сировинних матеріалів для виробництва добрив.

2.Використання в будівельній промисловості: може бути використаний як компонент для будівельних матеріалів, таких як гіпсові плити та бетон. Це дозволяє використовувати його у корисних цілях, замість накопичення.

3.Застосування в промислових процесах: може бути використаний як компонент у виробництві цементу або в інших промислових процесах, що дозволяє зменшити використання сировини та кількість відходів.

4.Використання у відновлювальних процесах: деякі технології можуть використовувати фосфогіпс у відновлювальних процесах, таких як процеси вилугування металів або очищення води.

Важливо розробляти та впроваджувати технології, які дозволяють ефективно використовувати фосфогіпс як ресурс, замість захоронення на звалищах, що допоможе зменшити негативний вплив на довкілля.

Список літератури

1. Черниш Є. Ю. Наукові засади еколого-синергетичного підходу до процесу утилізації фосфогіпсу для зменшення техногенного навантаження на довкілля : автореф. дис. ... канд. : 21.06.01. Суми, 2019. 50 с.

ОРГАНІЧНА РЕЧОВИНА ДИГЕСТАТУ ТА ЇЇ РОЛЬ У БІОРЕМЕДІАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

Кулик Н. С., студентка; Аблеєва І. Ю., д.т.н, доцент, СумДУ, м. Суми

У наш час ремедіація ґрунтів постає важливим завданням. Накопичення важких металів (ВМ) у ґрунтах створює ризики для здоров'я людей. Метали можуть поглинатися рослинами та потрапляти далі в організм людини з їжею. Найбільш ефективний підхід до біоремедіації ґрунту на місці – це зміна параметрів ґрунту, а також іммобілізація ВМ у хімічних матеріалах шляхом біосорбції, біопреципітації та фіксації або комплексоутворення.

Дигестат анаеробного зброджування органічних залишків позитивно впливає на врожайність культур, властивості ґрунту. Він містить розчинні органічні речовини, які відіграють важливу роль для зв'язування ВМ. Органічна речовина дигестату може взаємодіяти з ВМ (обмінною фракцією) на поверхні ґрунту та утворювати стабільну хімічну сполуку, яка впливає на процеси міграції та трансформації ВМ. Проте оксиди Fe–Mn, органічні та залишкові форми ВМ важко розчиняються при високих значеннях рН [1].

Згідно з дослідженням [2], де проведено аналіз механізмів зв'язування ВМ з розчищеною органічною речовиною, визначено основні фактори, які впливають на властивості цього процесу. Гуміноподібні речовини мають найкращі зв'язувальні властивості з іонами Cu^{2+} та Zn^{2+} . Фульвоподібні компоненти мають найвищу стабільність зв'язування для іонів Cr^{3+} та Pb^{2+} . Комбінація фульвоподібних і білковоподібних речовин знижує стабільність зв'язування для всіх іонів важких металів. Стабільні комплекси розчинених органічних речовин з іонами Fe^{3+} утворюються незалежно від домінуючих органічних компонентів.

Застосування анаеробного дигестату не лише позитивно впливає на властивості ґрунту, а ще й забезпечує зв'язування ВМ у ґрунті за рахунок наявності розчиненої органічної речовини, що володіє комплексоутворюючою здатністю, що досить актуально для підвищення екологічної безпеки ґрунтів.

Список літератури

1. Guo, X., Xie, X., Liu, Yu., Wang, C., Yang, M., Huang, Y. Effects of digestate DOM on the chemical behavior of soil heavy metals in abandoned copper mining areas. *Journal of Hazardous Materials*. 2020. Vol. 393, Paper ID 122436. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122436>.
2. Skvortsova P. O., Ablieieva I. Yu., Tonderski K., Chernysh Ye. Yu., Plyatsuk L. D., Sipko I. O., Mykhno H. I. Synergetic effect of digestate dissolved organic matter and phosphogypsum properties on heavy metals immobilization in soils. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. 2024. Vol. 11(1). pp. H9–H20. [https://doi.org/10.21272/jes.2024.11\(1\).h2](https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).h2).

ВПЛИВ СТОКІВ З ОЧИСНИХ СПОРУД НА ЕКОСИСТЕМУ РІЧКИ

Кузьміна Т., доц. СумДУ, м. Суми; Бабко Р., Ін-т зоології НАНУ, м. Київ; Пляшечник В., КП «Водоканал Ужгород», м. Ужгород; Забурко Я., викл. ун-т Люблінська політехніка, м. Люблін, Польща; Кириченко Я., студ. СумДПУ

Одним з проявів впливу стічних вод на екосистеми річок є зміни структури бентосу. Оцінку впливу стоків з очисних споруд КП «Міськводоканал» Сумської міської ради на р. Псел здійснювали на основі вивчення структури асамблеї в'їчастих найпростіших, які є обов'язковим компонентом екосистем як природних водойм, так і очисних споруд.

Проби мікробентосу відбирали у 2023 р. на ділянці русла р. Псел від пункту 100 м вище точки скиду стічних вод до пункту 3500 м нижче точки скиду стічних вод. Крім цього, аналізували структуру організмів активного мулу з очисних споруд КП «Міськводоканал» СМР. Ділянка русла Псла, на якій проводили дослідження, перебуває під впливом розосереджених поверхневих стоків з території м. Суми і характеризується *a*-мезосапробним рівнем забруднення. Однак вплив очисних споруд був помітним навіть на фоні досить високого загального рівня забруднення річки. Порівняння видового складу в'їчастих найпростіших у донних відкладах р. Псел з видовим складом цих організмів у активному мулі очисних споруд показало їх високу подібність нижче місця скиду стічної води (рис. 1). Високий рівень подібності (від 57,1% до 37,5 % за індексом Серенсена) показує, що вплив стічної води з очисної споруди залишається значним на відстані 1 км нижче місця скиду стічних вод.

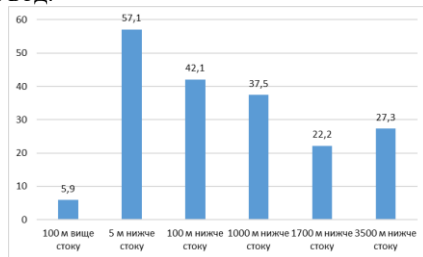


Рис. 1 – Подібність між видовим складом в'їчастих найпростіших у активному мулі очисних споруд м. Суми і у донних відкладах р. Псел за індексом Серенсена, %

Іншим показником, який дозволяє визначити, що зміни в екосистемі спричинені саме дією стоків з очисних споруд, є щільність популяцій видів-маркерів. Видами-маркерами забруднення стічними водами ми називаємо види, які є постійними мешканцями очисних споруд і які в очисних спорудах характеризуються високими показниками щільності популяцій порівняно з цим показником у природних водоймах. Типовими видами-маркерами є

Aspidisca cicada, *Acineria uncinata*, *Plagiocampa rouxi* і ряд видів з підкласу Peritrichia. Наприклад, вплив стічних вод на р. Псел добре віддзеркалює щільність популяції *Aspidisca cicada* (рис. 2). На ділянці русла вище стоку і на ділянках 1700 м та 3500 м нижче стоку щільність популяції цього виду була низькою, а в межах 1-км ділянки нижче стоку спостерігалось значне підвищення цього показника. Це зумовлено подібністю трофічних умов і кисневого режиму в активному мулі очисних споруд і на ділянці річки, що перебуває під впливом стоку. Аналогічні тренди на ділянці нижче стоку демонструють також популяції інших видів-маркерів і, відповідно, загальна щільність угруповання війчастих найпростіших, виявляючи зону впливу очисних споруд на екосистему р. Псел, яка на період дослідження розповсюджувалася на відстань 1 км.



Рис. 2 – Щільність популяції виду-маркера в активному мулі очисних споруд м. Суми і у донних відкладах р. Псел

Порівняння стану р. Псел нижче скиду стічних вод з двома іншими річками, які також є приймачами стічних вод з очисних споруд – р. Уж (м. Ужгород) і р. Бистриця (м. Люблін, Польща), показало, що зона впливу стічних вод на р. Псел більш ніж втричі перевищує за протяжністю аналогічні зони впливу на річках Уж і Бистриця (300 м). При цьому на очисних спорудах в м. Ужгород і у м. Суми застосовуються аналогічні технології очищення, тоді як у р. Бистриця надходять стічні води значно вищої якості, очищені з застосуванням сучасної удосконаленої технології. Найбільш вагомим фактором, який вирізняє р. Псел серед названих річок, є наявність греблі ГЕС в с. Низи, внаслідок чого р. Псел на ділянці, що приймає стічні води, являє собою руслове водосховище з уповільненою течією і суттєво зниженим самоочисним потенціалом гідроекосистеми. Річка Уж, яка приймає стічні води такої ж якості, як і Псел, виявляє набагато вищу здатність утилізувати забруднення завдяки течії і високій турбулентності потоку. Відповідно, можна впевнено стверджувати, що реконструкція Сумських очисних споруд не вирішить проблему забруднення річки Псел, якщо її самоочисний потенціал не буде підвищено шляхом відновлення проточності русла.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ОЗЕЛЕНЕННЯ З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКИХ ЖИТЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ НА ПРИКЛАДІ ЖИТЛОВОГО РАЙОНУ ТРОСТЯНЦЯ

Давидова С. Е., студентка; Яхненко О. М., ст. викладач, СумДУ, м Суми

Шумове забруднення в міських житлових районах стає все більшою проблемою в сучасному світі. Зростання транспортного потоку, розвиток інфраструктури та інші аспекти міського життя призводять до збільшення рівня шуму, що негативно впливає на життя мешканців. Шум від автомобілів, промислових установ та інших джерел стає причиною стресу та негативно впливає на здоров'я мешканців.

Експерти стверджують, що у великих містах шум може скоротити тривалість життя людини на 8-12 років. Він шкідливо впливає на здоров'я, призводячи до порушень функцій органів слуху, ендокринної, нервової та серцево-судинної систем. Щодо адаптації організму до шуму, то вона практично неможлива, тому регулювання та обмеження шумового забруднення навколишнього середовища є надзвичайно важливими і обов'язковими. Однак, технології озеленення можуть стати ефективним інструментом у боротьбі з цією проблемою.

У окремих районах житлових масивів Тростянця, дана проблема також відчувається. Зокрема, були проведені вимірювання шуму біля житлових будинків, по вул. Благовіщенська, 53 та вул. Кузьми Скрябіна, 6. На цих об'єктах виявлено відхилення шуму від норми. Відповідно ДБН В.1.1-31:2013 максимально- допустимий рівень шуму в день може становити 70 дБА, а згідно вимірам- 80-84 дБА по вул. Благовіщенській, 53 та 76-82 дБА по вул. Кузьми Скрябіна, 6. На наш погляд, використання технологій озеленення, допоможе вирішити дану проблему в цих місцях.

Озеленення має важливе значення у боротьбі із шумовим забрудненням. Деревя, кущі та газони відбивають та поглинають звук, зменшуючи його інтенсивність та розповсюдження. Різноманітні рослини можуть виступати як природні бар'єри, що знижують шум в першу чергу від доріг та інших джерел.

Рослини створюють природний бар'єр, який допомагає знизити проникнення шуму у житлові зони. Зелені дахи та стіни також є ефективними засобами зниження рівня шуму. Рослини, розміщені на дахах та стінах будинків, відбивають частину звукових хвиль, поглинають їх та створюють додатковий шар ізоляції від шуму.

Отже, використання технологій озеленення може стати важливим інструментом для зниження шумового забруднення у міських житлових територіях, зокрема в деяких районах Тростянця. Створення зелених зон, висадка рослин біля доріг та використання зелених дахів та стін можуть значно покращити якість життя мешканців, забезпечуючи сприятливіші умови для проживання в міському середовищі.

ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВА ЇХ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ

Непокритова А.В., студентка; Яхненко О. М., ст. викладач, СумДУ, м Суми

Відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) - це джерела енергії, які здатні відновлюватися в природних масштабах відносно короткого часу. Основна відмінність між відновлювальними джерелами енергії та традиційними, такими як вугілля, нафта або природний газ, полягає в тому, що ВДЕ не є вичерпними, тобто їх можна використовувати без обмежень у часі. До ВДЕ відносять сонячну, вітрову, гідроенергетику, біомасу та геотермальну енергію.

Україна має значний потенціал для використання відновлювальних джерел енергії. Розвиток цих джерел є важливим напрямом для зменшення залежності від імпорту енергоресурсів та зниження викидів парникових газів.

До повномасштабного вторгнення, ВДЕ розглядалися більше як інструмент для боротьби з кліматичною кризою. Зараз же ця проблема має водночас і політичний характер.

Перехід на відновлювальні джерела дає Україні можливість стати енергетично незалежною державою (незалежною, в першу чергу, від держави-агресора). Особливо після постійних аварійних відключень електроенергії у 2022-2023 роках, стало зрозуміло, що альтернативні джерела енергії – це необхідність.

І це стосується насправді не тільки України, оскільки інші держави теж досі купують викопне паливо.

Сьогодні ВДЕ є гарантією енергетичної безпеки та національної незалежності, а її ціна набагато нижча, ніж на викопне паливо.

Через повномасштабну війну, розв'язану росією в Україні в лютому 2022 року, вразливість сектора ВДЕ стала особливо відчутною. Активні бойові дії, руйнування та окупація енергетичних об'єктів призвели до затримки прогресу у цій галузі та залишили його у стані невизначеності. Але до цього Україна показувала досить непоганий розвиток в цій сфері.

Україна в 2019 році увійшла до десятки країн у світі за темпами розвитку відновлювальної енергетики, а в 2020 — до п'ятірки країн у Європі за темпами розвитку сонячної енергетики. Також у 2019 році Україна зайняла 8 місце у рейтингу Climatescope від Bloomberg New Energy Finance (Bloomberg NEF) серед більше ніж 100 країн за привабливістю інвестицій у низьковуглецеві джерела енергії та розвиток «зеленої» економіки.

У 2021 році, Україна посіла 48 місце за загальним інвестиційним потенціалом держави серед 136 країн світу в рейтингу BloombergNEF.

В цілому, з 2019 року, інвестиції у нові проекти відновлюваної енергетики в Україні стабільно перевищують інвестиції у проекти на викопному паливі.

Одним з найбільш перспективних напрямів є сонячна енергетика. Це екологічно чистий та найпоширеніший вид енергії.

Україна має значний потенціал у цьому секторі, оскільки належить до регіону з високим рівнем сонячної активності та має сприятливі кліматичні умови. Зараз спостерігається активний розвиток сонячних електростанцій, як на домашньому рівні, так і на промислових об'єктах. Великі сонячні паркові станції збудовані на півдні та в центрі України. Використання сонячних батарей в приватних домах є ефективним майже для всієї території України.

Ще одним важливим джерелом є вітрова енергетика. Найбільший потенціал генерування енергії мають район Карпат та Закарпатської області, але цей потенціал не застосовується в повній мірі. Також прибережні області Чорного та Азовського морів придатні для будівництва вітрових ферм. Але варто враховувати, що вітер – досить непередбачуване та непостійне джерело енергії.

Гідроенергетика також є важливим джерелом в Україні, завдяки наявності великої кількості річок та водосховищ. Проте багато потенційних місць для гідроенергетики потребують серйозних інвестицій та розвитку інфраструктури. Окрім цього, важливо враховувати потенційні негативні впливи на біорізноманіття та на довкілля в цілому, що можуть виникнути внаслідок будівництва водних енергетичних об'єктів.

Біоенергетика має величезний потенціал в такій аграрній країні як Україна, особливо в умовах війни.

Україна має великий потенціал у вирощуванні біомаси через своє аграрне спрямування та наявність значних земельних ресурсів. Це дозволяє країні стати самодостатньою у виробництві біопалива та інших видів біоенергії, зменшуючи залежність від імпортованих палив, особливо у військових умовах. Наприклад, шляхом переробки органічних матеріалів, таких як харчові відходи, рослинні та тваринні залишки, отримують біогаз.

Біогазові установки стають вагомим джерелом енергії, а побічні продукти виробництва біогазу можна використовувати як органічні добрива та сировину для ремедіації ґрунтів.

Хоч відновлювальні джерела енергії і приносять багато користі, але варто звертати увагу також і на їхні недоліки.

Будівництво деяких енергоустановок вимагає значних земельних ресурсів, наприклад, для розміщення сонячних панелей або вітряних турбін. Також до негативних якостей можна віднести мінливість та нестабільність більшості відновлювальних джерел енергії. Сонячна, вітрова та гідроенергетика залежать від погоди, пори року.

Незважаючи на значний потенціал ВДЕ в Україні, для їх повноцінного розвитку необхідна підтримка з боку держави шляхом створення сприятливого інвестиційного клімату, вдосконалення законодавства та регулювання в цій сфері, а також підтримка наукових досліджень та розвитку технологій.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ВОГНЕВИМИ МЕТОДАМИ

*Гой Л.С., студентка;
Бурла О.А. асистент, СумДУ, м. Суми*

Навколишнє середовище відчуває колосальне матеріальне та енергетичне навантаження у зв'язку з інтенсивним розвитком процесів переробки нафти.

Утворюється велика кількість нафтових відходів, нафтошламів, що потребують утилізації. 3 – 7 % продуктів нафти втрачається як забруднення на всіх стадіях технологічного процесу та споживання або накопичується в якості відходів та шламів.

Першорядною є проблема, пов'язана з місцями несанкціонованого зберігання нафтовмісних відходів, технологічними протоками, шламовими коморами та ін. За відсутності та нестачі спеціалізованих полігонів та недостатності ефективного обладнання для переробки нафтошламів, промисловим об'єктам доводиться накопичувати та зберігати їх на своїй території, що неминуче призводить до плати за негативний вплив на довкілля [1].

Вуглецевмісні відходи – нафтошлами, бурові шлами, ґрунти, нафтопродукти, що містять відпрацьовані масла утворюються в результаті розливів нафти на різноманітних поверхнях, зачистки резервуарів, при технологічних операціях у процесі буріння свердловин, видобутку, переробки, транспортування нафти і нафтопродуктів, що зосереджуються в шламових коморах на промислах. Нафтовідхід є сумішшю відпрацьованих бурових розчинів, гірських порід, глини, цементу, води, нафти та нафтопродуктів, сміття.

Нафтові шлами за складом надзвичайно різноманітні та представляють собою складні системи, що складаються з нафтопродуктів, води та мінеральної частини (пісок, глина, мул і т.д.), співвідношення яких коливається в дуже широких межах.

Наявні засоби утилізації нафтошламів різноманітні – фізико-хімічні, теплові, механічні, біохімічні, комбіновані. Однак жоден із них не є економічно задовільним. Механічні методи (центрифугування) та фізико-хімічні (барабанна сепарація, флотація) є енерговитратними. Біохімічні методи потребують постійного контролю.

Високо температурні засоби включають безпосередньо спалювання та піроліз, але потрібна організація ефективної системи газоочищення, оскільки при високих температурах утворюються забруднюючі речовини, зокрема оксиди важких металів.

Спалювання – найпоширеніша форма знищення відпрацьованих нафтопродуктів, однак, призводить до вторинного забруднення атмосфери та ґрунтів, так як супроводжується викидом діоксидів сірки та азоту, сажі та

інших канцерогенів. У зв'язку з цим у багатьох країнах спалювання дозволено лише за умови попереднього очищення нафтовмісних відходів від екологічно шкідливих домішок [2].

Найбільш перспективним рішенням є залучення до переробки вуглеводневого концентрату, виділеного з нафтовмісних відходів, отриманням світлих моторних палив та залишкових дорожніх бітумів.

Термічні засоби знешкодження нафтовмісних відходів включають технологічне спалювання і піроліз. Інсинерація нафтошламів є одним із виходів із положення, проте вимагає організації ефективної системи газоочищення, оскільки при спалюванні утворюються забруднюючі речовини, у тому числі оксиди важких металів.

Застосування установок дозволяє знизити забруднення навколишнього середовища порівняно із звичайним відкритим спалюванням, але ненабагато. Так само використовується технологія що дозволяє знешкодити відходи, однак, одержуваний продукт не знаходить подальшого застосування (зола, як правило, підлягає подальшому захороненню як знешкоджений матеріал). Крім того, технологія характеризується підвищеним споживанням енергетичних ресурсів, оскільки на переробку спрямовуються обводнені нафтовідходи.

Багатокомпонентний та неоднорідний склад відходів, відсутність їх попередньої підготовки призводить до нерівномірного розподілу складових, що зрештою впливає на фізико-хімічні процеси при випаленні та якісні показники готового продукту. Тим самим інтерес представляє вдосконалення технології термічного знешкодження нафтогрунту та нафтовмісних шламів з отриманням екологічно безпечних продуктів, придатних до використання у будівництві як наповнювачів, у дорожній промисловості для підсилення доріг або для рекультивациі земель.

Найбільш перспективним методом утилізації нафтошламів представляється піроліз, так як з його допомогою нафтошлам не знищуються, а переробляються в синтетичну нафту і піролізний газ, який служить паливом для роботи самої установки.

Можливо, повсюдне впровадження подібних установок є радикальним вирішенням однієї з найбільш наболілих проблем нафтогазової галузі, а саме проблеми шламових комор та незаконного зберігання відходів нафтовидобутку.

Список літератури

1. Сіра А. Ю. Утилізація відходів безамбарного буріння свердловин в нафто- та газовидобувній галузі. Матеріали наук.-техн. конф. викл., співр., аспір. і студ. ф-ту ТеСЕТ «Сучасні технології у промисловому виробництві», Суми, Сумду, 2019. – С. 188-210.

2. Ера нафти добігає кінця [Електронний ресурс] // Незалежний аналітичний центр геополітичних досліджень Борисфен Інтел. – 2016. – <http://bintel.com.ua/uk/article/jera-nefti-zakanchivaetsja/>.

МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ В РАЙОНІ ЗОЛОВІДВАЛУ СУМСЬКОЇ ТЕЦ

Гурець І.М., аспірант гр. Ав-25/ТС, СумДУ

Золошлаконакопичувачі теплоелектростанцій є джерелами комплексного негативного впливу на довкілля. При їх експлуатації під тиском антропогенного навантаження знаходяться всі компоненти навколишнього середовища: атмосферне повітря – через винесення твердих дрібнодисперсних частинок золи; гідросфера – через міграцію забруднюючих речовин у ґрунті, підземні та поверхневі води; землі – через порушення та забруднення поверхневого шару ґрунту пиловими частинками. Все вищенаведене ставить задачу оцінки впливу золівідвалів на довкілля. В цілому всі методи оцінки впливу промислових підприємств та об'єктів теплоенергетики на довкілля поділяються на кількісні та якісні. До кількісних методів належать методи, які базуються на вимірюванні вмісту та кількості забруднюючих речовин та характеристик стану навколишнього середовища. Дані про концентрацію забруднювачів та динаміку їх вмісту в навколишньому середовищі дає моніторинг компонентів довкілля.

Для дослідження нами було обрано золошлаконакопичувач Сумської ТЕЦ. Як свідчать попередні дослідження [1], в золі та шлаках Сумської ТЕЦ міститься значна кількість важких металів, які під час з атмосферними опадами здатні вилугуватися, переходити у розчинні форми і забруднювати ґрунти та підземні води. Радіоактивність золошлаків – 18 мР/год. На даний час підприємством проводиться регулярний моніторинг стану підземних вод в районі розташування золівідвалу та вод самого золівідвалу. Є п'ять спостережуваних свердловин, які дозволяють оцінювати вплив золівідвалу на підземні води першого від поверхні водоносного горизонту на глибині 10–15 м та можливу міграцію забруднюючих речовин у річку Псел. Однак забруднення прилеглих до золошлаконакопичувача ґрунтів не проводиться, хоча вони активно використовуються населенням для вирощування овочевих культур. З метою моніторингу земель в районі розташування золівідвалу Сумської ТЕЦ нами пропонується проведення біомоніторингових робіт, а саме – аналіз накопичення важких металів в представницьких видах рослин, які зростають на досліджуваній території – Пирію повзучого та Кульбаби лікарської. Аналіз Пирію повзучого показав високий вміст міді, в свою чергу Кульбаба лікарська в більшому ступені накопичує цинк. Проведені дослідження свідчать про негативний вплив золошлаконакопичувача на ґрунти.

Список літератури

1. Войтюк Ю.Ю. Закономірності розподілу важких металів в об'єктах навколишнього середовища м. Суми. Вісник Дніпропетровського університету. Геологія, географія. 2016. №24, Ч. 2. С.18–23.

ЗВ'ЯЗУВАННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ПІД ЧАС АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖУВАННЯ

Лисицька А. В., студентка; Аблієва І. Ю., д. т. н., доцент, Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Анаеробне зброджування – це процес розкладання органічної сировини без участі кисню, у результаті чого утворюються два продукти: дигестат та біогаз. Сировиною для анаеробного зброджування є різні види субстратів:

1. Органічні побутові відходи: включають в себе продукти харчування, органічні рештки, стічні води тощо.

2. Сільськогосподарські відходи: наприклад гній, навісні органічні добрива, біомаса сільськогосподарських культур тощо.

3. Промислові відходи: включають в себе біомасу та відходи виробництва харчових продуктів, текстилю, паперу, нафти, газу тощо.

Сировина може містити важкі метали, що надходять з різних джерел: забруднені ґрунти, використання пестицидів та добрив у сільському господарстві, промислові викиди, а також забруднення у міських та промислових стічних водах. Саме їх надлишок становить екологічну проблему у розрізі негативного впливу на процес бродіння внаслідок інгібуючого ефекту на бактерії та екологічної безпеки утвореного дигестату, що використовується потім як добриво. Тому актуальним є питання визначення потенціалу анаеробного зброджування у зниженні концентрації важких металів.

У результаті розкладання органічних речовин, процесів мінералізації та виділення біогазу, утворений дигестат має нижчий вміст вологи, ніж сировина. Вміст сухої речовини зменшується, вміст вологи збільшується, а в'язкість відповідно зменшується [1]. Наявність поживних елементів у системі анаеробного зброджування позитивно впливає на життєдіяльність консорціуму мікроорганізмів, які беруть участь у різних стадіях процесу. Однак вміст необхідних макро- та мікроелементів, зокрема, нітрогену, карбону, сульфору, залежить переважно від виду сировини та змінюється до кінця процесу. Так, відсоток збільшення аміачної форми азоту менший для гною свиней і великої рогатої худоби у порівнянні з харчовими відходами і рослинною сировиною. Співвідношення C/N зменшується, оскільки частина вуглецю вивільняється з біогазу.

Під час процесу анаеробного зброджування деякі види бактерій можуть використовувати важкі метали, такі як залізо, марганець або кобальт, як альтернативні акцептори електронів замість кисню. Окрім основних біохімічних процесів розкладання органічних сполук, деякі види бактерій можуть здійснювати зв'язування металів, що має кілька функцій:

1. Біосорбція металів. Деякі бактерії можуть адсорбувати метали на

своїй поверхні. Цей процес, відомий як біосорбція, може бути використаний для очищення середовища від важких металів, таких як свинець, кадмій або мідь, шляхом усунення їх з розчину [1].

2. Залізоредукція. Деякі анаеробні бактерії можуть використовувати метали як акцептори електронів у процесі зброджування. Наприклад залізоредукуючі бактерії можуть відновлювати іони заліза Fe^{3+} до Fe^{2+} або навіть до металічного заліза [1].

3. Утилізація матеріалів. Деякі бактерії можуть використовувати метали як каталізатори у своїх біохімічних реакціях або для створення захисних механізмів від токсичних матеріалів.

Згідно результатів дослідження [2] було встановлено, що після анаеробного зброджування рідка та тверда фракції, що утворилися після сепарації, набагато більше збагачені амонійним азотом та мають менший склад важких металів, ніж вихідна сировина.

Також враховуючи дані [3] було визначено, що масова частка досліджених важких та ін. металів у гранульованому дигестаті з пташиного посліду істотно нижча за ГДК щодо токсикологічних показників органічної суміші, яку можна використовувати як добриво у сільському господарстві та для рекультивації земель. Фактичний вміст у % від ГДК становить: Fe – 4,7%; Cd – 0,5%; Co – 0,4%; Mn – 6,9%; Cu – 3,1%; Pb – 0,2%.

Масова частка важких металів у гранульованому дигестаті з пташиного посліду становить: Cd (0,14 мг/кг), Pb (1,46 мг/кг), Cu (46,36 мг/кг), Co (0,39 мг/кг), Zn (362,44 мг/кг), що значно менше за допустиму концентрацію шкідливих речовин у агрохімікатах, згідно з національними та європейськими санітарними вимогами.

Металоредукція може мати важливе значення для біогеохімічних циклів важких металів у природних середовищах, а також для застосувань у біотехнології, таких як очищення ґрунтів або відновлення важких металів з відходів.

Таким чином, у процесі використання сировини для анаеробного зброджування необхідно враховувати вміст важких металів, оскільки вони можуть впливати на ефективність процесу та якість отриманих продуктів, а також на екологічну безпеку дигестату. Проте результати досліджень вказують на зниження вмісту металів у дигестаті порівняно з сировиною.

Список літератури

1. Influence of Heavy Metals on the Process of Anaerobic Fermentation of Biomass by the Consortia of Anaerobic Microorganisms / N. Golub et al. *Innovative Biosystems and Bioengineering*. 2020. Vol. 4, no. 4. P. 211–219.
2. Skryl'nyk J., Kutova A., Getmanenko V. Influence of anaerobic fermentation of organic waste to change the content of biogenic elements in the effluent biogas plant. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2020. Vol. 98, no. 3. P. 71–76.
3. Content of heavy metals in the digestate from poultry by-products / Y. Podoba et al. *Agroecological journal*. 2023. No. 4. P. 65–72.

ЕКОЛОГІЧНІ ТА СОЦІОЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕВАГИ ОЗЕЛЕНЕННЯ ДАХІВ

Єрьюменко А.О., студентка; Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми

Прискорення темпів урбанізації призводить до того, що міста стають все більшими і більшими, наповнюються бетоном і будівлями, залишаючи мало зелених насаджень. Цей перехід від сільського до міського життя почав створювати економічні, екологічні та соціальні проблеми. Великі міські центри з мінімальною кількістю зелених насаджень призводять до збільшення кількості повеней, проблем з якістю повітря та води. «Зелені дахи» пропонують численні екологічні переваги для міських екосистем. Деякі з цих переваг можуть допомогти містам у вирішенні глобальних і локальних проблем, пов'язаних зі зміною клімату.

«Зелені дахи» є продовженням вже існуючого даху, яке передбачає, як мінімум, високоякісну гідроізоляцію, систему захисту від коріння, дренажну систему, фільтрувальну тканину, легке середовище для вирощування та безпосередньо рослини. Побудова зелених дахів надає численні економічні, екологічні та соціальні переваги.

В першу чергу розглянемо економічні переваги. Ефект міського теплового острова створює вищі температури в міських центрах. Це означає, що влітку охолоджувати будинок буде коштувати дорожче. Зелені дахи діють як бар'єр для ізоляції будівель, запобігаючи проникненню холодного повітря або виходу гарячого, і навпаки. Це означає, що будівлі потребують менше енергії для опалення та охолодження, а також можуть отримати вигоду від збільшення вартості нерухомості, довшого терміну служби даху.

Економічні вигоди від зелених дахів в основному відчувають власники будинків і підприємств. Суспільні вигоди впливають на муніципалітет, зменшуючи потребу в інфраструктурі зливової каналізації. Американський науковець Джеффри Д. Маллен та ін. стверджують, що перехід на великі зелені дахи в масштабах міста може заощадити до 70% витрат, пов'язаних з інфраструктурою управління зливовими водами.

Екологічні переваги від «зелених дахів» тісно пов'язані з економічними.

Екологічні переваги «зелених дахів» можна побачити на індивідуальному та суспільному рівнях, насамперед, це економія енергії. Зі зміною клімату зростає потреба в "зеленій" енергії та відмові від викопного палива. Зелені дахи можуть сприяти переходу від невідновлюваної до відновлюваної енергії. Зелені дахи охолоджують поверхню даху, оскільки рослинність поглинає сонячне світло і тепло ще до того, як воно потрапляє в будівлю, допомагаючи людям і громадам адаптуватися до підвищення глобальної температури внаслідок зміни клімату.

Зелені дахи будуть більш ефективними в масштабах громади, саме тому так важливо, щоб уряд приймав політику заохочення приватних осіб та бізнесу до встановлення зелених дахів.

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРОЦЕСУ ПІРОЛІЗУ ГУМОТЕХНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Сидоренко С.В., докторант, кафедра ЕПТ СумДУ, м. Суми
Сумцова К.С., гр. ОС-11; кафедра ЕПТ СумДУ, м. Суми

Утилізація відпрацьованих гумотехнічних виробів є важливою екологічною проблемою сучасності. Накопичення цих відходів на звалищах створює серйозні загрози для навколишнього середовища та здоров'я людини через виділення небезпечних хімічних сполук. Тому вкрай необхідно впроваджувати ефективні екологічно безпечні технології переробки гумотехнічних відходів.

Однією з перспективних технологій утилізації гумотехнічних відходів вважається піроліз - термічний розклад за відсутності кисню. Цей процес дозволяє переробляти гумові відходи з отриманням альтернативних рідких і газоподібних палив, а також вуглецевого залишку. Однак традиційні піролізні технології мають суттєвий недолік - утворення значних обсягів високоактивних, токсичних та летких речовин, таких як SO₂, HCN, CS₂, NH₃, H₂S, які становлять загрозу для навколишнього середовища.

Підвищити екологічну безпеку переробки гумотехнічних відходів дозволяє технологія багатоконтурного циркуляційного піролізу (БЦП). Її принципова відмінність полягає у багатоступеневому охолодженні та конденсації парогазової суміші продуктів піролізу з рециркуляцією висококиплячих фракцій на вторинну глибоку деструкцію.

Завдяки використанню математичного моделювання фазової рівноваги в багатоконтурній циркуляційній системі (БЦС) вдається підібрати оптимальні температурні режими конденсації фракцій. При цьому забезпечується максимальна глибина деструкції високомолекулярних гетероатомних сполук сірки, азоту та кисню. Як результат, в цільових продуктах БЦП, що є високоякісним альтернативним паливом, вміст сірковмісних сполук знижується на 95%, а кисне- та азотовмісних - на 99% порівняно з традиційним піролізом.

Незважаючи на значне зниження вмісту забруднюючих компонентів, цільові продукти БЦП все ж можуть містити певні кількості гетероатомних сполук, вище допустимих норм. Для їх остаточного вилучення можна застосовувати відомі методи очищення, такі як гідроочищення, абсорбційні чи мембранні процеси.

Підсумовуючи, технологія багатоконтурного циркуляційного піролізу дозволяє суттєво підвищити екологічну безпеку процесу переробки гумотехнічних відходів. Комплексний підхід з використанням багатоступеневої глибокої деструкції небезпечних компонентів і методів очищення забезпечує отримання екологічно чистих цільових продуктів піролізу.

ПЕРЕРОВКА ЗОЛИ ЕНЕРГООЩАДНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

Ізмоденова Т. І., пошукувач, Науково-дослідний інститут мінеральних добрив і пігментів Сумського державного університету, м. Суми

Інтенсивне використання природних ресурсів в Україні, необхідних для розвитку промисловості та сільського господарства, впродовж багатьох років супроводжувалось зростанням техногенного навантаження на довкілля. Вплив енергетичного сектора зумовив необхідність продовження програм розвитку відновлюваних джерел енергії та підтримки проектів із енергоефективності, збереження ресурсів та впровадження більш чистих технологій виробництва. Використання викопного палива та спалювання рослинних залишків сільськогосподарських культур пов'язані зі значним утворенням мінеральних відходів і мають тенденцію до зростання. Відвали займають значні земельні площі та є джерелами несприятливої екологічної обстановки у регіонах. Щорічно збільшується вартість транспортування золи й шлаків у відвали та вартість будівництва золовідвалів і їх реконструкції [1]. Підприємства малої енергетики все більше переходять на біопаливо та стикаються з проблемою утилізації золи. За показниками хімічного й мінералогічного складу така зола дозволяє розглядати її як сировину для виробництва гранульованих добрив, оскільки зола відноситься до категорії безпечних відходів [1].

Метою наших досліджень було вивчення технології гранулювання золи рослинних решток методом компактування. Цей метод поєднує у собі переваги як хімічної грануляції, так і простого змішування добрив (тукосумішей). Метод має високу гнучкість при використанні різної сировини. Це дозволяє легко адаптувати продукцію до попиту ринку. Можливе виробництво невеликих обсягів дуже специфічних продуктів під певні умови, культуру та клімат.

Для підвищення ефективності й універсальності зольних добрив було проведено дослідження зі збагачення золи носієм загального і водорозчинного фосфору у вигляді моноамонійфосфату (МАФ) та по вивченню фізико-хімічних властивостей перспективних зразків добрив. В усіх експериментах було використано золу лушпиння соняшника, яка мала масову частку калію у перерахунку на K_2O – 13,2–34,7 % та фосфору у перерахунку на P_2O_5 – 6,9–15,30 %. Через невисокий рівень контамінації літосферним компонентом та майже відсутнє вилугування в лушпинні соняшника, зола саме з цього біопалива має високі показники за вмістом калію і фосфору та є більш придатною для виробництва зольних добрив.

Суть технології компактування полягає в утворенні гранул добрив шляхом подачі сухої суміші золи й МАФ із завантажувального бункера та проходження між двома валками, що пресують їх під час обертання в протилежних напрямках, в результаті чого порошок перетворюється на щільні пластівці. Отримані пластівці автоматично потрапляють у механізм

подрібнення. Далі гранули проходять через сито, розмір чарунок якого відповідає заданому розміру гранул. Готові гранули розвантажуються в накопичувальний бункер, гранули розміром менше 1 мм повертаються в завантажувальний бункер для повторної переробки. Порошкова суміш золи і МАФ пресується при зволоженні до 10 % для цементування за схемою утворення кристалогідратів, без необхідності додавання будь-яких додаткових інгредієнтів, що дозволяє зберегти чистоту вихідного матеріалу. Обробка матеріалу невеликою кількістю води, виключає необхідність подальшого сушіння продукту та дозволяє уникнути втрат дисперсного матеріалу під час виконання тих чи інших технологічних процесів, а також скоротити витрати на упаковку продукту завдяки високій щільності готового продукту [2]. При гранулюванні під тиском відбуваються фізико-хімічні процеси, пов'язані з трансформацією фізичної структури речовин від утворення стійких кристалічних решіток, цементування та ін. до утворення нових хімічних сполук.

При поєднанні золи з МАФ в умовах дослідно-промислового виробництва одержано однакові за розміром гранули із статичною міцністю від 1,85 МПа до 2,50 МПа та масовою часткою товарної фракції (2–4) мм до 90 % від маси. Хімічний аналіз зразку показав, що добриво містить масову частку азоту – 3,45–7,80 %, $P_2O_{5\text{зар.}}$ – 17,50–33,15 %; $P_2O_{5\text{в.р.}}$ – 6,35–19,8 %, K_2O – 6,51–23,60 %. Вироблено дослідну партію гранульованого продукту у кількості 30 тонн. Проведені вегетаційні дослідження розробленого добрива у порівнянні з контролем показали прибавку врожайності на 4–12 %.

Отже, технічні рішення щодо виробництва комплексних добрив на основі золи лушпиння соняшника в суміші з МАФ на валковому грануляторі показали свою перспективність. У цієї технології існує низка переваг – менш металомістка і екологічно безпечна. При використанні саме цієї технології залучається незначна кількість води, зменшуються або повністю відсутні витрати на сушку готової продукції, втрати азоту у вигляді амоніаку є мінімальними. Реалізація технології компактування дозволяє суттєво знизити викиди парникових газів при виробництві добрив. Технологія гранулювання золи лушпиння соняшника з МАФ на валках дає можливість отримувати до 90 % товарної фракції готової продукції, ефективно контролювати вміст калію та загального фосфору в складі гранули.

Список літератури

1. Скляр Л. В. Технология обогащения золошлаков Зеленодольской ТЭС с получением алюмосиликатных микросфер // Збагачення корисних копалин: Наук. – тех. зб. – 2016. – Вип. 63(104). – с.36-46
2. Виробництво фосфоровмісних мінеральних добрив підприємствами України та їх використання в сільському господарстві: Монографія / В. Г. Заречений, Е. О. Карпович, І. П. Воробйова, С. В. Вакал, М. О. Трофіменко, Є. І. Дмитрієв; За ред. В. Г. Зареченого. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2004. – 189 с.

АНАЕРОБНА ДЕГРАДАЦІЯ ГАЛОГЕНОВАНИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Парамонов А. В., аспірант, Аблесва І. Ю., д. т. н, доцент, Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Останні десятиліття характеризуються суттєвим антропогенним впливом на довкілля. Особливо це стосується застосування різноманітних синтетичних органічних сполук у промисловості та сільському господарстві.

Однією з таких груп забрудників є галогеновані органічні сполуки (ГОС). Сполуки цієї групи володіють високою токсичністю, стійкістю і накопиченням у природних середовищах та значним біокумуляційним потенціалом [1]. Прикладами є: поліхлоровані біфеніли, інсектициди, такі як ДДТ, ГЦГ, хлордан, і ін., хлоровані/бромовані діоксини/дибензофуранита ін.

Сполуки даної групи є широко розповсюдженими у всіх природних середовищах (особливо це стосується інсектицидів, таких як хлордан), що створює необхідність їх нейтралізації та виведення з цих середовищ. Одним з найбільш ефективних методів нейтралізації цих сполук є анаеробна деградація. Останні дослідження показали, що відновне дегалогенування в анаеробних умовах є достатньо ефективним, через високу стабільність націлювання на вуглець-галогенні зв'язки. Цей процес забезпечується мікроорганізмами, які використовують галогеновані сполуки як акцептори електронів для енергетичних процесів в анаеробних умовах. Проте, дослідження показують, що процес анаеробного відновлення ГОС обмежується їх нестабільністю та складним видаленням. Тому часто для забезпечення стабільності та ефективності процесу застосовують зовнішній електричний потенціал, що значно полегшує мікробний метаболізм, а, відповідно, і видалення та нейтралізацію забрудників. Для забезпечення такого потенціалу використовують біофільтри та одно-або двокамерні біореактори [2]. Наприклад, для очищення стічних вод від ГОС використовують очисну систему, яка включає механічну обробку води та осаду, змішувач-усереднювач, два анаеробні біофільтри, які працюють паралельно, аеробний біореактор, вторинний освітлювач, станцію дозування реагентів, станцію зневоднення осаду на стрічковому фільтр-пресі, біофільтр для очищення вихідного повітря.

Біологічні методи очистки вод та інших природних середовищ є перспективними з точки зору вартості, екологічності і простоти застосування.

Список літератури

- 1.Xia J., Li Y., Jiang X., Chen D, Shen J. (2023). Enhanced 4-bromophenol anaerobic biodegradation in electricity-stimulated anaerobic system: The key role of humic acid in reshaping microbial eco-interrelations and functions.*Journal of Hazardous Materials* 453 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131426>
- 2.Kodavanti R., Costa L., Aschner M.(2023).Perspective on halogenated organiccompounds*Advances in Neurotoxicology*,Vol. 10, P.1-25.

ВИКОРИСТАННЯ ЗВЕДЕНИХ ТАБЛИЦЬ У ПРИРОДООХОРОННІЙ ДІЯЛЬНОСТІ: МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Гришко А. О., студентка; Рой І. О. доцент, СумДУ, м. Суми

Обробка великого масиву даних часто включає в себе великий спектр проблем, пов'язаних з високими темпами збільшення обсягів різноманітних даних. Обробка великих об'ємів даних призводить до затримок, високого використання ресурсів та потребує потужних обчислювальних ресурсів. Деякі операції можуть бути повільними через велику кількість даних, що потребує додаткових зусиль з використанням ефективних алгоритмів, оптимізації запитів та забезпечення спільного доступу до даних з використанням систем управління базами даних (СУБД) з підтримкою транзакцій та розумінням механізмів блокування даних.

У сфері природоохоронної діяльності обробка великого масиву даних володіє рядом унікальних викликів та проблем, а саме:

- складність алгоритмів обробки та аналізу супутникових даних;
- потреба в точних методах аналізу та моделювання даних про клімат та навколишнє середовище;
- обробка великих обсягів даних про різноманіття видів та їх місць проживання;
- потреба в системах постійного моніторингу та аналізу забруднення навколишнього середовища;
- обробка різнорідних даних про вплив людської діяльності.

Природоохоронна діяльність є важливим компонентом сталого розвитку та збереження природних ресурсів, тому однією із важливих складових вирішення цих проблем є розробка стратегії обробки великих масивів даних, з використанням зведених таблиць, які представляють собою структурований набір даних у вигляді табличної форми, де інформація організована у логічному вигляді.

Створення та управління зведеними таблицями вимагає врахування ряду важливих вимог:

- забезпечення цілісності даних, для уникнення помилок та дублювання інформації;
- використання індексції для швидкого доступу до даних;
- встановлення прав доступу до таблиць, щоб забезпечити конфіденційність даних, у т. ч. з використанням шифрування даних;
- дотримання встановлених стандартів баз даних та форматів даних;
- забезпечення сумісності з іншими системами: інтеграція з іншими системами та джерелами даних;
- забезпечення легкості використання та адміністрування;
- забезпечення резервного копіювання даних для захисту від втрати;
- забезпечення захисту від несанкціонованого доступу.

У сучасній природоохоронній діяльності зведені таблиці знайшли застосування у різноманітних напрямках (рисунок 1), де вони використовуються в першу чергу як інструмент для збору, аналізу та використання великої кількості даних.

НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ ЗВЕДЕНИХ ТАБЛИЦЬ	Моніторинг екосистем	Запис інформації про стан екосистем
		Відстеження змін в екосистемах
	Аналіз розподілу ресурсів	Управління розподілом фінансових, людських та матеріальних ресурсів для реалізації природоохоронних заходів
		Визначення ефективності витрат та розподілу ресурсів для мінімізації впливу на навколишнє середовище
	Картографування та аналіз природних об'єктів	Створення карт розташування природних об'єктів та їхніх характеристик
		Аналіз відповідності стану природних об'єктів поставленим цілям та оцінювання ефективності їхнього функціонування
	Моніторинг забруднення	Фіксація даних щодо забруднення навколишнього середовища
		Визначення ефективності природоохоронних заходів
	Оцінка впливу кліматичних змін	Визначення змін у кліматичних параметрах та їхнього впливу на екосистеми
		Розробка стратегій адаптації та зменшення вразливості навколишнього середовища до змін клімату
	Залучення громадськості	Відображення даних про екологічні проекти та запрошення громадськості до обговорення та надання власних пропозицій

Рисунок 1 – Сучасні напрями використання зведених таблиць у природоохоронній діяльності

Перспективним напрямками використання зведених таблиць в природоохоронній діяльності є використання зведених таблиць у поєднанні з технологіями, такими як геоінформаційні системи (ГІС) та штучний інтелект. Інтеграція з ГІС дозволяє візуалізувати дані, що полегшує розуміння стану природних об'єктів та розробку дієвих заходів, а також дозволяє зробити природоохоронну діяльність більш точною, ефективною та науково обґрунтованою. Впровадження штучного інтелекту для аналізу зведених даних може значно покращити прогнозування та прийняття стратегічних рішень.

Зведені таблиці в природоохоронній діяльності грають ключову роль у зборі, аналізі та використанні даних для забезпечення сталого використання природних ресурсів. Інтеграція нових технологій та розширення можливостей аналізу даних відкривають нові перспективи для вдосконалення природоохоронних заходів та збереження екосистем.

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ БІОГАЗОВОГО ДИГЕСТАТУ НА ГРАНУЛИ

Сінко І.О., аспірантка; Аблєєва І.Ю., д.т.н, доцент, СумДУ, м. Суми

Нинішній стан геосфери змушує замислитися щодо повторного використання відходів шляхом залучення їх у процеси в незміненому вигляді або після певних трансформацій, аби зменшити техногенне навантаження на довкілля. У біоенергетичному секторі технологія анаеробного зброджування є досить перспективним підходом до застосування різної органічної сировини для виробництва біогазу. У залишку отримують дигестат – зброджену масу, багату на макро- та мікроелементи. Його використовують у якості біодобрива або покращувача якості ґрунтів. Згідно роботи [1] такий продукт позитивно впливає на якість ґрунтів, вирівнює рН, зменшує їх еродованість, покращує волого- й повітропроникність. Вміст нутрієнтів у біодобриві сприяє росту, розвитку та стійкості зеленої біомаси до негативних кліматичних умов, а також збільшує шар гумусу, що підвищує врожайність.

Комплекс NPK у дигестатах міститься в біодоступній формі. Тобто більший відсоток внесених у ґрунт макроелементів, порівняно з мінеральними добривами, надходять до рослин та засвоюються ними. Це сприяє кращому озерненню, крупності зерна, росту, збільшенню періоду вегетації, затриманню процесу старіння. У цілому покращується структура й продуктивність ділянок.

Зброджену масу з біогазової установки сепарують на рідку та тверду фракції. Обидві з них можна застосовувати для удобрення ґрунтів, але при цьому буде спостерігатися відмінність у хімічному складі, і по-різному розподіляться поживні речовини при внесенні. У якості пост обробки додатково для рідкої фракції можна застосовувати зневоднення, подрібнення й гранулювання [2, 3]. Це дозволяє зменшити об'єм біодобрива та надати йому більш зручної, компактної форми, у тому числі спростити транспортування й зберігання, що може зацікавити не лише великі агрокомпанії, а й значно менші садівничі господарства. Такий продукт стає економічно вигіднішим як товар із доданою вартістю. Технологічний процес гранулювання відбувається здебільшого в грануляторах.

При внесенні в ґрунт під впливом вологи гранули дигестату розчиняються, тобто поживні речовини повільно вивільняються й забезпечують рослини. Крім того, їх можна модифікувати та сполучати з мінеральними або органічними добавками. Гранули мають покращені властивості текучості, меншу схильність до злипання, їх можна вносити на поле за допомогою механічних розкидачів [4], застосування саме такої форми є більш ефективним для підвищення доступності фосфору. При внесенні в ґрунт спостерігається збільшення екстрагованого вуглецю та зменшення азоту, що призводить до збільшення співвідношення C/N. Подібний

дисбаланс викликає зниження ефективності використання Карбону й підвищення ефективності використання Нітрогену, що сприяє іммобілізації азоту ґрунтовими мікроорганізмами. Гранульований дигестат підвищує мікробну активність і біомасу не лише порівняно з мінеральними добавками, але й з рідкою фракцією. Пориста структура дозволяє воді та мікроорганізмам легко проникати в органічну матрицю та робити макро- та мікроелементи доступними для поглинання рослинами [5]. Процес гранулювання призводить до концентрації органічної речовини, тоді як рідка фракція накопичує розчинні солі.

Використання біогазового дигестату сприятиме зменшенню залежності господарств від синтетичних хімічних добрив, що знизить витрати на їх імпорт із-за кордону та дозволить розвивати вітчизняне виробництво. Разом із цим застосування світових практик допоможе стати більш інвестиційно-привабливими та конкурентоспроможними з точки зору екологізації технологічних процесів наших підприємств за кордоном.

Отже, використання біогазового дигестату в якості біодобрива є досить перспективним у світі. Його подальше зневоднення та гранулювання надає певні переваги, у т.ч. полегшує зберігання та транспортування. Пориста структура гранул забезпечує збалансоване надходження поживних речовин у ґрунт і рослини, що запобігає їх перенасиченню макроелементами. Крім того, біодобриво покращує характеристики ділянок, збільшує їх продуктивність та врожайність у цілому.

Список літератури

1. Möller K. Effects of anaerobic digestion on soil carbon and nitrogen turnover, N emissions, and soil biological activity. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2015. Vol. 35, no. 3. P. 1021–1041.
2. Ablicieva I., Berezna I., Bereznyi D., Enrich-Prast A., Geletuha G., Lutsenko S., Yanchenko I., Carraro G. Technologies for Environmental Safety Application of Digestate as Biofertilizer. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. Vol. 23, no. 3, P. 106–119.
3. Czekala W. Solid fraction of digestate from biogas plant as a material for pellets production. *Energies*. 2021. Vol. 14, no. 16. P. 5034.
4. Rigby H., Smith S.R. (2011). New Markets for Digestate from Anaerobic Digestion. URL: <https://www.yumpu.com/en/document/read/23054251/new-markets-for-digestate-from-ad-wrap> (date of access: 07.03.2024).
5. Valentinuzzi F., et al. (2020). The fertilizing potential of manure-based biogas fermentation residues: Pelleted vs. liquid digestate. *Heliyon*, Vol. 6(2), P. 03325.

Результати одержані у рамках виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Сумського державного університету (д/р № 0121U112684; договір № БФ/26-2021).

ВИКОРИСТАННЯ ЦИКЛУ КРЕБСА ДЛЯ САМОРЕГУЛЮВАННЯ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ МІКРООРГАНІЗМІВ АКТИВНОГО МУЛУ

*Забара І. І., аспірантка; Пляцук Л. Д., професор;
Батальцев Є. В. старший викладач, СумДУ, м. Суми*

В Україні все більш актуальною стає проблема швидкого погіршення якості природних водойм, особливо в тих районах, які постраждали від війни. Головними причинами забруднення природних водойм є скид неочищених та недостатньо очищених стічних вод. Також, на існуючих очисних спорудах міст України використовують технології та методи очистки стічних вод, що не зазнавали серйозних змін майже півстоліття. Тому розробка нової біотехнології для очищення стічних вод шляхом біологічної активації мікроорганізмів активного мулу з подальшим покращенням біоценозу природних водойм є достатньо актуальним питанням.

На існуючих каналізаційних очисних спорудах міста Суми триває випробування нового способу біологічної активації мікроорганізмів активного мулу, що значно покращує стан біоценозу річки Псел. У 2021 році наднормативні скиди у річку Псел склали: завислі речовини – 11,8 %, біологічне споживання кисню – 20,8 %, фосфати – 0,3 %. В 2023 році наднормативні скиди склали: завислі речовини – 6,3 %, біологічне споживання кисню – 14,6 %, фосфати – 0,1%.

У хімічній лабораторії очисних споруд міста Суми протягом останніх років успішно розробляється науковий напрямок біологічного очищення стічних вод з метою створення ефективних біотехнологій на підставі сучасних рішень: використання циклу ферментативних окислювально-відновних реакцій мікроорганізмів активного мулу та їх високих катаболічних можливостей щодо деструкції забруднень води.

Проведено комплекс експериментальних та виробничих досліджень з біологічної активації метаболітами циклу Кребса при використанні сучасного лабораторного обладнання, методик проведення вимірювань та аналізу забруднюючих речовин. За результатами досліджень в державному реєстрі України було зареєстровано два патенти на корисну модель «Способу біологічної індукованої активації мікроорганізмів активного мулу»: №145609 від 28.12.2020 року та №153846 від 06.09.2023 року.

Особливість розробленої біотехнології – 3-х етапна послідовна обробка мікроорганізмів активного мулу в лабораторних умовах з використанням метаболітів циклу Кребса (лимонної, бурштинової та малонної кислот) та додавання активованої суміші в працюючі аеротенки (біореактори).

Цикл Кребса, який є одним з найбільш важливих циклів метаболізму аеробних мікроорганізмів, являє собою цикл ферментативних окислювально-відновних реакцій, в якому субстратна речовина окислюється до

вуглекислого газу, а звільнений водень рухається до ланцюга тканинного дихання, де надалі окислюється до води.

Проведені дослідження визначили, що спосіб індукованої біоактивації з лимонною, бурштиною та малоною кислотами дає підвищення ефективності біологічного очищення стічних вод завдяки прискоренню метаболічних процесів аеробних бактерій, що сприяє покращенню біоценоза природної водойми на скиді очищених стічних вод. Лимонна й бурштинова кислоти є метаболітами циклу Кребса, які посилюють ферментотворення аеробних бактерій, пригнічують ріст патогенних бактерій та покращують видове різноманіття мікроорганізмів мулу.

Лабораторними дослідженнями встановлено (табл. 1), що оптимізований процес біологічного очищення стічної води утворює кількість активного мулу рівно стільки, скільки необхідно для деструкції конкретної кількості забруднюючих речовин, що надходять на очищення [1].

Таблиця 1 – Зміна дози мулу за період саморегуляції активного мулу на аеротенках очисних споруд міста Суми

Квартал, рік	Загальна доза мулу – середнє значення, г/дм ³	Загальна доза мулу – мінім. значення, г/дм ³	Загальна доза мулу – мінім. значення, г/дм ³	Кількість біологічних активацій
З виводом надлишкового активного мулу				
I квартал 2021	2,9	4,5	2,0	12
II квартал 2021	3,5	4,7	2,5	10
III квартал 2021	3,8	5,3	2,1	7
Без виводу надлишкового активного мулу				
IV квартал 2021	3,5	4,9	2,1	7
I квартал 2022	2,1	2,9	1,5	9
II квартал 2022	2,3	2,9	1,5	10
III квартал 2022	2,9	4,7	2,1	9
IV квартал 2022	2,6	3,4	2,1	11
I квартал 2023	2,0	2,3	1,5	10
II квартал 2023	2,3	2,8	1,9	12
III квартал 2023	2,5	3,2	2,0	12
IV квартал 2023	2,4	3,4	1,5	8

Слід зазначити, що саморегуляція активного мулу в аеротенках сприяє покращенню біологічного очищення без створення надлишкового мулу. Таким чином, вирішуються проблеми з переробкою, транспортуванням та розміщенням надлишкового мулу.

Розроблена нова біотехнологія працює на клітинному рівні та не потребує значних фінансових витрат, а також модернізації біореакторів, що важко зробити на очисних спорудах в сучасних умовах.

Список літератури

1. Забара І. І. Саморегуляція активного мулу // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: збірник наук. статей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 15-16 вересня 2022 р.) / УКРНДІЕП, 2022. – 396 с.

УЛОВЛЮВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ВУГЛЕЦЮ ЯК МЕТОД ПОМ'ЯКШЕННЯ НАСЛІДКІВ ЗМІНИ КЛІМАТУ

*Закорко А. С., студентка; Пляцук Л. Д., професор;
Батальцев Є. В. старший викладач, СумДУ, м. Суми*

Зміна клімату є однією з найбільш серйозних загроз сучасності, породжуючи руйнівні наслідки для природних екосистем та людського життя. Велика кількість вуглецю, викинена в атмосферу внаслідок людської діяльності, є головною причиною зміни клімату. Для зменшення цього впливу необхідні ефективні методи уловлення та зберігання вуглецю, які дозволять знизити концентрацію парникових газів у повітрі та пом'якшити негативні наслідки зміни клімату.

Усі шляхи викидів, описані у Спеціальній доповіді Міжурядової групи експертів зі змін клімату про глобальне потепління, вимагатимуть видалення великих обсягів двоокису вуглецю (CO_2) з атмосфери за допомогою технології уловлювання та зберігання вуглецю, щоб досягти нульових викидів. Країни Європейської економічної комісії ООН (ЄЕК ООН) повинні впровадити безвуглецеві та від'ємні вуглецеві технології для уловлювання 90 ГВт CO_2 до 2050 року, щоб досягти цілей Паризької кліматичної угоди та виконати Порядок денний сталого розвитку до 2030 року [1].

Викопне паливо, ймовірно, продовжуватиме відігравати важливу роль у коротко- та середньостроковій перспективі. Сьогодні приблизно 80 % енергетичного балансу в регіоні ЄЕК ООН базується на викопному паливі, і багато країн регіону отримують вигоду від нього. Вугілля, нафта та газ залишаються життєво важливими для їхньої енергетичної безпеки та економічного добробуту.

Тому вуглецева нейтральність вимагатиме швидкого впровадження технологій уловлювання та зберігання вуглецю (УЗВ) для подолання розриву, поки не будуть комерціалізовані інноваційні технології наступного покоління з низьким, нульовим або від'ємним рівнем викидів вуглекислого газу.

Уловлення та зберігання вуглецю є важливим методом зменшення викидів парникових газів у атмосферне повітря. Він здатен пом'якшити наслідки зміни клімату, оскільки ця технологія дозволяє достатньо ефективно зменшити викиди парникових газів, запобігаючи виходу в атмосферу значних обсягів CO_2 , утвореного в результаті діяльності стаціонарних та пересувних джерел. Після уловлювання CO_2 технологією УЗВ, він транспортується та закачується до підземних сховищ для безпечного зберігання. Цей процес може бути застосований на різних виробничих об'єктах, таких як теплові електростанції, що працюють на викопному паливі, металургійні та цементні заводи, забезпечуючи виробництво низьковуглецевої енергії та продукції. Використання біомаси або біопалива з

технологією УЗВ може навіть допомогти видаляти CO₂ з атмосфери, сприяючи зменшенню негативних наслідків зміни клімату.

Спочатку необхідно уловити та відокремити діоксид вуглецю від точкового джерела викидів за допомогою різних хімічних або механічних процесів. На наступному етапі бездомішковий CO₂ під високим тиском стискається до рідкого стану для забезпечення зручного транспортування. Як правило, для цього використовуються трубопроводи. Зріджений CO₂ транспортують до місця зберігання, де його іммобілізують (позбавляють рухливості), вводячи на значну глибину у шари гірських порід, часто більше кілометра під поверхню землі.

Технологія УЗВ відкриває великі можливості для зменшення викидів діоксиду вуглецю від точкових джерел великої потужності, таких як теплові електростанції на викопному паливі, промислові установки з високим рівнем викидів. У випадку енергоємних промислових процесів, технологія УЗВ надає передові засоби для суттєвого зменшення викидів. Вона стає невід’ємним елементом стратегії декарбонізації для всіх структур важкої промисловості, а також об’єктів з високим вмістом вуглецю [2].

Однак жодна окрема технологія не може вирішити проблему руйнівних змін клімату. Тільки інтегроване застосування всіх доступних технологій та заходів, таких як використання відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності, скорочення викидів у сільському та лісовому господарствах, а також впровадження технології УЗВ, допоможе успішно зменшити негативний вплив викидів на клімат.

Уловлення та зберігання вуглецю виступає не лише як ключовий метод пом’якшення наслідків зміни клімату, але й як важлива складова сталого розвитку. Ці технології відкривають перспективи для створення нових ринків інновацій та зелених робочих місць.

Займаючись розробкою та впровадженням методів уловлення та зберігання вуглецю, ми можемо сприяти екологічному зростанню та забезпечити збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь. Важливо продовжувати інвестувати у дослідження та розвиток цих технологій, а також стимулювати співпрацю між державами, науковими установами та промисловими підприємствами. Зробивши це, ми можемо створити більш стійке та здорове майбутнє для всіх.

Список літератури

1. Carbon capture, use and storage (CCUS). UNECE. URL: <https://unece.org/sustainable-energy/cleaner-electricity-systems/carbon-capture-use-and-storage-ccus> (Дата звернення 18.03.2024)
2. BELLONA. Уловлювання та зберігання вуглецю: Українські перспективи для промисловості та забезпечення енергетичної безпеки. URL: https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/UKRAINE_CCS_Energy_Security_Industry_Ukrainian.pdf (Дата звернення 20.03.2024)

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ПЛАСТИКОМ

*Москаленко В. В., студентка; Пляцук Л. Д., професор;
Батальцев Є. В. старший викладач, СумДУ, м. Суми*

Проблема забруднення морського середовища пластиком на сьогоднішній день стала однією з найбільш актуальних та термінових проблем екології. Пластикове сміття, накопичене в океанах, створює серйозні наслідки для біорізноманіття, здоров'я людей та економіки. Для вирішення цієї проблеми необхідно застосування системного підходу, що враховує комплексність проблеми та взаємозв'язки між її складовими частинами.

Забруднення морського середовища пластиком на сьогоднішній день є загрозою для здоров'я та життя всіх морських видів. Дослідження, опубліковані під час саміту One Ocean Summit, показують масштаби цієї проблеми [1]. Вчені з Національного центру океанографії в Саусемптоні, США, детально вивчили три найпоширеніші види пластику, які перебувають у водах планетарного океану: поліетилен, поліпропілен і полістирол. Їх аналіз вказує на приголомшливі цифри – від 12 до 21 мільйона тонн цих видів пластику може перебувати лише на ділянці Атлантичного океану, а це лише мала частина від загальної кількості сміття у всьому світовому океані. Варто зауважити, що більшість цього пластику потрапляє в океан не з країн з розвинутою економікою, а з країн Азії, що швидко розвиваються, де система поводження з відходами недостатньо ефективна [2].

Німецькі вчені Центру екологічних досліджень ім. Гельмгольца виявили, що дві річки в Африці та вісім річок в Азії скидають 90 % світових пластикових відходів у Світовий океан (рис. 1). Особливо вражає кількість сміття, яку переносить річка Янцзи – 1,5 тонн на рік [2].

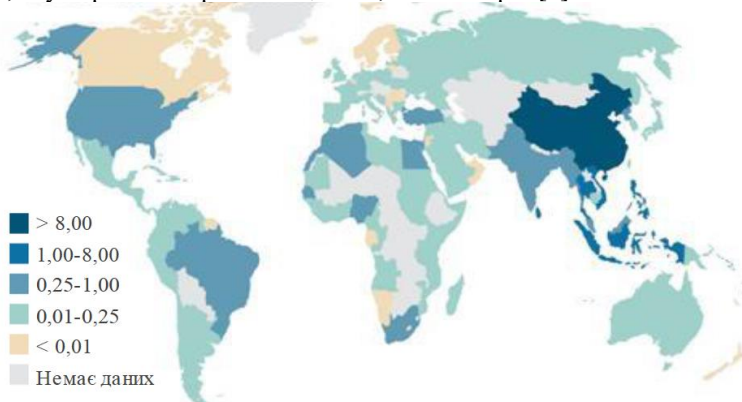


Рисунок 1 – Кількість пластикових відходів, що потрапляють до вод Світового океану, т/рік [1]

Ці дані є тривожним сигналом про те, наскільки серйозні наслідки може мати відсутність або недоліки в системі управління відходами в країнах з великою кількістю населення та інтенсивним економічним зростанням [3].

Системний підхід до вирішення проблеми забруднення морського середовища пластиком базується на таких принципах:

1. Комплексність аналізу. Застосування системного підходу передбачає розгляд проблеми в контексті всіх її аспектів та взаємозв'язків. Це означає врахування всіх джерел пластикового забруднення, від походження до наслідків для морського середовища та людського здоров'я.

2. Синергетичний підхід. Вирішення проблеми забруднення морського середовища пластиком потребує співпраці різних галузей науки, урядових структур, громадських організацій та громадянського суспільства. Спільні зусилля можуть допомогти найефективніше вирішити проблему.

3. Системна динаміка. Системний підхід передбачає розуміння динаміки проблеми та її змін у часі. Це означає аналіз трендів забруднення, прогнозування можливих наслідків та розробку стратегій протидії з урахуванням цих аспектів.

4. Управління ризиками та неочевидними наслідками. При вирішенні проблеми необхідно враховувати можливі ризики та непередбачені наслідки заходів, що вживаються. Це допомагає уникнути негативних наслідків і забезпечує сталість рішень у довгостроковій перспективі.

5. Участь зацікавлених сторін. Вирішення проблеми потребує активної участі всіх зацікавлених сторін, включаючи урядові органи, промисловість, активістські групи та населення загалом. Залучення різноманітних груп дозволяє забезпечити широку підтримку для прийнятих рішень і здійснювати контроль над їхнім виконанням.

6. Екологічна стійкість. Розв'язання проблеми має бути спрямоване на досягнення екологічно стійких результатів, які забезпечать збереження морських екосистем для майбутніх поколінь.

Застосування цих принципів дозволить розробити ефективні та стійкі стратегії вирішення проблеми забруднення морського середовища пластиком, забезпечуючи збереження морських екосистем та здоров'я нашої планети.

Список літератури

1. Михайлова Є. О. Пластикове забруднення – одна з головних екологічних проблем людства. Комунальне господарство міст, 2020, том 4, випуск 157. С. 109-121. DOI 10.33042/2522-1809-2020-4-157-109-121

2. DW: Пластик та глобальне потепління — основні загрози для світового океану. URL: <https://zn.ua/ukr/WORLD/dw-plastik-ta-hlobalne-poteplinnja-osnovni-zahrozi-dlja-svitovoho-okeanu.html>.

3. The known unknowns of plastic pollution. The Economist. URL: <https://www.economist.com/international/2018/03/03/theknown-unknowns-of-plastic-pollution>.

ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОПРОДУКТАМИ

*Качан А.О., студентка;
Бурла О.А. асистент, СумДУ, м. Суми*

Нафта є дуже важливим компонентом та енергоресурсом у всьому світі, а ґрунт – головний об'єкт довкілля. Нафтопродукти використовуються при виробництві виробів, речей, у ремонті, і навіть у виробництві продуктів.

Розливи вуглеводнів на ґрунти завдають відчутної шкоди навколишньому середовищу. Але найбільша шкода припадає на ґрунт, який вбирає в себе нафтопродукти. Це є проблемою, яка вимагає рішень щодо очищення ґрунту від забруднень. При надходженні у ґрунт нафтопродуктів страждають його фізичні, хімічні та біологічні властивості, він частково або повністю позбавляється родючого шару. Відбуваються процеси ерозії та деградації земель. Крім того, нафтопродукти при трансформації у ґрунті утворюють токсичні сполуки. Токсичні сполуки ускладнюють відновлення початкових властивостей ґрунту, та створюють серйозну загрозу для навколишнього середовища.

Ґрунти в природних умовах мають можливість самоочищатися. Самоочищення безпосередньо залежить від фізико-хімічних властивостей нафти, біохімічних та фізичних властивостей ґрунту, а також ступеня забруднення ґрунтового покриву. Забруднення нафтопродуктами може бути короткостроковим і видалятися в короткий термін, і тривалим – перебувати у ґрунті в нерухомому стані протягом десятиліть.

Особливу небезпеку становлять легко випарювані вуглеводні. Гранично-допустимі концентрації різних речовин, присутніх у ґрунті збільшуються при нафтовому забрудненні, та впливають на терміни очищення ґрунту від забруднень.

Очищення забруднених нафтопродуктами ґрунтів відбувається за допомогою процесу біохімічного окислення вуглеводнів, який виконується нафтоокисними мікроорганізмами. Такі мікроорганізми здатні збільшувати свою чисельність при сприятливих умовах та наявності харчування. Для того, щоб процеси очищення ґрунту від забруднень проходили швидше можна активізувати метаболічний процес природної мікрофлори (аборигенної мікрофлори), змінивши фізико-хімічні умови середовища: агротехнічними доглядами за ґрунтом. Або додати спеціальні біодеструкторукційні препарати, що включають до складу бактерій.

Очищення ґрунту від нафтопродуктів сорбентами (далі – нафтові сорбенти) – найбільш ефективний спосіб, що не потребує великих економічних витрат та є швидким при аварійних розливах нафтопродуктів. Його застосовують на підприємствах, які працюють із нафтопродуктами.

Такий засіб заснований на застосуванні матеріалів, що утворюють контакт з нафтопродуктами за рахунок процесів сорбції агломератами.

В якості сорбенту вибирається матеріал здатний за своїми властивостями збирати нафтопродукти, що також має бути олеофільним та гідрофобним. Сорбенти можуть працювати за прикладом адсорбентів (поверхнево поглинати) або як абсорбент (всмоктувати).

Тирса - відходи у вигляді дрібних частинок, одержуваних при розпилюванні деревини або відходи деревообробних виробництв. Баланс їх хімічних речовин: 50% вуглеців, 6% водню, 44% кисню та близько 0,1% азоту. Тирса на 70 % складаються з вуглеводів (целюлози та геміцелюлози) та 30 % лігніну [1].

Таблиця 1 – Сорбційні властивості тирси

Сорбент	Насипна щільність, г/см ³	Кислотність (PH)	Водопоглинання, г/г	Нафтоємність, г/г
Дерев'яна тирса	6,00 ± 0,2	7,40	3,03 ± 0,2	4,10 ± 0,2

З метою проведення експерименту протягом одного тижня з проміжком у 3 дні проводили розрахунок сорбенту на ступінь вилучення нафтопродуктів.

Таблиця 2 – Результати сорбції нафтопродуктів

Сорбент	Ступінь вилучення нафтопродуктів (S), %/ день		
	1	3	7
Дерев'яна тирса	6,00 ± 0,2	7,40	3,03 ± 0,2

За результатами експерименту, можна зробити висновок, що тирса змішаних деревних порід за сім календарних днів здатна поглинути до 21,66% нафтопродуктів із «модельного» зразка.

Застосування сорбенту (дерев'яної тирси змішаних порід деревини) дозволяє зробити очищення верхнього шару ґрунту на 21,66 % за 7 днів, що зумовлює ефективність сорбенту.

Список літератури

1. Кулагін О. О. Еколого-гігієнічна оцінка та регламентація вмісту нафтопродуктів у чорноземному ґрунті і шляхи його біологічної ремедіації : дис. канд. мед. наук : 03.00.16 / Кулагін Олександр Олександрович – Дніпро, 2017. – 14 с.

2. Ера нафти добігає кінця [Електронний ресурс] // Незалежний аналітичний центр геополітичних досліджень Борисфен Інтел. – 2016. – <http://bintel.com.ua/uk/article/jera-nefti-zakanchivaetsja/>.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА ГІДРОГЕНУ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

*Савенкова К. О., студентка; Батальцев Є. В., старший викладач;
Пляцук Л. Д., професор, СумДУ, м. Суми*

Проблема технологій виробництва гідрогену як джерела енергії полягає у необхідності знаходження ефективних та екологічно чистих способів його отримання. На сучасному етапі розвитку енергетики існує потреба в розробці та вдосконаленні технологій, які б забезпечували стале виробництво без шкідливого впливу на навколишнє природне середовище.

Основні проблеми, що виникають у зв'язку з цим, включають високі витрати енергії, неефективність процесів виробництва, викиди парникових газів та інших шкідливих речовин. Для їх вирішення потрібно застосовувати комплексний підхід, який включає в себе наукові дослідження, інженерні розробки та впровадження нових технологій.

Основні шляхи для вирішення екологічних проблем технологій виробництва гідрогену включають в себе:

- розроблення ефективних каталізаторів, які б дозволили підвищити ефективність процесів виробництва гідрогену та зменшити витрати енергії;
- використання відновлювальних джерел енергії (сонячної та вітрової) для забезпечення процесів виробництва гідрогену енергією, що може знизити викиди парникових газів та зробити процес екологічно чистішим;
- дослідження та розроблення нових технологій електролізу води, які використовують дешеві та доступні матеріали для катодів та анодів, можуть допомогти знизити витрати енергії та зробити процес виробництва гідрогену більш ефективним;
- використання ультрафіолетового опромінення для активізації каталізаторів може сприяти підвищенню швидкості реакції та зниженню температурного режиму процесу;
- використання сучасних програмних засобів для моделювання та оптимізації процесів виробництва гідрогену дозволить знайти оптимальні параметри та умови для забезпечення максимальної ефективності та екологічності.

Урядам, науковим установам та промисловим підприємствам важливо активно займатися дослідженням та впровадженням нових технологій виробництва гідрогену, оскільки це сприятиме створенню більш сталого та екологічно чистого енергетичного сектору. Це відкриває широкі перспективи для зменшення залежності від вуглеводнів, зменшення викидів парникових газів та створення нових можливостей для розвитку енергетики майбутнього. Зосередження зусиль на цій проблемі принесе позитивні результати, що сприятиме створенню більш сталого та здорового для майбутніх поколінь світу.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING DIGESTATE AS FERTILIZER

Hopkalo D.V., student; Vaskin R.A., Associate Professor;
Vaskina I.V., Associate Professor, Sumy State University, Sumy, Ukraine

The process of biogas production is meant to supply producers with two main substances as an output, biogas and digestate. The main purpose of the method lies in methane extraction, when the vast majority of producers do not review digestate formation as any essential factor.

It has to be noted that reviewing digestate utilization in Ukraine, the agrarian status of our country plays vital role when weighing up the pros and cons. It is considered that the acceptable distance from substrate supplier to biogas facility has to be within 50 kilometers for dry raw materials and 20 kilometers for liquid raw material. According to the warrant above each biogas plant has to be surrounded by a number of farms with radial distance within 50 km each, which is not a problem for a country with developed agricultural sector. With that being said digestate as an output product could be applied as a fertilizer for the needs of the plant suppliers.

The composition of digestate varies depending on the sort of raw material applied at every specific case, but It mainly contains lots of underutilized organic matter [2]. Unlike liquid manure, degistate has obvious advantages and allows farmers to save on artificial fertilizers. There are lots of important plant nutrients (P, N, K, Mg and trace elements) which are still in the compound, even after the process of degassing has been performed.

Resource circularity comes paramount at this point, anything produced during the process is to be utilizer to the full [1]. The issue here is that it may also contain dangerous or toxic impurities such as heavy metals, pathogenic bacteria, anything which makes the substance dangerous for wide application. That's why every new portion of digestate has to be explored before making of it any use.

Consequently biogas digestate being wet enough with just a small part of dry material involves large amounts of money required for its storage. It is better to keep it separated into two different fractions: solid and liquid.

References

1. Dezheng G., Jianwei Z., Yuxin W., Zhou Fu, Dalei Z., Huawei Z., Jingliang X., Yingjie S., Jiangwei Z., Dongbo W. A critical review on sustainable management and resource utilization of digestate. *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 183, 2024. 339-354 p. ISSN 0957-5820, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.01.029>.

2. Przygocka-Cyna, Katarzyna and Grzebisz, Witold. "Biogas digestate – benefits and risks for soil fertility and crop quality – an evaluation of grain maize response" *Open Chemistry*, vol. 16, no. 1, 2018, pp. 258-271. <https://doi.org/10.1515/chem-2018-0027>

ЗАПОВІДНА СПРАВА І РЕАЛІЗАЦІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

*Кузьміна Т., доцент, СумДУ, м. Суми; Рагімов С., студент СумДУ;
Бабко Р., Кириченко-Бабко М., Ін-т зоології НАНУ, м. Київ*

Одним з критеріїв та однією з необхідних умов досягнення сталого розвитку є збереження біорізноманіття, що можливо виключно за умови збереження природних екосистем. Природні екосистеми мають займати як мінімум 20% площі [1], щоб вони могли достатньо ефективно компенсувати негативний вплив штучних і змінених екосистем. Для зон мішаних лісів та лісостепу рекомендована частка площ земель, не порушених господарською діяльністю, становить близько 30%, а для степової зони – 35-40% [2]. У більшості європейських країн, так як і в Україні, існуючі заповідні об'єкти мають недостатню площу для виконання ними функції стабілізації довкілля і збереження біорізноманіття, а ділянок зі збереженими природними екосистемами для поповнення заповідного фонду практично не залишилося. Вихід з цієї ситуації вимагає розробки і втілення комплексу заходів з *відновлення* (ренатуралізації) біоценозів. Такі заходи пропонувалися у перші роки після набуття Україною незалежності [3], однак не були втілені в життя. Більш того, розвиток економічної і політичної ситуації призвів до значних втрат природних ресурсів, у тому числі до погіршення стану біоценозів навіть у межах територій природно-заповідного фонду (ПЗФ). У сучасних українських реаліях після завершення повномасштабних військових дій на значній території країни постане питання відновлення не тільки цивільної інфраструктури, але і природних комплексів, що зазнали значних ушкоджень. Відновлення країни і розвиток ПЗФ мають бути скоординовані відповідно до основних концептуальних Європейських підходів, які відповідають інтересам України незалежно від рівня її інтегрованості в Євросоюз.

Одним з важливих кроків Європейського Союзу на шляху досягнення цілей сталого розвитку є забезпечення оптимального співвідношення природних і змінених територій у своїх межах за рахунок *відновлення* порушених територій. Європейський парламент 27.02.2024 р. ухвалив закон *про відновлення природи*, до 2030 року який ставить завдання відновити щонайменше 20% наземних і морських територій в межах ЄС. Зокрема, передбачається відновлення осушених торфовищ, які використовуються під сільгоспугіддя, а також відновлення не менше 25000 км річок шляхом звільнення їх від гребель та ренатуралізації русел і заплав.

Україна долучилася до реалізації програми збереження біорізноманіття в Європі і, зокрема, до процесу збільшення площі природно-заповідного фонду та створення екомережі. Однак доводиться констатувати, що значних успіхів у реалізації цієї програми досягнуто не було. Сьогодні, під час війни, реалізація програм природоохоронного напрямку з об'єктивних

причин призупинена. Однак негативні тенденції виявилися задовго до початку повномасштабних бойових дій. У 2010 був прийнятий Закон «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року», який передбачав збільшити заповідність з 5,4% до 15% у 2020 р. Натомість, заповідність України незначно збільшилася до 2017 р., досягнувши 6,6%, а далі цей процес загальмував, так що до 2020 р. заповідність досягла лише 6,77%. При цьому задеклароване прагнення до збільшення заповідності до 15% залишилось на порядку денному і було включено в Закон «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року». Причини провалу екологічної політики в частині збереження біорізноманіття і розвитку природно-заповідного фонду можна стисло сформулювати як відсутність зацікавленості з боку влади і відсутність фахового підходу. На практиці це має прояв у розробці недосконалої процедури створення об'єктів природно-заповідного фонду, яка ставить діяльність з надання заповідного статусу цінним з точки зору збереження природи територіям – діяльність, яка мала б здійснюватися виключно на фаховій основі і за потужного сприяння держави – у залежність від місцевих органів влади і вузькорегіональних інтересів. Відсутність економічних механізмів, які б забезпечували зацікавленість місцевих громад у створенні заповідних об'єктів, призводить до чинення ними спротиву розширенню ПЗФ.

Однак проблема ПЗФ України полягає не лише в недостатній кількості його площ, але й у низькій якості. Наприклад, у Сумській області антропогенно змінені ландшафти в складі ПЗФ у межах зони мішаних лісів становлять 40%, а у лісостеповій зоні – близько 70%. Подібна ситуація має місце і на території інших областей України. Це спричинено насамперед включенням у межі національних природних парків і регіональних ландшафтних парків невищеправдано великих господарських зон. Таким чином, поряд із завданням збільшення площі заповідних територій, існує необхідність фахового аудиту існуючого ПЗФ, який має бути здійснений після закінчення війни. А в теперішній час необхідними заходами є запровадження мораторіїв на вирубування старовікових лісів, розорювання та заліснення цілинних степових земель, забудову і ведення господарської діяльності на територіях річкових заплав – заходи для відновлення природи в Україні.

Список літератури

1. Helliwell D.R. The Concept of «Waste» and the Conservation of Nature. *Environmental Conservation*. 1975, 2(4). – P. 271-273.
2. Котенко Т.І. До питання про оптимізацію мережі природоохоронних територій України. В кн.: Оптимізація природно-заповідного фонду України. – К.: Ін-т зоол. НАНУ, 1994. – С. 17-28.
3. Бабко Р.В., Хімко Р.В., Кузьміна Т.М., Мальцев В.І. Деякі проблеми резервування територій в Україні. В кн.: Оптимізація природно-заповідного фонду України. – К.: Ін-т зоол. НАНУ, 1994. – С. 28-31.

РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НС ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ РЕМОНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ (МУФТ) ПРИ ВИКОНАННІ РЕМОНТНИХ РОБІТ НА МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДАХ ПІД ТИСКОМ

Гулий С.М., студент; Яхненко О. М., ст. викладач, СумДУ, м. Суми

Проблема забруднення атмосферного повітря парниковими газами, що в подальшому призводить до зростання парникового ефекту, є актуальною для багатьох галузей промисловості, і газотранспортна система України не є виключенням.

Викид метану в атмосферу є однією з серйозних проблем сучасності, оскільки метан є потужним парниковим газом. Особливу увагу цій проблемі приділяють у контексті експлуатації магістральних газопроводів, де ризики викидів великих обсягів метану під час ремонтних робіт можуть бути значними.

Найбільші екологічні збитки виникають при забрудненні атмосферного повітря при аваріях на ділянках магістральних газопроводів, що супроводжуються викидами метану в атмосферу. В результаті розгерметизації газової труби, що може призвести до вибуху, відбувається її повне руйнування (10 % випадків) або відбувається утворення свищів (близько 90% випадків), через який в атмосферне повітря потрапляє великий об'єм природного газу.

Ще більшу небезпеку становлять випадки загорання газу, що призводить не лише до забруднення, а й до термічного впливу на навколишнє середовище. А якщо врахувати, що при аварії в повітря потрапляє не лише метан, а й оксиди азоту і вуглецю, то екологічні збитки набагато збільшуються.

На даний час українським монополістом, що транспортує природний газ споживачам України та здійснює транзит природного газу до країн Західної і Центральної Європи є Товариство «Оператор газотранспортної системи України».

Одним із пріоритетних напрямків його роботи є недопущення та зниження викидів метану під час його транспортування. Наприклад, завдяки заходам по зниженню викидів, тільки в період з 2019 по 2021 роки стало можливим зменшення показника неконтрольованих витоків у відношенні до загального обсягу емісії метану із 42% до 28%.

ТОВ "Оператор ГТС України", яке відповідає за управління та експлуатацію газотранспортної системи країни, стоїть перед завданням забезпечення надійності, безпеки та ефективності транспортування природного газу.

Одним із ключових аспектів діяльності підприємства є підтримка технічного стану магістральних газопроводів, включаючи виконання ремонтних робіт під тиском без зупинки постачання газу.

В цьому контексті серед різноманіття технологій і матеріалів, які застосовуються під час ремонту магістральних газопроводів особливе місце займає застосування ремонтних конструкцій Тип 1, Тип 2, Тип 3, композитні муфти, ущільнювачі та спеціальні затвори та інші, що дозволяє здійснювати ремонтні роботи швидко, ефективно та з мінімальним впливом на довкілля.

Композитні муфти є високоміцними конструкціями, які використовуються для усунення дефектів на трубах, забезпечуючи їх герметичність і відновлення міцності без зварювальних робіт. Виготовлені з сучасних полімерних композитних матеріалів, ці муфти відрізняються високою адгезією до металу, стійкістю до корозії та великою довговічністю, але при великих розмірах дефекту на трубі, значно збільшує вартість ремонту та потребує залучення до проведення ремонту спеціалізованих організацій.

Ремонтні конструкції на відміну композитним муфтам виконуються за допомогою зварювальних робіт, дозволяють оперативну усувати дефекти на магістральних газопроводах без зупинки транспортування газу.

Монтаж ремонтної конструкції виконується власним персоналом служб підприємства, без залучення до проведення ремонту спеціалізованих організацій, чим досягається підвищення рівня безпеки при виконанні ремонтних робіт та оперативність їх проведення.

Використання ремонтних конструкцій при ремонті магістральних газопроводів має ряд незаперечних переваг:

- Мінімізація впливу на ґрунт та ландшафти. Завдяки технологіям ремонту зменшуються обсяги відкриття ґрунту, значно знижуються екологічні ризики, пов'язані з можливим забрудненням ґрунтів та водою.

- Зменшення викидів метану в атмосферу. Дана технологія дозволяє безпечно виконувати ремонт на діючому газопроводі, що знаходиться під тиском, без стравлювання газу в атмосферу.

- Безперервність постачання газу. Ремонтні роботи під тиском дозволяють уникнути перерв у постачанні газу, що є особливо важливим для забезпечення стабільності газопостачання промислових і побутових споживачів країни.

- Економія часу та ресурсів. Сучасні методики ремонту знижують трудомісткість робіт і скорочують терміни їх виконання, що сприяє оптимізації витрат.

- Підвищення безпеки. Застосування інноваційних матеріалів і технологій мінімізує ризики для персоналу та знижує ймовірність аварій.

Застосування сучасних ремонтних технологій і матеріалів також відіграє важливу роль у зміцненні інфраструктури країни та підвищенні її енергетичної безпеки та незалежності.

Надійність газотранспортної системи є ключовим фактором у забезпеченні постачань енергоресурсів, особливо в умовах політичної та економічної нестабільності на світових ринках, в умовах воєнного стану в Україні.

ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕНЕСЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ІЗ ЗОНИ АЕРАЦІЇ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

М'якаєв О.В., аспірант гр. А-35/ТС, СумДУ, м. Суми

Як свідчать літературні дані [1], теплоелектростанція, яка працює на вугіллі, при потужності 1000 Мвт здатна за рік викинути в атмосферне повітря 7 млн. т. окислів сірки; 25 тис. т. окислів азоту; 20 тис. т. твердих часток; 400 т. токсичних металів, а при висоті труби 150–200 м радіус забрудненої території може дорівнювати близько 50 км. Забруднюючі речовини осідають на поверхню ґрунту, мігрують в ґрунтові та підземні води. Це вимагає розробки заходів по охороні навколишнього середовища, до яких належить прогнозування. При прогнозуванні впливу пилогазових викидів на ґрунти зони аерації та можливу міграцію забруднюючих речовин в ґрунтові та підземні води використовувались система рівнянь, яка включала рівняння фільтрації та конвективної дифузії, які дозволили оцінити як фільтрацію дощових та талих вод з поверхні ґрунту до водоносного горизонту, так і масоперенесення забруднюючих речовин по товщині шару ґрунту:

$$\eta \frac{\partial H}{\partial t} = \text{div}(k_f \text{grad}H) - Q;$$

$$\frac{\partial(\theta c)}{\partial t} = \text{div}(D \text{grad}c) - \text{div}(\vec{V}c) + \Phi(x, y, z, t, c),$$

де η – коефіцієнт, який характеризує ємність ґрунту, 1/м, Q – питома продуктивність джерела забруднених вод, 1/добу; k_f – коефіцієнт фільтрації, м/добу; H – напір, м; c – концентрація забруднювальної речовини в стоці, мг/м³; t – час, с; Φ – питома інтенсивність надходження забруднюючих речовин, мг/(м³с); D – гідродинамічна дисперсія, м²/с.

Розв'язок системи рівнянь здійснювався методом скінченних елементів. Отриманий розв'язок системи рівнянь для задачі плоскої фільтрації дозволив отримати залежності зміни концентрації забруднюючої речовини по профілю ґрунту та спрогнозувати можливість потрапляння забруднюючих речовин у водоносні горизонти. Перевірка адекватності математичної моделі показала відхилення теоретичних результатів від експериментальних на рівні 7 %.

Список літератури

1. Прибилова В.М. Особливості накопичення забруднювачів в зоні впливу Змієвської ТЕС / В.М. Прибилова, В.О. Жемерова, І.К. Решетов // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна: Геологія-географія-екологія. – 2010.- № 882. – С. 62-67

ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕМЕЛЬ У РЕЗУЛЬТАТІ ВОЄННИХ ДІЙ

*Литвиненко І.К., студент гр. ТС-01, СумДУ;
Гурець Л.Л., професор, СумДУ*

На Всесвітній конференції з навколишнього середовища і розвитку (1992 р., Ріо-де-Жанейро) було зазначено, що охорона і раціональне використання ґрунтів є однією з пріоритетних природоохоронних задач, оскільки стан ґрунтів впливає на довкілля в цілому та на вирішення проблеми забезпечення населення планети продуктами харчування [1]. Стан земель в Україні характеризується найвищим в Європі ступенем розораності, забрудненістю майже 20 % земель. Основними джерелами забруднення земель є атмосферні опади, надходження забруднюючих речовин з водою, внесення мінеральних добрив та застосування пестицидів.

Воєнні дії призвели до погіршення ситуації. За даними Державної екологічної інспекції в Україні близько 14 мільйонів кв. м земель засмічено залишками знищених об'єктів та боєприпасів, понад 280 тис. кв. м ґрунтів забруднено небезпечними речовинами. Через замінування третина українських земель стала зоною ризику для ведення сільського господарства. Воєнні дії призводять до механічного, фізичного, хімічного та біологічного впливу на ґрунти. Механічна дія пов'язана з ущільненням ґрунту під час руху військової техніки, порушенням земель при будівництві захисних споруд, улаштуванню окопів та траншей. Всі ці впливи призводять до зміни структури ґрунту, порушення орного шару. Фізична дія пов'язана з вібраційним, тепловим забрудненням, що призводить до зміни структури ґрунту, втрати родючості. Хімічна дія пов'язана з впливом забруднюючих речовин, які надходять у повітря при обстрілах, вибухах або потрапляють безпосередньо в ґрунт в місцях вибухів. Це призводить до забруднення ґрунтів алюмінієм, міддю, кобальтом, кадмієм, свинцем та іншими важкими металами, сполуками сірки та азоту. Специфікою такого забруднення є потрапляння забруднюючих речовин на великі глибини через утворення вив. Біологічна дія призводить до знищення біоти, мікроорганізмів, відповідальних за родючість ґрунтів.

Шляхами подолання наслідків негативного впливу на ґрунти є постійний моніторинг стану ґрунтів, заходи з розмінування територій, відновлення порушеності земель, рекультивация та фітореMediaція. Але не на всіх територіях такі заходи будуть ефективні. Для земель з сильним ступенем деградації ефективним єдиним способом повернення у сільськогосподарське виробництво буде їх консервація для природного відновлення.

Список літератури

1. Волощук М. Деградація ґрунтів – глобальна екологічна проблема. *Вісник Львівського університету*. Серія географічна. Львів, 2017. Вип. 51. С. 63–70.

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА У БІОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

*Веселовський Я.Є., студент, гр. ТС-01, СумДУ, м. Суми; Васькіна І. В.,
ст. викладач, Васькін Р.А., доцент, СумДУ, кафедра ЕПЗТ, м. Суми*

Сьогодні в Україні спостерігається утворення великої кількості відходів тваринництва на промислових фермах. Один із способів вирішення цієї проблеми – переробка відходів тваринництва з утворенням біогазу. Відходи тваринництва, зокрема, гній, належать до субстратів, які доцільно використовувати для виробництва біогазу, бо їх утилізація екологічно безпечна та їх легко змішувати з іншою доступною сировиною.

Для України дуже корисним є досвід ЄС у виробництві біогазу, де виробляється 191 ТВт·год (18 млрд м³ СН₄/рік) біогазу і біометану. Німеччина має найбільшу кількість біометанових установок — 232, друге і третє місце посідають Франція та Велика Британія. Серед найбільших потужностей – завод Nature Energy Korsko (Данія), що виробляє 37 млн м³ біогазу на рік, переробляючи 708 тис. тон органічних відходів на рік.

Всього лише близько сорока біогазових установок сьогодні працюють в Україні на сільськогосподарській сировині і виробляють електроенергію. Збільшувати кількість таких установок економічно й екологічно необхідно, оскільки зберігання або утилізація таких відходів несе загрози компонентам довкілля. Гній багатий на азот, фосфор та інші поживні речовини, які роблять воду непридатною для питного водопостачання, завдають шкоди водоймам і болотам, призводять до загибелі риб у річках та озерах, також є джерелом викидів аміаку, метану та інших газів у повітря. Крім того, неперероблені відходи тваринництва є потенційним джерелом біологічної небезпеки.

Анаеробне зброджування гною, що лежить в основі біогазових технологій, дає змогу частково вирішити проблему з відходами ферм, зменшити ризик забруднення ґрунтів і води, а також знизити негативний вплив на зміни клімату, що є важливим для України, як сторони Паризької Угоди. Залишок відходів після бродіння (дигестат), є повноцінним органічним добривом, яке в хімічному плані менш агресивне, ніж сирий гній, а також містить високі кількості легкодоступного для рослин азоту, крім того – фосфору, калію, сірки та інших мікроелементів.

Отже, використання гною для виробництва біогазу зменшує забруднення довкілля, викиди парникових газів, є джерелом отримання якісного добрива, а також несе істотні соціо-економічні переваги у вигляді розвитку відновлюваної енергетики, можливості перерозподілу енергоносіїв, та зміцнення енергетичної безпеки держави.

Результати одержані у рамках виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Сумського державного університету (д/р № 0121U112684; договір № БФ/26-2021).

ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ГІДРОСФЕРУ

*Яцук С.В., студент; Пляцук Л. Д., професор;
Батальцев Є. В., старший викладач, СумДУ, м. Суми*

В сучасному світі зростаюча увага до екологічних проблем ставить перед целюлозно-паперовою промисловістю нові виклики та вимагає пошуку ефективних рішень для забезпечення екологічної стійкості виробництва. Цей сектор відіграє ключову роль у задоволенні потреб суспільства, але його діяльність може мати суттєвий негативний вплив на навколишнє середовище, зокрема на гідросферу. Сучасні реалії вимагають від нас не лише усвідомлення цих проблем, але й розробки та впровадження нових технологій, спрямованих на захист гідросфери. Це вимагає системного підходу до дослідження проблеми, використання сучасних наукових підходів та технологій.

Проводиться глибокий аналіз поточного стану гідросфери в контексті впливу целюлозно-паперової промисловості. Вивчається ступінь забруднення водних ресурсів внаслідок відходів виробництва целюлози та паперу. Аналіз включає оцінку хімічного та біологічного забруднення, визначення вмісту токсичних речовин у воді, а також виявлення можливих джерел забруднення. Далі досліджується втрата біорізноманіття у водних екосистемах внаслідок діяльності целюлозно-паперової промисловості, а також вплив використання води в технологічних процесах на гідрологічний цикл.

Детально аналізується потенціал інноваційних технологій та матеріалів для зменшення негативного впливу целюлозно-паперової промисловості на гідросферу. Зокрема, досліджується широкий спектр інноваційних рішень, спрямованих на зменшення скидів та використання ресурсів, а також покращення якості води, що виходить з виробництва. Передові методи очищення води та енергоефективні технології включають можливість використання матеріалів, що біологічно розкладаються, та вторинної сировини у виробництві целюлози та паперу.

Розглядається значення впровадження систем управління екологічною безпекою (СУЕБ) в целюлозно-паперовій промисловості з метою забезпечення ефективного контролю за впливом виробництва на гідросферу та мінімізації негативних наслідків для навколишнього середовища, включаючи аналіз сучасних підходів до управління екологічною безпекою, специфіку впровадження СУЕБ та можливі стратегії та інструменти для управління екологічною безпекою в цій галузі.

Список літератури

1. Qian, K. (2021). Environmental Concerns of the Pulp and Paper Industry: Focusing on Household and Sanitary Paper Products. In: Yahara, T. (eds) Decision Science for Future Earth. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8632-3_8

СТВОРЕННЯ ПУНКТИВ РОЗДІЛЬНОГО ЗБИРАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Лазненко Д. О., доцент, СумДУ, м. Суми

09.07.2023 набрав чинності Закон України «Про управління відходами». Сьогоднішнє реформування управління відходами орієнтоване на створення умов для підвищення кількості відходів, що повертаються в цикл виробництва та споживання за умов циркулярної економіки.

Важливим елементом управління побутовими відходами є забезпечення їх максимального розділення на етапі збирання. Згідно статті 35 Закону України «Про управління відходами» органи місцевого самоврядування можуть створювати пункти роздільного збирання побутових відходів (ПРЗПВ). Створення ПРЗПВ дозволить підвищувати рівень досягнення цільових показників із збирання, підготовки відходів до повторного використання, рециклінгу або інших операцій з відновлення відходів, зменшити ризики утворення несанкціонованих сміттєзвалищ та сприятиме позитивному ставленню людей до питань управління відходами.

Європейські країни мають значний позитивний досвід створення ПРЗПВ. Проте на сьогоднішній день в Україні є лише поодинокі приклади і європейський досвід є корисним для врахування при розвитку системи роздільного збирання побутових відходів в нашій країні.

Наприклад в р. Польща станом на 2022 рік функціонує 2301 ПРЗПВ, в Чехії станом на 2018 рік – 1568 ПРЗПВ [1]. В Польщі обсяг збирання відходів на ПРЗПВ складає орієнтовно 23 – 50 кг / людину на рік для громад з населенням до 15 тис. мешканців, 45 – 97 кг / людину на рік для громад з населенням більше 15 тис. мешканців. При цьому на окремих ПРЗПВ є приклади збирання відходів в обсягах 14, 17, 193 кг / людину на рік [2–5].

Список літератури

1. <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/tablica>
2. <https://www.ekokom.cz/pocet-sbernych-dvoru-v-ceske-republice-stale-roste/>
3. Rekomendacje dla budowy sieci napraw i ponownego użycia oraz wytyczne dotyczące minimalnej funkcjonalności punktów selektywnego zbierania odpadów komunalnych dla jednostek samorządu terytorialnego. Sweco Consulting Sp. z o.o. z Poznania. 2017.
4. Analiza stanu gospodarki odpadami komunalnymi na terenie gminy Świebodzice za rok 2022. EKO – GEO GLOB Rafał Modrzejewski. Marzec 2023 r.
5. Analiza stanu gospodarki odpadami na terenie Miasta i Gminy Piaseczno za rok 2022. PIASECZNO. Kwiecień 2023 r.
6. Analiza stanu gospodarki odpadami komunalnymi na terenie Związku Międzygminnego Komunalny Związek Gmin Regionu Leszczyńskiego za rok 2021.

**СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРІЯ»**

ФІЗИЧНІ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СЕПАРАЦІЇ З ОСУШЕННЯМ СТИСНЕНОГО ПОВІТРЯ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ З СЕПАРАЦІЙНО-КОНДЕНСАЦІЙНИМ І ДРОСЕЛЮЮЧИМ ПРИСТРОЯМИ

*Ляпощенко О.О., д.т.н., професор, Гудков С.М., к.т.н., доцент,
Бондар Д.І., аспірант, Лобас І.В., аспірант
Сумський державний університет, м. Суми, Україна
ТОВ «ПНЕВМОТЕХНІКА», м. Суми, Україна*

Стиснене повітря використовується на багатьох промислових підприємствах. Якість стисненого повітря визначається стандартом DIN ISO 8573-1, в якому окремо виділені класи за показниками вологості, що визначаються температурою точки роси при певному значенні тиску. У більшості виробничих процесів застосовують стиснене повітря з температурою точки роси 3°C. Для досягнення таких параметрів застосовують осушувальні установки холодильного типу. Осушення відбувається способом охолодження стисненого повітря для переходу водяної пари у рідкий стан з наступним процесом відведення конденсату за допомогою сепаруючих пристроїв. Основним недоліком таких осушувачів є застосування в якості хладагентів озоноруйнівних R134 або R404. Метою досліджень є заміна шкідливих охолоджуючих газів на нейтральний і дешевий тип охолоджувача.

Для вирішення поставленої задачі розроблена експериментальна установка, в якій пропонується використовувати енергію стисненого повітря для отримання після дроселювання повітря з температурами нижче 0°C, застосовуваного в якості охолоджуючого теплоносія. Для цього потік стисненого повітря після компресора ($N=18,5$ кВт, $p=1,0$ МПа) поділяється на два окремих потоки – основний (осушуваний) і допоміжний (хладагент). Для теплообміну між двома потоками повітря застосовано пластинчатий теплообмінник FUNKE TPL 01-K-60-22. У відповідності до методики проведення експериментальних досліджень здійснювалися заміри температур стисненого повітря обох потоків повітря на вході та виході з теплообмінника, а також контролювався тиск у ресивері високого тиску ($V=0,3$ м³, $p=1,0$ МПа). Всі дані з вимірювальних датчиків автоматично оброблялися програмно-логічним мікропроцесорним контролером COMCONT-M.

Під час проведення експериментальних досліджень отримано після дроселювання температуру повітря «мінус» 18,8°C, а в результаті теплообміну в пластинчатому апараті вдалося понизити температуру основного потоку стисненого повітря до 6,8°C, що є достатнім і наближеним до значень температур, які досягаються в типових осушувачах холодильного типу. Пропонований спосіб доводить можливість осушення стисненого повітря без використання фреонових хладагентів, але потребує режимно-технологічної та апаратурно-конструктивної оптимізації, що дозволить знижувати температуру стисненого повітря до «мінус» 50°C.

ВПЛИВ ЗМІНИ ВИТРАТИ РІДИНИ ТА РІВНЯ СТОВПА РІДИНИ НА ФАКЕЛ РОЗПИЛУ НА ВИХОДІ З КОРЗИНИ ОБЕРТОВОГО ВІБРАЦІЙНОГО ГРАНУЛЯТОРА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

Юрченко О.Ю., аспірант, Сумський державний університет, м. Суми

Отримання монодисперсних гранул є одним із ключових завдань при виконанні експериментального дослідження факелу розпилу обертового вібраційного гранулятора мінеральних добрив. В установці є кілька факторів, які несуть вплив на процес гранулювання. Серед них: рівень стовпа рідини, витрата рідини, частота збудника механічних коливань, швидкість обертання корзини. Наслідком регулювання таких параметрів є зміна розміру краплі та зміна факелу розпилу.

У ході проведення експериментального дослідження встановлено зміну факелу розпилу в залежності, головним чином, від об'єму вихідної речовини. Витрата рідини є взаємопов'язаною з рівнем стовпа рідини всередині гранулятора. Водночас, отримані результати дослідження дають підстави стверджувати, що збільшення факелу розпилу відбувається з більш чіткою пропорційністю збільшення витрати рідини, порівнюючи зі збільшенням рівня стовпа рідини. Такі зміни відбуваються з певною кратністю. Експериментальним шляхом визначено, що за збільшення витрати рідини і, як наслідок, факелу розпилу, коефіцієнт пропорційності збільшується.

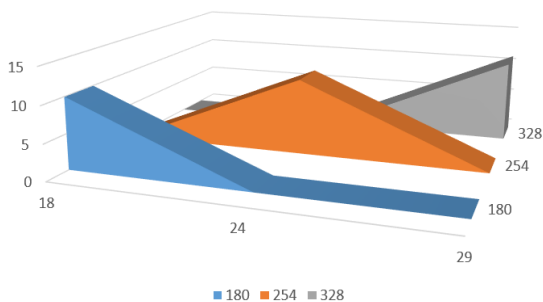


Рисунок 1. Діаграма кратності збільшення факелу розпилу в залежності від збільшення об'єму витікаючої рідини. Цифри 0 – 15 – коефіцієнт кратності; 18 – 24 – витрата рідини, м³/год; 180 – 328 – факел розпилу, мм

Таким чином, зміна факелу розпилу залежить від зміни об'єму витікаючої рідини з коефіцієнтом пропорційності, що підвищується зі збільшенням досліджуваного параметру.

Роботу виконано під керівництвом проф. В. І. Складінського та проф. О. Г. Гусака О.Г.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ГРАНУЛ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПІСЛЯ КОНТАКТУ З ПОВІТРЯМ У ГРАНУЛЯЦІЙНІЙ БАШТІ

Нічволодін К.В, аспірант; СумДУ, гр. А-25/ХТ

На кафедрі Хімічної інженерії було створено обертовий вібраційний гранулятор ОВГ [1], конструкцію якого показано на рис.1.

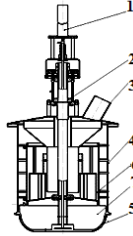


Рис.1 . Обертовий вібраційний гранулятор (ОВГ): 1- вібраційний пристрій; 2 – вузол кріплення підшипників; 3- вход плаву; 4 - корпус; 5 - перфороване днище (корзина); 6 – розподільник плаву у корзині; 7 - лопатки.

Виходячи з того, що для опису гідродинаміки руху гранули у башті характерним є критерій Рейнольдса, а для опису термодинамічних умов це критерій Пекле та Прандтля, для створення методики розрахунку кінцевої температури гранул та визначення коефіцієнта теплопередачі було обрано самі ці критерії

$$Re = \frac{W_g R_k \rho_{voz d}}{\mu_{voz d}}, \quad (1)$$

$$Pe = \frac{W_g R_k}{\alpha_{voz d}}, \quad (2)$$

$$Nu = 2 + 0.35 Re^{0.58} Pr^{0.33} + Pe^{0.54} Pr^{0.35} \quad (3)$$

де W_g - швидкість гранули; R_k - радіус гранули; $\rho_{voz d}$ - щільність повітря; $\alpha_{voz d}$ - коефіцієнт тепловіддачі повітря.

Виходячи з загальновідомого виразу для значенні критерія Нуссельта

$$Nu = \frac{R_k \alpha_{voz d}}{\lambda_{voz d}} \quad (4)$$

де $\lambda_{voz d}$ - коефіцієнт теплопровідності повітря, можна отримати, використовуючи рівняння (1) та (2) та підставляючи ці значення у математичне рівняння (3), дещо змінений вираз для критерію Нуссельта вже у залежності від такого гідродинамічного параметра як швидкість руху гранули W_g

$$Nu = 2 + 0.35 \left(\frac{W_g R_k \rho_{voz d}}{\mu_{voz d}} \right)^{0.58} Pr^{0.33} + 0.03 \left(\frac{W_g R_k}{\alpha_{voz d}} \right)^{0.54} Pr^{0.35}, \quad (5)$$

а з урахуванням рівняння (4) можна отримати вираз для визначення коефіцієнта $\alpha_{voz d}$ тепловіддачі повітря, який у попередніх розрахунках був величиною невизначеною але необхідною для розрахунку загального коефіцієнта теплопередачі між гранулами та повітряним потоком.

$$\alpha_{voz d} = \frac{\left(2 + 0,35 \left(\frac{W_g R_k \rho_{voz d}}{\mu_{voz d}}\right)^{0,58} Pr^{0,33} + 0,03 \left(\frac{W_g R_k}{\alpha_{voz d}}\right)^{0,54} Pr^{0,35}\right) \lambda_{voz d}}{R_k} \quad (6)$$

Використовуючи загальновідомі залежності коефіцієнта теплопередачі K від коефіцієнтів тепловіддачі повітря $\alpha_{voz d}$ та коефіцієнта теплопровідності гранули λ_{karb} [2]

$$K = \frac{2 \alpha_{voz d} \lambda_{karb}}{R_k \alpha_{voz d} + 2 \lambda_{karb}} \quad (7)$$

Знаючи навантаження по плаву у грануляційній башті G_{plava} , що відповідає кількості гранульованого продукту, G_v – кількість повітря, що подається у башту для охолодження плаву та гранул; радіус R_k або діаметр d_k

$$\begin{cases} G_{plava} (C_p (T_{pn} - T_{pk}) + z_f + C_g (T_{pk} - T_{gk})) = G_v C_v (T_{vk} - T_{vn}), \\ K F \left(\left((T_{pn} - T_{vk}) + (T_{gk} - T_{vn}) \right) / 2 \right) = G_{plava} (C_p (T_{pn} - T_{pk}) + z_f + C_g (T_{pk} - T_{gk})), \end{cases} \quad (8)$$

де C_p - питома теплоємність плаву; z_f - питома теплота фазового переходу у результаті кристалізації плаву; C_g - питома теплоємність гранули; C_v – питома теплоємність повітря; T_{pn} та T_{pk} - початкова та кінцева температура плаву; T_{gk} - кінцева температура гранули; T_{vn} та T_{vk} - початкова та кінцева температура повітря; $F = \frac{5,99 G_{plava} \tau}{d_k \rho_s}$ – площа теплопередачі.

Для розрахунку температури повітря на виході з грануляційної башти

$$T_{vk} = (2 C_g C_v G_v T_{vn} G_{plava} + C_g F K T_{pk} G_{plava} + C_g F K T_{pn} G_{plava} - C_g F K T_{vn} G_{plava} - C_p F K T_{pk} G_{plava} + C_p F K T_{pn} G_{plava} - C_v F G_v K T_{vn} + F K z_f G_{plava}) / (2 C_g C_v G_v G_{plava} + C_g F K G_{plava} + C_v F G_v K). \quad (9)$$

Та для розрахунку температури гранул після контакту з повітрям, для гранул, що вже сформувалися та потрапляють або у псевдо зріджений шар або на пристрій для їх відводу з грануляційної башти, отримуємо наступне рівняння

$$T_{gk} = (2 C_g C_v G_v T_{pk} G_{plava} + C_g F K T_{pk} G_{plava} - 2 C_p C_v G_v T_{pk} G_{plava} + 2 C_p C_v G_v T_{pn} G_{plava} - C_p F K C_p F K T_{pk} G_{plava} + C_p F K T_{pn} G_{plava} - C_v F G_v K T_{pn} + 2 C_v F G_v K T_{vn} + 2 C_v G_v z_f G_{plava} + F K z_f G_{plava}) / (2 C_g C_v G_v G_{plava} + C_g F K G_{plava} + C_v F G_v K). \quad (10)$$

Висновки. Розроблена методика розрахунку кінцевої температури гранул дозволяє передбачити й запобігти зниженню їх міцності та руйнуванню при транспортуванні та внесення в ґрунт.

Література

1. Скиданенко М.С. Перспективи отримання мікрогранул у вібраційних грануляторах [Текст] / М.С. Скиданенко, А.Є. Артюхов, В. І. Склабінський //
2. Ликов А. В. Теплообмін. [Текст] / А. В. Ликов. - М.: Енергія, 1978. - 480 с.

Робота виконана під керівництвом професора Склабінського В.І.

ДО ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ ВИПАРНОГО АПАРАТА ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ РОЗЧИНІВ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

*Бондар О. В., студент, ХМм-31; Заїкін О. І., студент, ХМм-31;
Михайловський Я. Е., доцент, кафедра хімічної інженерії; СумДУ, м. Суми*

До основних фізико-хімічних властивостей упарюваних розчинів, які кардинально впливають на вибір конструкції випарного апарата, відносять: хімічну агресивність, в'язкість, чутливість до високих температур, схильність до утворення розчинних і нерозчинних осадів, спінюваність та деякі інші.

У зв'язку з різною продуктивністю та організаційно-технологічною структурою виробництва, різноманітністю фізико-хімічних властивостей розчинів, використанням різноманітних теплоносіїв нині відомо понад 100 різновидів випарних апаратів, які класифікують за такими технологічними і конструктивними ознаками: 1) принципом дії: періодичної та безперервної дії; 2) видом використовуваного теплоносія: з паровим, газовим, рідинним або електричним обігріванням; 3) способом організації режиму циркуляції розчину: з вільною природною циркуляцією, з організованою природною циркуляцією, з примусовою (вимушеною) циркуляцією, плівкові; 4) схемою з'єднання сепаратора і грійочої камери: з блоковим (співвісним) розміщенням, з винесеною грійочою камерою, з винесеною циркуляційною трубою. Також за способом підведення тепла до розчину розрізняють поверхневі апарати, в яких тепло передається через фіксовану поверхню, та контактні апарати, в яких тепло підводиться в результаті безпосереднього контакту гарячого газу з розчином. Окрім цього за орієнтацією поверхні нагрівання використовують випарні апарати з вертикальним і горизонтальним розміщенням грійочої камери.

Випарний апарат повинен задовольняти технологічні та конструктивні вимоги і мати оптимальні техніко-економічні показники.

До технологічних вимог належать можливість додержання необхідного режиму (температура, тиск, час перебування розчину в апараті), отримання продукту необхідної якості й концентрації, чутливість до зміни навантажень.

До конструктивних вимог належать простота та компактність апарата, надійність у роботі, технологічність виготовлення, монтажу і ремонту, можливість зосередження великої поверхні теплопередачі в одиниці об'єму.

До оптимальних техніко-економічних показників відносять високу інтенсивність теплопередачі, малу вагу, невисоку вартість одного квадратного метра поверхні нагрівання, невисоку вартість експлуатації.

Між окремими факторами, що впливають на вибір конструкції апарата, можуть бути суперечності. У таких випадках необхідні техніко-економічні та оптимізаційні розрахунки [1].

Список літератури

1. Теплові й масообмінні процеси та обладнання хімічних і нафтогазо-переробних виробництв у системах «газ (пара) – рідина»: підручник / за заг. ред. Я. Е. Михайловського. – Суми : Сумський державний університет, 2021.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТАНОЛУ ДЛЯ БОРОТЬБИ З ГІДРАТАМИ ТА ЙОГО РЕГЕНЕРАЦІЯ У ГАЗОПЕРЕРОБЦІ

*Довгаль О. В., студент, ХММ-31; Карпенко А. С., студент, ХММ-31;
Михайловський Я. Е., доцент, кафедра хімічної інженерії; СумДУ, м. Суми*

Гідратами називають кристалічні сполуки, схожі зі снігом або льодом, які утворюються асоційованими молекулами вуглеводнів і води. Проблема боротьби з гідратоутворенням стала гостроактуальною у зв'язку з розвитком видобування, переробки та транспортування природного газу.

Під час транспортування газоконденсату, особливо нестабільного, по трубопроводах за наявності в ньому прісної або низькомінералізованої води та природного газу можливе утворення гідратних пробок. У процесі гідратоутворення легких вуглеводнів відбувається механічне захоплення рідкого конденсату. Краплі конденсату виявляються оточеними кристаликами гідрату.

Гідратоутворення уповільнюється зі зниженням тиску в системі, з підвищенням температури, а також при введенні інгібіторів, які сприяють руйнуванню гідратів. Інгібітори подають дозувальними насосами індивідуально на кожну свердловину або централізовано одним насосом з регулятором подачі в кожну точку.

Одним з таких інгібіторів, що широко застосовують в газопереробці для боротьби з гідратами природних газів у свердловинах, шлейфах, газопроводах або апаратах, є метанол. Цьому сприяють деякі його фізико-хімічні властивості. У метанолі добре розчиняються різні вуглеводні, а за низьких температур – діоксид вуглецю та сірководень. Сам метанол добре розчиняється у гліколях. При подачі метанолу в свердловину та шлейфи і подальшому осушуванні газу на установках низькотемпературної сепарації або в абсорберах метанол вилучають із газу гліколями, що знижує в'язкість поглинача.

Метанол вводять (впорскують) в систему перед теплообмінниками установки низькотемпературної сепарації, в якій поєднуються процеси вилучення конденсату та осушення газу. Конденсат та метанол відводять окремо. Конденсат стабілізують, а метанол надходить на регенерацію.

Регенерація метанолу стала невід'ємною частиною технологічної схеми газового промислу. При осушенні газу, що містить метиловий спирт, діетиленгліколем одночасно з водою поглинається метанол, який потім виділяється під час десорбції з водного конденсату на установках регенерації метанолу. Видалення метанолу з води здійснюють у ректифікаційних колонах.

Однією з особливостей експлуатації установок регенерації метанолу є утворення накипу в трубках теплообмінників, на тарілках ректифікаційної колони. Для видалення накипу апарати обробляють 2–10 %-ю соляною кислотою з інгібітором корозії.

МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОЗВАЖЕНОГО ШАРУ В ЦИЛІНДРОКОНІЧНИХ АПАРАТАХ

*Криводуб Д. Г., аспірант, А-35/МБ; Михайловський Я. Е., доцент,
кафедра хімічної інженерії; СумДУ, м. Суми*

Фракціонування зернистого матеріалу в гідрокласифікаторах з висхідним потоком актуальне для таких галузей економіки як чорна металургія, машинобудування, електроенергетика, хімічна та харчова промисловість. Основними цілями, що переслідуються при цьому, є: підвищення ефективності виробництва, мінімізація втрат матеріалу та енергії, покращення якості продукції, сприяння сталості виробництва і відповідності стандартам екології та безпеки.

В даний час у промисловості застосовують для поділу кристалічних суспензій гідрокласифікатори різних конструкцій: вертикальні та горизонтальні, гідромеханічні та гідравлічні, циліндричні та циліндроконічні. В усіх цих апаратах процес класифікації протікає в умовах взаємодії твердої фази, що витає, і зріджувального агенту. У вертикальному циліндроконічному апараті з конусом, що розширюється догори, утворення гідрозваженого шару здійснюється за допомогою впливу на дисперсні тверді частинки висхідним рідинним потоком перехідного режиму течії.

Під час моделювання гідрозваженого шару прийняли, що рідина та частинки у процесі взаємодії не змінюють своїх фізичних властивостей, рух частинок носить безвихровий характер, частинки мають округлу форму та не агрегуються в блоки. У потоці рідини на частинку діють різні сили – в'язкісні, гравітаційні та інерційні, що утворюють певну гідродинамічну обстановку навколо частинки, при якій вона витає і переміщається у певному напрямку. Параметрами, що описують гідродинамічну обстановку є еквівалентний діаметр зерен, режим обтікання, локальна порізність зваженого шару.

На початковому етапі шар нерухомий і займає певний об'єм в апараті. У процесі взаємодії шару з потоком рідини, що надходить знизу вгору, та під дією в'язкісних, гравітаційних та інерційних сил утворюється однорідний гідрозважений шар суспензії. Локальні параметри зваженого шару формуються та встановлюються по висоті апарата відповідно до локальної гідродинамічної обстановки, і залежать від фізико-хімічних властивостей взаємодіючих фаз, а також від локальних геометричних характеристик конічної секції (вхідного діаметра та висоти, кута розкриття конуса). У сталому режимі гідродинамічної взаємодії фаз в апараті на певній висоті формуються зважені шари класифікованої суспензії, з яких можна відбирати монофракції продуктів з певною масовою часткою, об'ємною концентрацією і певного діапазону розмірів (або середнього розміру зерен монофракції).

Отже, всі вищезазначені параметри моделювання можна застосовувати при розробці інженерного методу розрахунку вертикальних циліндроконічних гідрокласифікаторів з метою їх промислового використання.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ У СУШАРКАХ КИПЛЯЧОГО ШАРУ

*Авдєєв В.П., студ., гр. ХМ-01/3кі-2, Кучеренко Р.Ю., студ., гр. ХМм-31,
Юхименко М.П., доц. каф. ХІ, СумДУ*

У хімічній промисловості знайшли широке використання сушарки зернистих матеріалів псевдозрідженого чи киплячого шару. У даних сушарках частинки вологого матеріалу добре перемішуються, що створює інтенсивний контакт між сушильним агентом і поверхнею частинок, що висушуються. Це значно підвищує коефіцієнти тепловідачі, у результаті чого досягаються в таких сушарках достатньо високі показники ефективності.

Сушарки псевдозрідженого шару у хімічній промисловості найбільше використання отримали за рахунок певної специфіки здійснення процесу сушіння. По-перше, у режимі псевдозрідження можна сушити матеріали різноманітного спектру – зернисті, порошкоподібні, пастоподібні та рідкі (при розбризкуванні рідини із форсунок на шар). Навіть при сушінні грудкуватих та погано сипучих матеріалів у псевдозрідженому шарі практично не виникає порушень роботи апарата, так як шар є своєрідним ретурем із частинок, які вже попередньо підсушилися. По-друге, процес сушіння у киплячому шарі достатньо інтенсивний. Коефіцієнти тепловідачі досягають величин 200 – 300 Вт/м²К, об'ємна напруженість по волозі досягає 1200 кг/м³год. Ці показники перевищують аналогічні для таких розповсюджених сушарок, як барабанні.

Але поруч із перевагами, для сушарок киплячого шару, характерні також і недоліки. Серед головних: підвищені енергетичні витрати та підвищений винос пилу, особливо при сушінні дрібнодисперсних матеріалів.

Енергетичні витрати пов'язані із підтриманням достатньої висоти псевдозрідженого шару – до 300 – 500 мм. Така висота киплячого шару повинна бути для стабілізації режиму активного перемішування частинок у шарі. Для цього газовий потік проходить через перетин апарата із робочою швидкістю 2 – 3 м/с. Даний гідродинамічний режим обробки характерний для сушарок, які мають циліндричний корпус. Для сушарок із прямокутним корпусом можна реалізувати режим псевдозрідження із низьким киплячим шаром – біля 150 – 200 мм. Це знизить робочу швидкість псевдозрідження, відповідно і енергетичні витрати на процес сушіння.

Для зменшення виносу дрібнодисперсної фракції матеріалу із киплячого шару треба реалізувати конструктивні модернізації. Поряд із традиційним підходом щодо збільшення перетину сепараційного простору, у даному просторі можна установлювати серію контактних елементів різної конструкції. Тверді частинки матеріалу, які будуть газовим потоком викидатися у сепараційний простір, на своєму шляху будуть зіштовхуватися із контактними поверхнями, гальмуватися та відбиватися назад у киплячий шар. Це знизить навантаження на пилоочисне обладнання.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ У ПНЕВМАТИЧНИХ ТРУБАХ-СУШАРКАХ

*Гупал І.О., студ., гр. ХМ-01/Ікі, Євдокимов К.С., студ., гр. ХМм-31
Юхименко М.П., доц. каф. ХІ, СумДУ*

У різних хімічних технологіях значно поширене сушіння зернистих матеріалів у завислому й псевдозрідженому станах. У даних сушарках характерним є інтенсивний контакт між сушильним агентом і поверхнею частинок, що висушуються. Це значно підвищує інтенсивність тепло-масообмінних процесів, у результаті чого досягаються в таких сушарках достатньо високі показники ефективності. Із цього класу сушарок у хімічній промисловості найбільше використання отримали пневмотранспортні сушарки (труби-сушарки). Дані сушарки дозволяють достатньо швидко та інтенсивно видалити поверхневу вологу із матеріалу за короткий часовий проміжок (декілька секунд в залежності від висоти трубопроводу). Але у даному конструктивному варіанті висота труби-сушарки може досягати значних величин, аж до 20 – 30 м. Енергетичні витрати на процес сушіння у трубах-сушарках достатньо значний. Енергетичні витрати дещо знижуються у випадках, коли треба сушити дрібнодисперсні матеріали. Тому максимальний розмір частинок не повинен перевищувати 8 – 10 мм. Але при транспортуванні дрібнодисперсних продуктів можуть виникати умови для утворення ефекту агрегування і частинок та утворення грудок матеріалу. Агрегування дрібних частинок виникає тому, що вони мають значні поверхневі сили їх щеплення.

Збільшити час сушіння у трубах-сушарках дозволяє конструктивна модернізація. Так по висоті труби-сушарки у корпусі труби роблять декілька ділянок звуження-розширення. Це створює по висоті трубопроводу розширювальні камери. Таких камер має бути декілька по висоті апарата. У місцях звужень збільшуються відносні швидкості потоків газу та частинок матеріалу. Це реалізує режим фонтануючого шару, у якому частинки добре перемішуються, у результаті чого теплообмінні та масообмінні процеси інтенсифікуються.

Перспективним шляхом модернізації пневматичних сушарок треба вважати введення в їх робочий простір різного роду контактних елементів. При цьому, при однаковій інтенсивності сушіння, час перебування матеріалу в сушарках з контактними елементами більший, ніж у пустотілих трубах-сушарках. Організація контактних елементів у робочому просторі труби-сушарки призведе до утворення на поверхні даних елементів режиму завислого шару. У міру нагромадження частина циркулюючого гарячого матеріалу випадає через розвантажувальний простір на нижче розташований контактний елемент, де утворює циркулюючий шар ("подушку"), в якій вологий матеріал втягується у циркуляцію та швидко підсушується. Грудки в циркулюючому шарі, підсихаючи, розбиваються.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ У БАРАБАННИХ СУШАРКАХ

*Пархоменко В.А., студ., гр. ХМ-01/1кі, Пісков О.В., студ., гр. ХМм-31
Юхименко М.П., доц. каф. ХІ, СумДУ*

У великотоннажних виробництвах хімічної технології широко використовуються барабанні конвективні сушарки для сушки кускових, кристалічних та зернових матеріалів (соди, солей, добрив, отрутохімікатів, сировини і т.і.). Особливістю сушильного процесу у барабанних сушарках є те, що сушильний агент із високою температурою рухається паралельно із матеріалом. Тому на вході у барабанну сушарку вологі грудки матеріалу зустрічаються із гарячим сушильним агентом, швидко втрачають поверхневу вологу, а потім втрачають внутрішню вологу при контакті вже із частково охолодженим сушильним агентом. При цьому частинки матеріалу не перегріваються та не втрачають якісних характеристик. Барабанні сушарки характеризуються достатньо надійними характеристиками у процесі їх експлуатації. Важливою частиною є насадка, яка забезпечує контакт між частинками вологого матеріалу та газовим потоком [1].

Інтенсифікація сушильного процесу барабанних сушарках забезпечується конструктивною модернізацією насадкових пристроїв. Основна мета модернізації – це збільшення кількості матеріалу, який пересипається і активно переміщується у робочому об'ємі барабану. Якщо висушується матеріал, який складається із великих шматків, а також матеріал, який здатний до налипання, використовується лопатева насадка; якщо матеріал сипкий – розподільна, якщо дрібнодисперсний матеріал – використовується перевалочна із закритими комірками [1]. Збільшення концентрації частинок у завесі, підвищує коефіцієнт насадки (як відношення об'єму матеріалу, який зсипається, до повного об'єму матеріалу у апараті) від 0,1 до 0,3, що зменшує довжину барабана у 1,5 – 2 рази.

Для барабанної сушарки важливим фактором є заповнення матеріалом робочого об'єму. При оптимальній величині коефіцієнта заповнення, збільшується поверхня контакту частинок вологого матеріалу із сушильним агентом і тим ефективніше використовується робочий об'єм барабана. Тобто треба підбирати певний тип насадки із оптимальним значенням коефіцієнту заповнення. На практиці цей коефіцієнт дорівнює 0,15 – 0,35 [1].

Іншим шляхом модернізації барабанних сушарок є подвійна ходовість щодо руху сушильного агенту. При цьому сушарка має два барабани – внутрішній та зовнішній. Початковий вологий продукт подається у сушарку спочатку у внутрішній барабан, після чого матеріал надходить у зовнішній барабан для остаточного сушіння сушильним агентом. Це збільшує час перебування матеріалу у апараті та підвищує ефективність процесу сушіння.

Список літератури:

1. Гончаренко В. П., Юхименко М. П. Шляхи модернізації барабанних сушарок. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VI Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 16–19.04.2019). – Суми : СумДУ, 2019. – 357 с. – С. 240.

ВИБІР МЕТОДІВ ОСУШЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З УРАХУВАННЯМ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЦЕЙ ПРОЦЕС

Александров С.В., студент, гр. ХМм-31

Абсорбція та адсорбція - це два різних методи осушення газу, що використовуються для видалення вологи з газових потоків. При абсорбції використовуються абсорбенти, здатні поглинати вологу з газу. Переваги: Ефективно видаляє вологу, запобігає утворенню гідратів. Обмеження: Вимагає використання спеціальних абсорбентів (наприклад, гліколей).

Гліколі утворюють комплекси з водою, що дає змогу ефективно видаляти вологу з газових потоків. Цей метод особливо корисний для запобігання утворенню гідратів (кристалічних сполук води та газу), які можуть закупорювати газопроводи та створювати проблеми під час експлуатації. Гліколева осушка є одним із поширених методів абсорбційної осушки газу.

При адсорбції використовують адсорбенти, які притягують молекули вологи на свою поверхню. Процес адсорбції дозволяє ефективно видаляти вологу з природного газу. Переваги: Широкий вибір адсорбентів, включаючи цеоліти та силікагелі. Обмеження: Може вимагати регенерації адсорбентів.

Обидва методи мають свої переваги та обмеження, і вибір між ними залежить від конкретних умов та вимог процесу осушення газу. Крім абсорбції та адсорбції існує кілька інших методів осушення газу. Ось деякі з них.

Кріогенна осушка. При цьому метод газ охолоджується до дуже низьких температур, що призводить до конденсації вологи. Потім конденсована волога видаляється із потоку газу. Такий метод зазвичай використовується для очищення газів від слідів вологи та інших домішок. Переваги: Очищає газ від вологи та інших домішок. Обмеження: Вимагає низьких температур та спеціалізованого обладнання.

Мембранні осушувачі. Мембранні фільтри або осушувачі використовують напівпроникні мембрани для поділу вологи від газу. Волога проходить через мембрану, залишаючи газ знизу сушим. Цей метод зазвичай використовується для невеликих обсягів газу. Переваги: Простота та компактність. Обмеження: підходить для невеликих обсягів газу.

Теплова осушка. Газ нагрівається, щоб випарувати вологу. Потім волога видаляється із газового потоку. Цей метод може бути ефективним, але потребує додаткової енергії для нагрівання газу. Переваги: Ефективний, але потребує додаткової енергії. Обмеження: Не підходить для всіх газів.

Електрична осушка. У цьому методі використовується електричне поле видалення вологи з газу. Електричні заряди залучають вологу та видаляють її з газового потоку. Переваги: Не потребує хімічних агентів. Обмеження: Вимагає електричної енергії.

Таким чином, вибір методу залежить від конкретних вимог процесу та характеристик газового потоку з урахуванням переваг та обмежень.

Робота виконана під керівництвом професора Склабінського В. І.

РЕКУПЕРАТИВНІ ТЕПЛООБМІННИКИ В УСТАНОВКАХ КАТАЛІТИЧНОГО КРЕКІНГУ

Гусак В.О., студент, гр. ХМм-31

У хімічних та нафтогазових технологіях використовуються складні процеси, параметри яких у даний час практично неможливо розраховувати теоретично. Тому майже на всіх підприємствах хімічної промисловості та нафтогазового сектору економіки швидкими темпами накопичується велика кількість інформації, отриманої при дослідженнях, яку можливо використовувати для створення напівемпіричних методів розрахунку або для математичного моделювання таких процесів [1].

Установка каталітичного крекінгу є ключовим елементом нафтопереробних заводів. Її призначенням є розщеплення фракції газойлю після дистиляції з отриманням легких нафтових фракцій та світлих нафтопродуктів. Зазвичай в установках каталітичного крекінгу переробляють атмосферний газойль, важку фракцію вакуумної перегонки або газойль процесу коксування. Процес крекінгу здійснюється за допомогою каталізатора.

Промислові установки каталітичних процесів переробки нафти працюють в умовах великих температур та тиску і виділяють величезну кількість тепла, яке зазвичай викидається у навколишнє середовище за допомогою повітря або води, що охолоджує. Рекуперативні теплообмінники використовуються для рекуперації (повертання) такої енергії у технологічний цикл у складі інтеграційної технологічної системи установок та ліній каталітичного крекінгу нафти та нафтопродуктів, а також для опалення в локальних та комерційних приміщеннях через мережу гарячого водопостачання.

При промисловій експлуатації установок каталітичного крекінгу необхідно враховувати рекуперацію тепла та енергоспоживання для зниження впливу на довкілля, а також зниження експлуатаційних витрат на очищення.

Таким чином, основною метою вибору теплообмінного обладнання в складі установок каталітичного крекінгу є максимізація рекуперації тепла промислового реактора, наприклад, каталітичного крекінгу з псевдо зрідженим шаром.

Список літератури:

1. Пейчева Д. І. Особливості використання комп'ютерної техніки у хімічній і нафтогазовій промисловості. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма X Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 18–21 квітня 2023 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2023. – 283 с. – С. 208.

Робота виконана під керівництвом професора Склабінського В. І.

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БЕНЗОЛУ ТА ТОЛУОЛУ

Тіцький Р.В., студент, гр. ХММ-31

Виробництво бензолу та толуолу це важливий процес у хімічній промисловості. Технологічний процес та експлуатацію обладнання для установок виробництва таких продуктів вибирають з урахуванням наступних фізичних та хімічних властивостей цих речовин.

Бензол (C_6H_6) це ароматичний вуглеводень, який широко використовується у промисловості. Він входить до складу бензину і служить вихідною сировиною для виробництва ліків, пластмас, синтетичної гуми та барвників. Виробництво бензолу ґрунтується на переробці різних сировинних компонентів, таких як нафта, толуол, важка фракція піролізу та смола коксування вугілля. Бензол – безбарвна рідина з нерізким запахом. Температура плавлення становить $5,5\text{ }^\circ\text{C}$, а температура кипіння - $80,1\text{ }^\circ\text{C}$. Він утворює вибухонебезпечні суміші з повітрям і добре поєднується з органічними розчинниками, такими як ефіри та бензин. Бензол входить до складу сирої нафти, але частіше синтезується з інших компонентів.

Виробництво бензолу ґрунтується на різних технологіях, включаючи каталітичний реформінг, переробку вуглеводнів та інші методи. Бензол використовується у різних галузях, включаючи хімічну, нафтохімічну та фармацевтичну промисловість.

Толуол (C_7H_8) це ароматичний вуглеводень, що використовується у різних галузях промисловості. Температура кипіння толуолу становить $110,6\text{ }^\circ\text{C}$. Це важливий параметр при проектуванні та експлуатації установок. За стандартних умов ($25\text{ }^\circ\text{C}$, 100 кПа) тиск пари толуолу становить приблизно $21 \pm 1\text{ мм рт.ст.}$ Це важливо контролю процесів в установках.

Толуол використовується у виробництві пластмас, барвників, розчинників та інших хімічних продуктів. Він також є сировиною для отримання інших речовин, включаючи фармацевтичні препарати.

Крім температури кипіння та тиску пари, є й інші параметри, які впливають на виробництво толуолу. Якість та склад сировини, що використовується для виробництва толуолу, відіграють важливу роль. Сировина може включати нафту, важку фракцію піролізу та інші вуглеводні. Оптимальне співвідношення компонентів у суміші також впливає вихід толуолу. Вибір каталізатора та реакційних умов (температура, тиск, час реакції) визначають ефективність процесу. Каталізатори можуть бути гетерогенними (наприклад, оксиди металів) або гомогенними (комплекси металів).

Виробництво толуолу може здійснюватися у різних реакційних режимах, таких як безперервний або пакетний. Вибір режиму залежить від масштабу виробництва та технічних вимог.

Робота виконана під керівництвом професора Склабінського В. І.

ВИРОБНИЦТВО БІОЕТАНОЛУ ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ З СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ КРОК ДО ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕЗАЛЕЖНОСТІ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ

*Шматенко В.А., аспірант СумДУ, А-25/ХТ,
Ляпощенко О.О., д.т.н., професор, СумДУ*

У сучасному контексті глобальної енергетичної кризи та обмеженості традиційних енергоресурсів, Україна, як і багато інших країн, стикається з гострою необхідністю розширення своїх енергетичних портфелів за рахунок альтернативних джерел енергії. Особливу увагу в цьому аспекті заслуговує біоетанол другого покоління, що виробляється з сільськогосподарських відходів.[1] Це не лише сприяє зменшенню залежності від імпортованого палива, але й відповідає екологічним стандартам та прагненню до сталого розвитку. В умовах війни, коли енергетична безпека країни стає особливо актуальною, використання внутрішніх ресурсів для виробництва палива набуває стратегічного значення. Біоетанол другого покоління, виготовлений із сільськогосподарських відходів, може стати одним із ключових компонентів в рішенні цього завдання. Він не лише допомагає утилізувати відходи, але й створює додаткові робочі місця у сільській місцевості, сприяючи розвитку місцевих громад. Для України, країни з розвинутим аграрним сектором, переробка сільськогосподарських відходів у біоетанол представляє величезний потенціал. Особливо актуальним це стає в період воєнних дій, коли кожен крок до енергетичної незалежності має не лише економічне, але й стратегічне значення.[2] Використання соломи пшениці та інших аграрних відходів для виробництва біопалива дозволяє зменшити вартість енергоносіїв та підвищити енергетичну безпеку країни.

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 [3]. Режимно-технологічна та апаратурно-конструктивна оптимізація процесу ректифікації біоетанолу методами статичного і динамічного моделювання з використанням інструментальних засобів для числового моделювання хіміко-технологічних процесів стає ключовою задачею на шляху до підвищення ефективності його виробництва [4]. Розрахункова модель установки виробництва біоетанолу розроблена в програмному комплексі SemCAD з різних модулів апаратурного оформлення технологічних процесів, які дозволяють моделювати технологічні процеси для всіх основних вузлів ректифікаційного, теплообмінного і сепараційного обладнання (рис.1). При цьому застосовано модель фазової рівноваги UNIFAC (UNIQUAC Functional-group Activity Coefficients). За результатами моделювань визначено досяжним отримання кінцевого продукту, що являє собою суміш 96,9% біоетанолу і 2,7% домішок. Удосконалення технологій ректифікації може значно знизити енергетичні витрати на виробництво біоетанолу, роблячи його конкурентоспроможним.

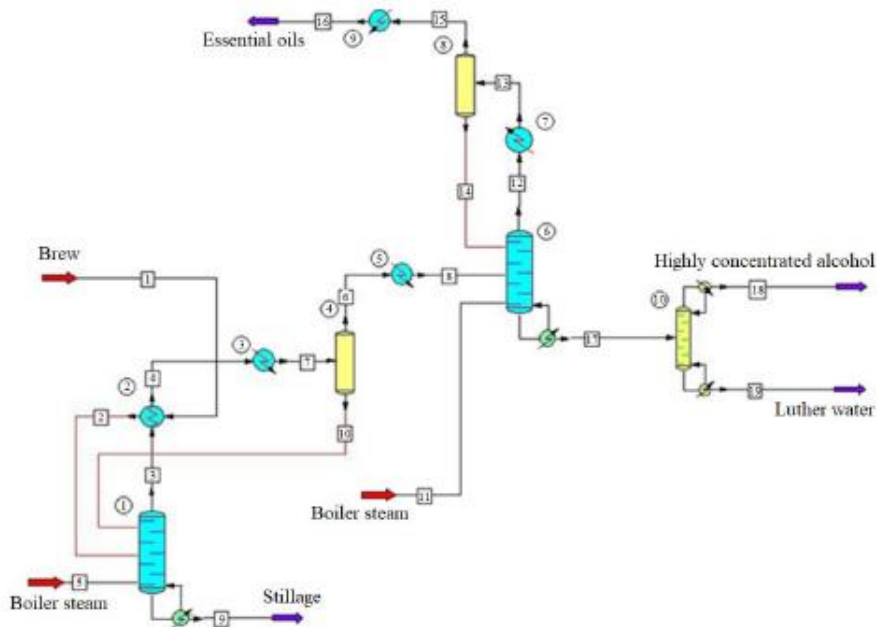


Рисунок 1 – Ескіз технологічна (розрахункова) схема ректифікаційної установки виробництва біоетанолу [4]: 1, 6, 10 – ректифікаційні колони; 2, 3, 7 - теплообмінники; 4, 8 – сепаратори

У період, коли Україна прагне до максимальної енергетичної незалежності, розвиток технологій виробництва біоетанолу другого покоління з відходів агропромислового комплексу може стати одним з ключових факторів сталого розвитку країни в умовах війни.

Список літератури

1. Galyna Trypolska,(2021). "Potential and imperatives for output of liquid biofuels in Ukraine." doi: 10.56197/2786-5827/2023-2-4-4
2. Grygorii Kaletnik, Olena Prutskanatalia, Pryshliaknatalia Pryshliak (2014). "Resource potential of bioethanol and biodiesel production in Ukraine" DOI: 10.2478/vjbsd-2014-0002
3. Скотар А.П, Шматенко В.А., Ляпощенко О.О., Скиданенко М.С. Модування технологічних процесів у виробництві біоетанолу II покоління / Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали VIII науково-технічної конференції. – Суми: СумДУ, 2021. – С.217.
4. Modeling of Technological Processes for a Rectification Plant in Second-Generation Bioethanol Production / O.Liaposhchenko, V.Marenok, M.Skydanenko, I.Pavlenko, M.Ochowiak, J.Mižakova, Jan Pitel, V.Storozhenko, V.Smyrnov, V.Shmatenko // Processes. — 2021, 9, 944. — P.1-14. DOI: 10.3390/pr9060944

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ КАТАЛІТИЧНОЇ ІЗОМЕРИЗАЦІЇ НИЗЬКООКТАНОВИХ ФРАКЦІЙ ВУГЛЕВОДНІВ У ВИСОКООКТАНОВІ ІЗОКОМПОНЕНТИ БЕНЗИНІВ

*Мандрика О.О., студент, гр. ХМ.м-31,
Ляпощенко О.О., д.т.н., професор, СумДУ, м. Суми*

Для отримання високоякісних бензинів в сучасній нафтопереробній промисловості застосовуються процеси каталітичної ізомеризації легкокиплячих вуглеводневих фракцій, що відповідають найвищим екологічним стандартам. Установка ізомеризації перетворює легку нафту в більш цінні високоякісні компоненти бензинів, змінюючи їх молекулярну форму і підвищуючи октанове число.

З метою інтенсифікації процесу каталітичної ізомеризації слід розглянути вплив на кінетику реакцій значень основних режимних термодинамічних параметрів процесу (температура, тиск). Так, з підвищенням температури швидкість реакції ізомеризації зростає, але до певної межі, що обмежується станом рівноваги. Подальше підвищення значення температури приводить більше до протікання реакцій гідрокрекінгу з утворенням легких газів, а при цьому зростає витрата водню і вихід ізомерів знижується. Враховуючи, що тиск не впливає на рівновагу реакції ізомеризації, хоча суттєво впливає на кінетику цільових і побічних реакцій процесу, то підвищення тиску при інших незмінних умовах (параметрах) процесу знижує продуктивність, але підвищує селективність ізомеризації. Збільшення парціального тиску водню призводить до зниження швидкості деактивації каталізатора в результаті сповільнення коксоутворення. Однак підвищення тиску вище значення 4 МПа зовсім недоцільне, тому що при цьому коксоутворення практично не змінюється. Оскільки ступінь перетворення вуглеводнів (алканів) на високотемпературному алюмоплатиновому фторованому каталізаторі зазвичай не високий, то каталітичну ізомеризацію на промислових установках здійснюють з ректифікацією реакційної суміші та рециркуляцією. При цьому вихідну сировину ізомеризації подають попередньо на установки гідроочищення та осушення, а апаратурне оформлення установки ізомеризації представляється з двох блоків: ректифікації та ізомеризації. У блоці ректифікації відбувається виділення ізомерів з суміші вихідної сировини та стабільного ізомеризату, а реакторний блок складається з двох паралельно працюючих реакційних секцій високотемпературної ізомеризації в середовищі водню в присутності біфункціональних алюмоплатинових фторованих каталізаторів, хоча останнім часом найбільш перспективним визначено процес низькотемпературної ізомеризації на сульфатованих оксидних каталізаторах.

Таким чином, в якості перспективних способів удосконалення технології процес ізомеризації може бути також інтенсифікований застосуванням низькотемпературних каталізаторів, переходом від процесів ректифікації на адсорбційне (на цеолітах) або мембранне розділення.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЮВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ В АПАРАТІ З АКТИВНОЮ ГІДРОДИНАМІКОЮ ПОТОКІВ

Мищенко Д.І., асп., гр. А-35/МБ; Острога Р.О., доц., каф. ХІ, СумДУ, м. Суми

Одержання гранульованих добрив в апаратах з активною гідродинамікою потоків призводить до утворення продукту гранулометричного полідисперсного складу. Вимоги споживача до гранульованих мінеральних добрив гранулометричного складу дуже жорсткі, стандарти на мінеральні добрива передбачають вміст товарної фракції з розмірами гранул 1–4 мм в межах 85–90 %. Метод гранулювання в киплячому шарі не гарантує отримання продукту з вузьким діапазоном розмірів гранул. Техніка гранулювання в багатоступеневому апараті, у порівнянні з односекційним, має особливості у вигляді розподілу по окремих щаблях (камерах) речовини, яка гранулюється. У цьому випадку дисперсія розмірів гранул значно менша, ніж в односекційному апараті. Кінцевий продукт гранулометричного складу виходить більш однорідним за розміром частинок.

Гранулометричний склад готового продукту є функцією низки режимно-технологічних параметрів процесу гранулювання. Тому важливо з'ясувати тенденції впливу режимно-технологічних параметрів на процеси гранулювання в апаратах псевдозрідженого шару. Це дасть можливість підібрати оптимальні за величиною такі режимно-технологічні параметри як питома витрата суспензії (плаву), розмір частинок ретуру та час гранулювання. Підібраний технологічний режим забезпечить отримання якісного продукту з монодисперсним гранулометричним складом.

В одноступеневих грануляторах киплячого шару, із середнім часом обробки гранул 4 хв., товщина оболонки покриття становить 0,02 мм, діаметр гранул 2,04 мм. Витрата суспензії при цьому становить $2 \cdot 10^{-4}$ кг/кг·с, діаметр частинок ретуру 2 мм. Для збільшення товщини оболонки покриття і розміру гранули необхідно збільшувати число ступенів грануляції. У двоступеневих грануляторах киплячого шару із середнім часом обробки гранул 8 хв., товщина оболонки покриття становить 0,04 мм, діаметр гранул 2,1 мм. Витрата суспензії при цьому становить $2 \cdot 10^{-4}$ кг/(кг·с), діаметр частинок ретуру 2,0 мм. У тріступеневих грануляторах киплячого шару із середнім часом обробки 12 хв. товщина оболонки становить 0,055 мм, діаметр гранул 2,1 мм. Витрата суспензії при цьому становить $2 \cdot 10^{-4}$ кг/кг·с, діаметр частинок ретуру 2,08 мм.

Математична модель процесів утворення гранул показує, що кінетика зростання частинок в апаратах з активною гідродинамікою потоків залежить від початкового розміру частинок ретуру, питомої витрати та щільності плаву, а також від часу нанесення шару (покриття) на поверхню гранули.

Результати одержані у рамках виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Сумського державного університету (д/р № 0121U112684; договір № БФ/26-2021).

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛОБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У ВИРОБНИЦТВІ ЕТИЛОВОГО СПИРТУ

*Сергієнко А. Р., студент, гр. ХМ.м-31;
Острога Р. О., доцент, каф. ХІ*

Виробництво етилового спирту є важливою галуззю промисловості, що використовується в різноманітних секторах, включаючи фармацевтику, косметику, виробництво палива, харчову та хімічну промисловості. Етанол виробляється з різних вихідних матеріалів, таких як цукрові буряки, цукрова тростина, кукурудза, зерно, сировинний цукор, а також біомаса, така як деревина і стебла рослин.

У забезпеченні ефективного виробництва та зниження витрат енергії ключову роль відіграють саме теплообмінні процеси. Для оптимізації теплообмінних процесів у виробництві етанолу можуть використовуватися різноманітні технології, такі як контроль температури, використання ефективних теплообмінників, рециркуляція тепла та використання відновлювальних джерел енергії. Подібні заходи дозволяють знизити споживання енергії та зменшити викиди в атмосферу, що сприяє покращенню екологічної стійкості виробництва цільової продукції.

У горизонтальних конденсаторах рух рідини у трубному просторі відіграє критичну роль у забезпеченні ефективного теплообміну. Параметри теплообміну, такі як температурний градієнт, коефіцієнт теплообміну та гідравлічний опір, безпосередньо впливають на рух рідини. Підвищення температурного градієнту може збільшити швидкість конденсації парів, що зумовить активніший рух рідини у трубах.

Використання штучних турбулізаторів є ефективним способом підвищення турбулентності потоку в теплообмінних процесах, що може призвести до покращення ефективності теплообміну. Вони можуть бути встановлені внутрішньо або зовні теплообмінника, у залежності від конкретної конструкції теплообмінного обладнання. Турбулентний рух рідини сприяє кращому змішуванню та розподілу тепла, що може значно підвищити теплообмін між речовинами у теплообміннику.

Підвищення турбулентності потоку завдяки використанню турбулізаторів може призвести до наступних переваг:

1. Збільшення турбулентності сприяє кращому змішуванню та підвищує обмін теплом між теплоносієм і нагрівальною поверхнею, що підвищує ефективність теплообміну.
2. Хаотичний рух рідини допомагає уникнути утворення осаду та засмічення труб, що може виникати при ламінарному потоці.
3. Якщо теплообмінний процес залежить від інтенсивності (турбулентності) потоку, то підвищення цієї турбулентності може призвести до значного збільшення ефективності теплообміну, наприклад, у випадку к.к.д. (коефіцієнт корисної дії) теплообмінника.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИДІЛЕННЯ ДРІБНОЇ ФРАКЦІЇ З ПОЛІДИСПЕРСНОЇ СУМІШІ ГРАНУЛЬОВАНОГО СУПЕРФОСФАТУ

Острога Д. В., аспірант, гр. А-25/ХТ;

Острога Р. О., доцент, каф. ХІ

Техніка псевдозрідження є широко поширеною технологічною операцією у хімічній, нафтопереробній, паливно-енергетичній та інших галузях промисловості. У хімічній промисловості, завдяки активній гідродинаміці та високій інтенсивності тепло- та масобміну, апарати псевдозрідженого шару застосовуються для здійснення процесів сушіння, охолодження, термообробки та знепилення зернистих матеріалів.

В апаратах псевдозрідженого шару інтенсивність взаємодії фаз підвищується як за рахунок розвиненої поверхні контакту фаз, так і внаслідок підвищення відносної швидкості руху газодисперсного потоку. Гарантоване винесення дрібних частинок справедливо вважається одним із основних недоліків техніки псевдозрідження і повинно бути мінімальним при проведенні тепломасообмінних процесів. Тому при розрахунках та проектуванні апаратів псевдозрідженого шару важливим етапом є визначення величини винесення дрібних частинок із псевдозрідженого шару зернистого матеріалу.

За об'єкт дослідження було обрано процес пневматичної сепарації полідисперсної суміші гранульованого суперфосфату. Експериментальні дослідження процесу сепарації проводилися в апараті перетином 50×100 мм та висотою до 1 м спільно із сепараційним простором. Загалом лабораторна установка складалася з пневмокласифікатора із завантажувальним бункером, стрічковим живильником і розвантажувальним бункером. Відцентровий циклон використовувався для уловлювання дрібних зернистих фракцій. Вентилятор високого тиску забезпечував прокачування повітря через апарат та циклон. Витрата повітря регулювалася та вимірювалася каліброваним колектором з регулюючим клапаном. Стінки апарата з лицьового боку були прозорими для візуального спостереження. У робочому обсязі апарату, на рівні входу вихідного матеріалу, встановлювалися перфоровані газорозподільні решітки.

Результати експериментальних досліджень доводять, що при обробці гранульованих мінеральних добрив в апаратах псевдозрідженого шару (процеси сушіння, охолодження) досить ефективно здійснюється процес сепарації – виділення з полідисперсної суміші пилоподібних частинок розміром менше 0,5 мм. Оптимальний діапазон швидкості газового потоку перебуває у межах 1,5– 2,5 м/с. При більш високих швидкостях газового потоку (понад 3,0 м/с) ефективність процесу знепилення знижується та збільшуються енергетичні витрати на проходження через шар більшої кількості газу. При цьому починається винесення великих фракцій більше 1 мм. Це неприпустимо, оскільки велика фракція є товарним продуктом.

ГІДРОДИНАМІЧНІ УМОВИ СЕПАРАЦІЇ ТРЬОХФАЗНИХ СИСТЕМ У ВИХРОВИХ АПАРАТАХ

*Єсипчук С.С. аспірант групи А-35/ХТ; Скиданенко М.С. к.т.н., доцент,
Ляпоценко О.О. д.т.н., професор; кафедра хімічної інженерії; м.Суми*

До апаратів для розділення газорідинних сумішей з твердими включеннями відносяться гідроциклони та відцентрові сепаратори. Принцип роботи таких апаратів полягає в розділенні рідини та твердих часток під дією відцентрових сил з одночасною дегазацією системи. В більшості таких апаратів суспензія подається в апарат через тангенціальний штуцер для створення обертового руху в середині корпусу апарату. В утвореному полі відцентрових сил тверді частинки з більшою густиною переміщуються до внутрішньої поверхні оболонки корпусу, де під дією сили тяжіння рухаються по стінці до низу з подальшим виведенням з апарату. Легка рідинна фракція формується в центральній частині корпусу і відводиться з верхньої частини апарату. Недоліками таких апаратів є низька ефективність розділення та складність при розділенні систем з більше ніж двома фазами. Це спонукає використовувати додаткове обладнання для отримання певного рівня чистоти продукту. Пропонований спосіб і конструкція мають деякі особливості, які позитивно впливають на роботу такого апарату. В першу чергу змінною площею поперечного перерізу циліндро-конічного корпусу між з подвійними стінками утворюються жолоби для відведення фаз, що дає змогу проводити більш чітко процес розділення трьохфазних систем. Також можна зазначити, що газорідинна суміш подається з нижньої частини апарату після чого під дією відцентрових сил відбувається обертання направлене в верхню частину апарату. Так, в області воронки, яка утворюється завдяки вихровому руху потоку в циліндро-конічному корпусі апарату, а також на поверхні розділу фаз газ-рідина відбувається дегазація, а очищена газова суміш відводиться зверху корпусу апарату. Дослідження гідродинаміки, зокрема полів швидкостей та тисків, а також траєкторій руху суцільного середовища і дисперсних часток доводить наявність явно виражених трьох зон (підвищеного, середнього та пониженого тиску). Це явище й пропонується використати при розділенні трьохфазних потоків на потрібну кількість фракцій. Таким чином, конструкція трьохфазного вихрового сепаратора має унікальні особливості роботи, що за звичайних умов потребує багатоступеневого розділення в традиційних двофазних сепараторах. Теоретичні та експериментальні дослідження гідродинамічних процесів при сепарації дво- та трифазних систем дозволять встановити гідродинамічні умови та параметри для досягнення високого ступеня розділення і ефективної сепарації при роботі вихрового апарату.

*Робота виконана за підтримки МОН України (ДР № 0121U112684,
«Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку
«Технічні науки» Сумського державного університету»).*

ІОНІТИ ЯК КАТАЛІЗАТОРИ РЕАКЦІЇ МІЖ МОНОЕТАНОЛАМІНОМ І ОЦТОВОЮ КИСЛОТОЮ

*Ковалишин В.Р., аспірант кафедри технології органічних продуктів,
Мельник С.Р., професор кафедри технології органічних продуктів,
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів*

Алкоаноламіді карбонових кислот застосовують як проміжні продукти синтезу неіоногенних поверхнево-активних речовин, інших мийних засобів, компонентів мастильних матеріалів тощо [1–3]. З-поміж відомих способів їх одержання виділяють три основні, зокрема взаємодією між етаноламіном і кислотою, естером або хлорангідридом. Вказані перетворення реалізують як за участю каталізаторів, так і за їх відсутності. Застосування каталізаторів зокрема дає змогу суттєво підвищити швидкість реакції між моноетаноламіном і амілацетатом [4].

Виявлено, що іоніти – аніоніт АВ-17-8 і катіоніт КУ-2-8, виявляють каталітичні властивості в реакції між моноетаноламіном (МЕА) і оцтовою кислотою (ОК). Мольне співвідношення реагентів становило МЕА : ОК – 1 : 1,5, а вміст каталізатора-іоніту – 1,8 мас. %. Перебіг реакції контролювали кондуктометричним титруванням відібраних проб реакційної суміші 0,1 М розчином хлоридної кислоти з подальшим визначенням амінного числа, за яким розраховували конверсію етаноламіну.

Встановлено, що за відсутності каталізатора за температури 90 °С конверсія моноетаноламіну за дві години реакції становить 13,3%, тоді як в присутності аніоніту АВ-17-8 вона досягає 23,2 %, а за умови каталізу катіонітом КУ-2-8 – 26,9%.

Так як гетерогенні каталізатори мають перевагу в простоті їх виділення з реакційної суміші, то іоніти як в ОН- та і в Н-формі є досить перспективними каталізаторами реакцій між моноетаноламіном і карбоновими кислотами.

Список літератури

1. Dinesh K., Amjad A. (2015) Direct synthesis of fatty acid alkanolamides and fatty acid alkyl esters from high free fatty acid containing triglycerides as lubricity improvers using heterogeneous catalyst. *Fuel*, 159, 845-853.
2. Wang X., Wang T., Wang X. (2012) An Improved Method for Synthesis of N-stearoyl and N-palmitoylethanolamine. *The Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89, 1305-1313.
3. Mishra, S., Tyagi, V.K. (2007) Ester Quats: The Novel Class of Cationic Fabric Softeners. *The Journal of the American Oil Chemists' Society*, 56(6), 269-276.
4. Melnyk S., Danyliuk R., Melnyk Yu., Stadnytska N. (2022) Study of the pentyl acetate and ethanolamine catalytic and non-catalytic interaction. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 57(3), 439-450.

СУШІННЯ ЗАЛІЗНОГО КУПОРОСУ В СЕКЦІОНОВАНОМУ АПАРАТІ КИПЛЯЧОГО ШАРУ

Кірний В.Л., аспірант, Юхименко М.П., доцент, каф. ХІ, СумДУ, м. Суми

Найбільш популярним білим пігментом у світі є діоксид титану. Існує два промислові способи його виробництва – сульфатний та хлоридний. Обидві технології дають велику кількість хімічно небезпечних та токсичних відходів. Промислове виробництво пігментного діоксиду титану в Україні здійснюється сульфатним способом. Одним з основних та багатотоннажних твердих відходів сульфатного способу є залізо (II) сульфат гептагідрат (залізний купорос), утилізація якого є актуальною задачею.

Залізний купорос, як відхід, знаходить використання за багатьма напрямками. Науковцями НДІ мінеральних добрив і пігментів СумДУ проведено дослідження щодо використання залізного купоросу за багатьма напрямками: виробництво залізоокисних пігментів, коагулянтів, мінеральних добрив, активної добавки до цементу. На ПАТ «СУМИХІМПРОМ» розроблено спосіб одержання сульфату заліза для кормової промисловості шляхом дегідратації до утворення моногідрату сульфату заліза. Низька температура плавлення сульфату заліза та висока енергоємність процесу видалення кристалізаційної води вимагає розробки відповідного температурного режиму сушіння. Науковцями Національного університету «Львівська політехніка» запропоновано фільтраційний метод сушіння, за яким визначено температуру теплового агента, досліджено вплив швидкості руху теплового агента та швидкості нагрівання на інтенсивність протікання процесу дегідратації, обґрунтовано стадії протікання процесу.

Одним зі способів інтенсифікації процесів тепло- та масообміну є сушіння в апаратах зваженого шару. Теоретично найбільш повно досліджено процес сушіння твердих каплярно-пористих матеріалів, аналітична теорія перенесення теплоти та маси для яких на даний час значною мірою розроблена. Опис процесу сушіння кристалогідратів полідисперсного складу в апаратах зваженого шару представлено менше. Сушіння в багатосекційному апараті, в кожній секції якого можуть створюватись різні гідродинамічні та температурні режими, дозволить отримати кінцевий продукт з високими фізико-хімічними показниками.

Тому дослідження кінетики та теплообміну процесу сушіння залізного купоросу в багатосекційному апараті киплячого шару визначаємо актуальним завданням.

МЕХАНІЧНА АКТИВАЦІЯ ФОСФОРИТНИХ РУД В УДАРНИХ АКТИВАТОРАХ

*Москальчук О.М. студент групи ХМ.м.-31, Болтушенко В. Ю., Геута Д. О.
студенти групи МБ-11/2кі, Скиданенко М.С. к.т.н., доцент;
кафедра хімічної інженерії; м.Суми*

Для відновлення і підвищення врожайності сільськогосподарських угідь необхідне застосування фосфоритних добрив, як меліоративного засобу, особливо на кислих і збіднених фосфором ґрунтах. Фосфоритне борошно є найдешевшим, але порівняно малоефективним добривом, тому що P_2O_5 міститься в ньому у формі, що важко засвоюється рослинами. Для використання як добрива фосфорне борошно переводять у розчинні сполуки за допомогою термічного збагачення або взаємодії з мінеральними кислотами. У зв'язку з цим пошуком нових способів переробки фосфорної сировини в добриво, що буде більш дешевшим та ефективним є актуальним.

Основною метою роботи є експериментальне дослідження нестационарного процесу накопичення та релаксації енергії в дисперсних матеріалах при багаторазовому послідовному ударному навантаженні у високошвидкісних активаторах ударної дії. Управління кінетикою процесу механічної обробки дозволить отримувати добрива з потрібними фізико-хімічними властивостями. Для цього необхідно:

- ✓ дослідити вплив числа, швидкості та тривалості кожного ударного навантаження подрібнювача-активатора на активацію розчинності P_2O_5 фосфоритного борошна, що оброблювалося;

- ✓ отримати методику прогнозування зміни фізико-хімічних властивостей фосфоритного борошна при механохімічній активації в активуючих машинах в залежності від характеру та інтенсивності навантаження;

- ✓ відпрацювати механічний процес активації на лабораторному устаткуванні.

Дослідження впливу числа та швидкості ударного навантаження на зміну фізико-хімічних властивостей фосфоритного борошна будуть проводитися на подрібнювачі-активаторі ударної дії.

Для визначення процентного складу фосфору в фосфоритах, що досліджується, буде використовуватися диференційний фотоколориметричний метод. Активність фосфоритів буде визначатися за теплою розчинення фосфоритів та для вимірювання буде використовуваний калориметр з ізотермічною оболонкою.

Робота направлена на дослідження інтенсивного механічного впливу на фосфати в апаратах високої енергонапруженості, що дасть можливість збільшити їх реакційну здатність. Фосфати набудуть кращої розчинності, залежної від інтенсивності механічного впливу, і стають добривами, які значно краще засвоюються рослинами.

ЗАКОНОМІРНОСТІ ОБРОБКИ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ ВІДБІЛЬНОЇ ГЛИНИ РАФІНУВАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ВОДНО- СПИРТОВИМИ РОЗЧИНАМИ

*Роговий Ю.О., аспірант кафедри технології органічних продуктів,
Мельник С.Р., професор кафедри технології органічних продуктів,
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів*

Утилізація і регенерація відбільної глини є однією з важливих екологічних і економічних проблем сьогодення, для вирішення якої пропонують різні способи [1, 2].

Досліджено закономірності обробки водними розчинами лугу, кислот і спиртовмісними розчинами відпрацьованої відбільної глини, яку використовують для рафінування/відбілювання соняшникової олії.

Обробку глини здійснювали в круглодонній колбі зі зворотним холодильником за умови кипіння розчину екстрагенту, зокрема дистильованої води, водних розчинів гідроксиду натрію різної концентрації, 10%-ї сульфатної (СК) та 9%-ї оцтової кислоти (ОК), естери-альдегідної фракції (ЕАФ) спиртового виробництва, етилового спирту ректифікованого (ЕСР) міцністю 96,5 об. % і зневодненого (ЕЗ) прожареним сульфатом магнію до вмісту етанолу 98 об. %. Масове співвідношення відбільна глина : розчин становило 1 : 4, а тривалість обробки – 30 і 60 хв, відповідно.

Вміст сирого жиру (адсорбату) у відбільній глині до і після обробки визначали в апараті Сокслета екстрагуванням жирів, вільних жирних кислот, тощо діетиловим етером. Вміст вільних жирних кислот визначали кондуктометричним титруванням 0,1 М розчином лугу. Вміст мила визначали послідовним титруванням наважки екстракту розчином лугу в присутності фенолфталеїну і метилового червоного.

Встановлено, що обробка відпрацьованої відбільної глини розчином гідроксиду натрію в межах концентрації лугу 15-18,4 г/л забезпечує ступінь вилучення адсорбованих речовин 52,2-57,3% (табл. 1). Під час обробки частина вільних жирних кислот (не більше 59%), адсорбованих глиною, взаємодіє з лугом з утворенням мила. Застосування води та водних розчинів кислот є менш ефективним для регенерації відбільної глини: забезпечує нижчий ступінь вилучення порівняно із обробкою лужним розчином та потребує складнішої технології для розділення фаз вода:олія. Обробка киплячою водою протягом 30 хв забезпечує ступінь вилучення з глини 44,1% адсорбованих речовин, а 10%-м розчином сульфатної кислоти – 41,2%. Найгірші показники процесу екстрагування адсорбату спостерігаються для використання 9%-го розчину оцтової кислоти: ступінь вилучення становить всього 0,6%.

Під час обробки відпрацьованої відбільної глини спиртовмісними розчинами максимальний ступінь вилучення адсорбату 54,0–55,4%

досягається вже за 30 хв обробки (табл. 2). Збільшення її тривалості до 60 хв дає змогу вилучити додатково від 0,8 до 2,8% адсорбованих речовин.

Таблиця 1 – Показники процесу обробки відбільної глини водою і водними розчинами лугу, сульфатної та оцтової кислот

Розчинник	H ₂ O	NaOH					СК	ОК
		15	16	17	18	18,4		
Концентрація, г/л	-	15	16	17	18	18,4	-	-
Тривалість обробки, хв	30	30	30	30	30	30	60	60
Вміст адсорбату у відбільній глині до обробки, %	34,7	35,5	35,5	35,5	35,5	34,7	34,7	34,7
Вміст адсорбату у відбільній глині після обробки, %	19,4	16,9	15,2	17,0	16,5	15,9	20,4	34,5
Ступінь вилучення адсорбату з відбільної глини, %	44,1	52,4	57,3	52,2	53,5	54,1	41,2	0,6

Таблиця 2 – Показники процесу обробки відбільної глини спиртовмісними розчинами

Розчинник	ЕАФ		ЕСР		ЕСЗ	
	30	60	30	60	30	60
Тривалість обробки, хв	30	60	30	60	30	60
Вміст адсорбату у відбільній глині до обробки, %	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7
Вміст адсорбату у відбільній глині після обробки, %	15,5	15,2	16,0	15,0	15,8	15,5
Ступінь вилучення адсорбату з відбільної глини, %	55,4	56,2	54,0	56,8	54,5	55,3

Загалом, обробка відпрацьованої відбільної глини естеро-альдегідною фракцією, спиртом-ректифікатом міцністю 96,5 і 98 об. % за умови кипіння розчину забезпечує практично однаковий ступінь екстрагування адсорбованих речовин 55,3–56,8%.

Порівняння використаних екстрагентів показує їх практично однакову ефективність, за винятком води та розчинів кислот.

Список літератури

1. Загородній Я. О., Туз В. О., Собченко Г. О., Костоґриз К. П. (2012) Методи утилізації відбільних глин. Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал. №1(30). 97–102.
2. Фіалковська Л.В., Пазюк В. М. (2018) Використання відходів рафінації олії. Техніка, енергетика, транспорт АПК. №1, 50–54.

МОДИФІКУВАННЯ ПРИРОДНОГО КЛИНОПТИЛОЛІТУ ЯК СОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ СПОЛУКАМИ ЗАЛІЗА

*Матвій Т.І., аспірант кафедри хімії і технології неорганічних речовин
НУ «Львівська політехніка», м. Львів*

*Знак З.О., завідувач кафедри хімії і технології неорганічних речовин
НУ «Львівська політехніка», м. Львів*

Сорбенти на основі природних мінералів, зокрема, клиноптилоліту Сокирицького родовища широко застосовують у технологіях підготовки природної води. Однак суттєве погіршення стану природних водойм у східних і південних регіонах України, спричинене агресією росії зумовило необхідність застосування більш ефективних сорбентів, зокрема, із додатковими каталітичними властивостями. Цього можна досягнути модифікуванням клиноптилоліту сполуками заліза, зокрема, заліза(III) оксидом, якому притаманні окисно-каталітичні властивості.

Попередніми дослідженням встановлено, що модифікування клиноптилоліту 0,1 М розчинами FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ або FeSO_4 за температури 20 °С з подальшим його промиванням та термічним обробленням за температур 500...700 °С дає змогу отримати сорбент з іммобілізованими частинками заліза(III) оксиду. Методом енергодисперсійного (EDX) аналізу встановлено, що найбільший вміст заліза(III) оксиду ($3,2 \pm 0,1$ % мас.) досягається у разі використання розчину FeCl_3 . Це можна пояснити дією хлоридної кислоти, що утворюється внаслідок гідролізу FeCl_3 , яка спричиняє попереднє хімічне модифікування, а саме, декатіонування клиноптилоліту. Утворена Н-форма клиноптилоліту інтенсивніше бере участь у процесі іонного обміну, внаслідок чого вміст іонів заліза у клиноптилоліті збільшується. Найменш придатним як модифікуючий агент виявився заліза(II) сульфат, що зумовлене частковим утворенням малорозчинного заліза(II) гідроксиду, який чинить опір дифузії іонів заліза(II) у внутрішні області частинок клиноптилоліту.

Збільшення температури модифікування в інтервалі 20...60 °С приводить до незначного збільшення вмісту заліза(III) оксиду, що свідчить про дифузійну область перебігу цього процесу.

Використання замість нативної форми клиноптилоліту попередньо термічно активованого за температури 100 ± 5 °С мінералу дає змогу досягнути збільшення вмісту заліза, що визначено методом EDX, приблизно на 30 %.

Зменшення швидкості нагрівання зразків клиноптилоліту, попередньо модифікованого розчином FeCl_3 , під час термічного їх оброблення сприяє утворенню частинок Fe_2O_3 більшого розміру. Завдяки цьому практично усувається блокування каналів клиноптилоліту і він, в основному, зберігає високу сорбційну здатність щодо формальдегіду як тестового адсорбата.

ОТРИМАННЯ СОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ НА ОСНОВІ КЛИНОПТИЛОЛІТУ, МОДИФІКОВАНОГО МІДІ ОКСИДАМИ

Мацьків М.Я., аспірант кафедри хімії і технології неорганічних речовин НУ «Львівська політехніка», м. Львів; Знак З.О., завідувач кафедри хімії і технології неорганічних речовин НУ «Львівська політехніка», м. Львів

Надання природним сорбентам додаткових функціональних властивостей дає змогу суттєво розширити сферу їх застосування у технологіях водопідготовки. Зокрема, модифікування клиноптилоліту сполуками, яким притаманна окисно-каталітична дія, забезпечує разом із збереженням високої сорбційної здатності щодо іонів важких металів, низки органічних сполук тощо очищення природної води від сполук з відновними властивостями (іони Fe^{2+} , Cu^{2+} , сірководень тощо). Одночасно клиноптилоліт володіє високою сорбційною здатністю щодо нафтопродуктів, що забруднюють воду. Тому отримання таких сорбентів дасть змогу реалізувати комплексну технологію очищення води з природніх поверхневих водойм, особливо у районах, що постраждали від воєнних дій, спричинених агресією росії.

Серед сполук, які можуть відігравати роль каталізаторів окиснення вказаних та інших речовин, варто відмітити оксиди міді – CuO і Cu_2O , яким притаманна каталітично-окисна дія. Окрім того, їх можна використовувати у процесі Фентона як одного з найперспективніших методів очищення вод від значного числа поллютантів, у тому числі антибіотиків.

Модифікування природного клиноптилоліту здійснювали у розчинах міді(II) сульфату в режимі постійного перемішування для зменшення зовнішньо-дифузійного опору у системі. Встановлено, що під дією акустичних коливань ультразвукового діапазону сорбційна ємність клиноптилоліту зростає на 35...40 %. Це зумовлено низкою ефектів, спричинених УЗ-випромінюванням, а саме: 1) пришвидшенням дифузійних явищ, передусім у порах та каналах клиноптилоліту; 2) десорбцією газів, які частково блокують мезо- та мікропори цеоліту, і, як наслідок, повніше насичення частинок сорбенту розчином міді сульфату; 3) «очищення» поверхні частинок клиноптилоліту від глинистих матеріалів, які завжди містяться у природньому цеоліті.

Методом енергодисперсійного аналізу встановлено, що насичення клиноптилоліту іонами міді як прекурсора утворення міді оксидів відбувається внаслідок як іонного обміну (за рахунок обмінних іонів Na^+ , K^+ , Mg^{2+} і Ca^{2+} у складі клиноптилоліту), так і сорбції розчину міді сульфату – при цьому спостерігається явище надеквівалентного іонного обміну. Утворення частинок CuO на клиноптилоліті досягається його термічним обробленням за температури понад 650 °С.

PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF EPOXY COMPOSITES FILLED WITH METALLIZED POLYAMIDE GRANULES

Kucherenko A.M., Junior Research Fellow; Masyuk A.S., Senior Research Fellow; Pokhmurska A.V., engineer I category, Department of Chemical Technology of Plastics Processing, Lviv Polytechnic National University, Lviv

For the creation of composite materials, epoxy resin, as a polymer matrix, has become widely used due to its high characteristics. High adhesion, chemical resistance and relatively low cost of composites based on epoxy resin allow the use of such composites in the automotive, aerospace, construction and other industries. Epoxy resin can be filled with both synthetic and natural fillers in the form of powders, fibers, fabrics, etc., which makes it possible to obtain composites with high operational and technological properties.

As mentioned above, composites made of epoxy resin have found their application in the aerospace industry. However, the use of such composite materials in this industry requires that the composites be as light as possible. Therefore, the development of fillers that allow maintaining the high characteristics of composites based on epoxy resins, but reducing the mass, is a promising and important task of modern science. We proposed to introduce copper granules of polyamide into the epoxy resin as a filler. Obtaining of polyamide copper granules was carried out according to the developed method, as a result of which a metal layer is obtained on the surface of polymer granules [1]. To study the physical and mechanical properties of composites, 3D printing technology was used, which made it possible to obtain molds for pouring filled resin.



Figure 1 – Sample prepared for tensile strength studies

It was established that the filling of epoxy resin with metallized polyamide granules practically does not affect the change in the tensile strength of the material, while the density of the composites is lower compared to the epoxy matrix. Thus, the introduction of copper polyamide into the epoxy matrix allows you to obtain a composite material in which the presence of copper (in the form of a shell on granules) will provide a number of specific properties possessed by metal-filled composites.

List of references

1. Kucherenko A.N., Mankevych S.O., Kuznetsova M.Ya., Moravskiy V.S. (2020). Peculiarities of metalization of pulled polyethylene. Chemistry, technology and application of substances, 3:2, 140-145.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВІДЦЕНТРОВОГО ФОРМУВАННЯ ПЛІВОК НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛПРОЛІДОНВМІСНИХ ГІДРОГЕЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ З КОМБІНОВАНОЮ МАТРИЦЕЮ

Гриценко Т.О., аспірант; Пелиньо С.М., студентка гр. ХТМ-21, Левицький В.Є., професор, кафедра хімічної технології переробки пластмас, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

На цей час існує чималий обсяг теоретичних і практичних досліджень, які присвячені гідрогелям на основі просторовозшитих прищеплених кополімерів (мет)акрилатів і полівінілпіролідону (ПВП). Завдяки своїм унікальним властивостям такі матеріали знаходять широке застосування в медичній практиці. Однак, гідрогелі на основі прищеплених кополімерів ПВП не завжди володіють необхідними деформаційно-міцнісним, сорбційними та дифузійними властивостями. Тому, перспективним вбачається додаткове модифікування ПВП-вмісних гідрогелів іншими водорозчинними полімерами, які би забезпечили покращення необхідних експлуатаційних характеристик. З цією метою здійснені дослідження в напрямку модифікування кополімерів 2-гідроксіетилметакрилату (ГЕМА) з ПВП (пГЕМА-пр-ПВП) полівініловим спиртом, поліакриловою кислотою, поліетиленгліколем та їх сумішами. Комбінуванням типу та вмісту полімеру-модифікатора було одержано гідрогелеві матеріали з широким діапазоном міцнісних та сорбційно-дифузійних властивостей.

Метою роботи було встановити можливість та розробити технологію одержання гідрогелевих плівок на основі кополімерів пГЕМА-пр-ПВП з комбінованою полімерною матрицею методом відцентрового формування. Для досягнення встановленої мети спроектована та виготовлена установка і оснащення для відцентрового формування, розраховано та обґрунтовано основні технологічні параметри переробки мономер-полімерних композицій у плівки та розроблена технологічна схема процесу їх формування. Полімеризацію ГЕМА з комбінованою полімерною матрицею здійснювали у присутності сульфату феруму (II), що дало можливість отримувати плівки з високою швидкістю за кімнатної температури, в присутності кисню повітря, без додаткового вакуумування. З метою суміщення стадій синтезу кополімеру і подальшого його набрякання, кополімеризацію здійснювали у воді. Залежно від складу вихідної композиції та вмісту розчинника тривалість формування становить від 10 до 60 хв.

За допомогою методу відцентрового формування, в роботі були одержані гідрогелеві плівки, які відзначаються підвищеною якістю та рівнотовщиністю. Крім того, запропонований метод дає можливість одержувати плівкові матеріали з різною, наперед заданою товщиною, багат шарових, армуваних та наповнених наповнювачами різної природи.

СОНОХІМІЧНЕ МОДИФІКУВАННЯ КЛИНОПТИЛОЛІТУ НАНОЧАСТИНКАМИ МІДІ (I) ОКСИДУ

*Сухацький Ю.В., доцент каф. хімії і технології неорганічних речовин,
Мних Р.В., доцент каф. хімії і технології неорганічних речовин,
Знак З.О., завідувач каф. хімії і технології неорганічних речовин,
Мацьків М.Я., аспірант каф. хімії і технології неорганічних речовин,
Цимбалюк В.В., аспірант каф. хімії і технології неорганічних речовин,
Національний університет “Львівська політехніка”, Львів*

Природні алюмосилікати, модифіковані оксидами міді (CuO , Cu_2O), виявляють сорбційні, каталітичні й антибактеріальні властивості [1]. Отримання продукту “наночастинки Cu_2O /клинотилоліт” (рисунок). здійснювали у дві стадії: 1) йонний обмін катіонів у каркасі клинотилоліту на йони Cu^{2+} ; 2) відновлення йонів Cu^{2+} гідразином у лужному середовищі. Особливістю першої стадії було додавання по краплях водного розчину прекурсора (мідного купоросу) до суспензії клинотилоліту (дисперсійне середовище – дистильована вода) за накладання на цю гетерогенну систему дії акустичних коливань ультразвукового (УЗ) діапазону (частота УЗ – 20 кГц; питома потужність УЗ-оброблення середовища – 200 Вт/дм³). Перед додаванням у суспензію відновника (гідразину) корегували рН до ~7,5 водним розчином аміаку. На основі результатів, отриманих методом рентгенівської дифракції, встановлено, що зі збільшенням розміру фракції клинотилоліту від 0,063...0,1 мм до 1,0...1,5 мм середній розмір кристаліту Cu_2O , розрахований за рівнянням Дебая-Шеррера, зменшувався від 18 до 13 нм. Це було зумовлено меншою питомою поверхнею фракції клинотилоліту із розміром частинок 1,0...1,5 мм і, відповідно, більшою концентрацією енергії ультразвукової кавітації на поверхні зерен клинотилоліту, тобто інтенсивність диспергувальної дії ультразвуку була більшою.

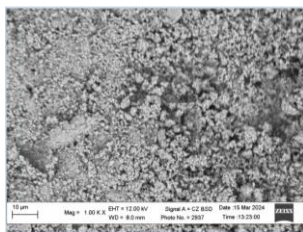


Рисунок – СЕМ-зображення продукту сонохімічного синтезу –
“наночастинки Cu_2O /клинотилоліт”

Список літератури

1. B.D. Du, D.V. Phu, L.A. Quoc, N.Q. Hien. Synthesis and investigation of antimicrobial activity of Cu_2O nanoparticles/zeolite // *Journal of Nanoparticles*. – 2017. – Vol. 217. – Article ID 7056864.

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ НАУКИ»

СИНТЕЗ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ГІДРОКСИАПАТИТУ З ДОДАВАННЯМ ЕКСТРАКТУ КАЛЕНДУЛИ

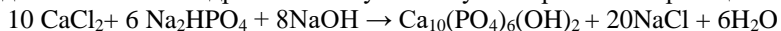
*Зінчук А.Д., студент групи І-22/Іпх, факультет ТеСЕТ, СумДУ, Суми;
Яновська Г.О., к.х.н., доц.каф.ТІХ, ТеСЕТ, СумДУ, Суми*

Поєднання рослинних екстрактів і біоматеріалів є корисним, оскільки біоматеріали полегшують поставку та вивільнення рослинних екстрактів, а рослинні екстракти додають терапевтичні функції біоматеріалам. Застосування спиртового екстракту календули *Calendula Officinalis* (Marigold), що містить амінокислоти, жирні кислоти, гідроксикумарин, флавоноїди та хінони, зменшує запалення, ангіогенезис та має оздоровчий ефект [1]. Екстракт квітів календули може проявляти себе як відновлюючий і стабілізуючий агент при синтезі наночастинок срібла AgNPs, проявляє антибактеріальну дію, до того має більшу кількість активних груп в порівнянні з водним екстрактом, а отримані наночастинок срібла є стійкими протягом тривалого часу. Поєднання екстракту календули з аскорбіновою кислотою підсилює стійкість матеріалу до дії вільних радикалів та його антиоксидантні властивості [2].

В роботі [3] синтез наночастинок золота AuNPs також проводили в присутності екстракту квітів календули, що використовується як природний стабілізатор та відновник, що має протипухлинну, протизапальну та антипіретичну дію. Отримані наночастинок Au мають розмір 20–25 нм і є терапевтичними агентами при лікуванні діабету, оскільки є носіями лікарських засобів. Такі наночастинок можуть бути використані і при лікуванні раку. Використання екстракту квітів календули як зеленого відновника йонів Au^{3+} до Au^0 призводить до зміни забарвлення від світло жовтого до темно-фіолетового [3].

Гідрогелі на основі біополімерів: хітозану, альгінату та полівінілового спирту з різними ваговими співвідношеннями Ag_2O/SiO_2 та додаванням екстракту квітів календули були синтезовані в роботі [4]. Вимірювали вихід екстракту календули в фосфатний буфер та набухання композитів в ньому. Показано, що екстракт календули стимулює ріст тканин, збільшує циркуляцію крові, збільшує виробництво колагену, оздоровлює пошкоджену шкіру, до того ж стабілізує наночастинок Ag_2O/SiO_2 [4].

У роботі додавання екстрактів календули до синтезованого стехіометричного гідроксиапатиту проводилось двома способами. Спочатку було здійснено синтез гідроксиапатиту за наступним рівнянням реакції:



Потім свіжоприготований апарат промивали дистильованою водою.

Спосіб 1. Свіжоприготований промитий апарат заливали водним екстрактом календули і залишали для відстоювання на 24 години, потім зливали рідину декантацією і висушували (Рис. 1).

Спосіб 2. Промитий апатит висушували і занурювали в спиртовий розчин квітів календули на 24 години і висушували (Рис. 1). Далі досліджували фізико-хімічні властивості отриманого композитного матеріалу.

Синтез гідроксиапатиту з додаванням екстракту календули

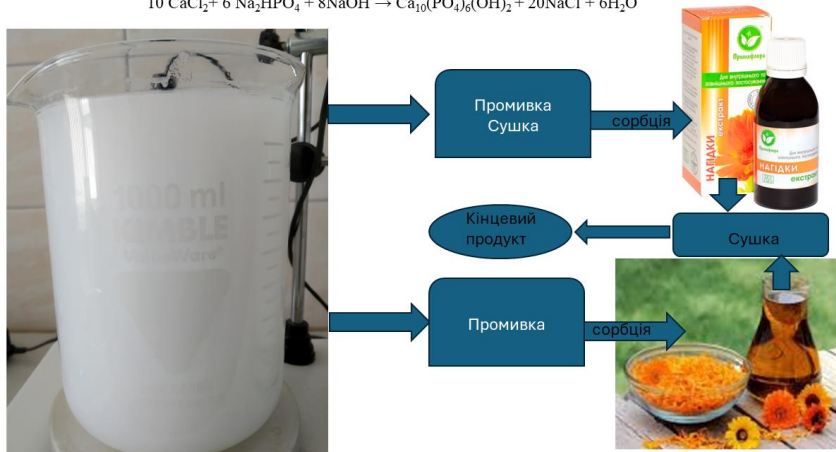
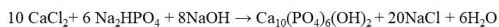


Рисунок 1 – Схема експерименту додавання екстрактів календули до синтезованого гідроксиапатиту

Список літератури

1. P. Momeni et al. The engineering, drug release, and in vitro evaluations of the PLLA/HPC/Calendula Officinalis electrospun nanofibers optimized by Response Surface Methodology, *Heliyon* (2024), Vol. 10(1): e23218. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23218>.
2. Z. Zhangabay, D. Berillo Antimicrobial and antioxidant activity of AgNPs stabilized with Calendula officinalis flower extract, *Results in Surfaces and Interfaces* (2023), Vol. 11: 100109. <https://doi.org/10.1016/j.rsurfi.2023.100109>.
3. W. Hao, Y. Jia, C. Wang, X. Wang Preparation, chemical characterization and determination of the antioxidant, cytotoxicity and therapeutic effects of gold nanoparticles green-synthesized by Calendula officinalis flower extract in diabetes-induced cardiac dysfunction in rat, *Inorganic Chemistry Communications* (2022), Vol. 144:109931. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.109931>.
4. A. H. Ghasemi, A. Farazin et al. Fabrication and characterization of biopolymers with antibacterial nanoparticles and Calendula officinalis flower extract as an active ingredient for modern hydrogel wound dressings, *Materials Today Communications* (2022), Vol. 31: 103513.

ФОРМУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МЕМБРАН МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОСПІНІНГУ

*Радченко О.І., студентка СумДУ, гр. ПХ-01;
Яновська Г.О., к.х.н., доцент кафедри ТПХ, Суми*

Технологія електроспінінгу, як простий і недорогий метод отримання мікро- та нанополімерних волокон, набуває все більшої популярності. Волокна, сформовані цим методом, знайшли своє застосування у виготовленні захисного одягу, косметичці, електротехніці, адсорбції йонів металів, відновлюваній енергетиці (у якості паливних, сонячних елементів), а також у біомедичній галузі [1].

Нановолокна, отримані шляхом електроспінінгу, мають високу пластичність, гнучку структуру та значне співвідношення площі поверхні до об'єму, що може посилити клітинну адгезію, проліферацію та диференціацію.

Варіювання полімерного складу при електроспінінгу дозволяє модифікувати поверхню матеріалів для контролю адсорбції білка, регулювання гідрофільності поверхні та функціональних властивостей мембран [2]. Переплітаючи волокна, можна створити мембрани які молекулярно однорідними, або хімічно/фізично неоднорідними, наприклад мати шарувату структуру [3].

Електроспінінг — це проста та універсальна техніка, яка використовує електростатичні сили для виробництва дуже тонких полімерних волокон розміром від субмікронних до нанометрових. Цей метод може бути застосований для створення волокон з різних типів полімерів — синтетичних, натуральних, біодеградуваних, та тих, що не підлягають деградації або їх сумішей. Хоча існують інші традиційні методи виготовлення полімерного волокна, такі як розділення фаз, самозбірка та витягування, електроспінінг є більш перспективним, оскільки він є відносно простим, економічно ефективним методом, що використовує електрогідродинамічний процес, у якому висока напруга прикладається до розчину полімеру на кінчику металевій голки, внаслідок чого крапля рідини електризується для створення струменя з подальшим подовженням і витягуванням в кінчну форму, відому як «конус Тейлора» для отримання волокон [4]. Подовження починається, коли електростатичне відштовхування долає поверхневий натяг. Після цього струмінь зарядженої рідини спрямовується до металевого колектора. У процесі формування, тверді волокна утворюються, коли розчин охолоджуватиметься або розчинник випаровуватиметься. В результаті колектор покривається шаром волокон [5].

Основна установка для електроспінінгу складається в основному з трьох частин: (1) джерело живлення високої напруги, (2) спінеретки (металевої голки) і (3) заземленого колектора, що зображені на рисунку 1.

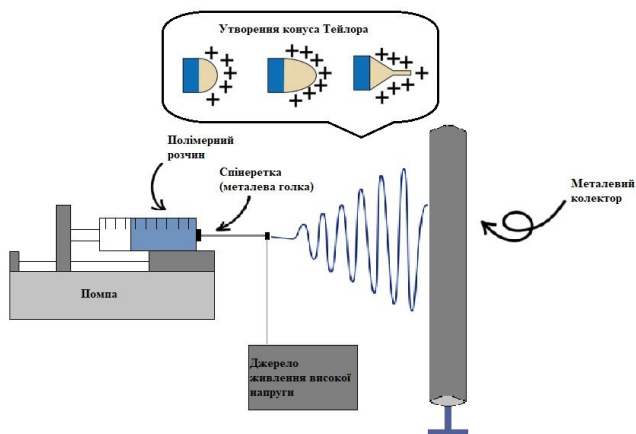


Рисунок 1 – Схематичне зображення установки електроспіннінгу

Варіюючи природу полімерів, їх концентрацію, в'язкість, провідність, поверхневий натяг, розчинники для обраного полімеру та робочі параметри, що включають в себе прикладену напругу, відстань до колектору, швидкість подачі полімеру, вологість і температуру можна впливати на діаметр і морфологію волокон [6]. В роботі досліджено вплив полімерного складу, концентрації, розчинників та параметрів електроспіннінгу на характеристики мембран на основі хітозану та полімолочної кислоти. Подальші дослідження будуть спрямовані на підвищення гідрофільності отриманих мембран для подальшого застосування в стоматології.

Список літератури

1. Islam M. S. Et al. A review on fabrication of nanofibers via electrospinning and their applications. Discover applied sciences. 2019. Vol. 1. 1248. URL: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1288-4>.
2. Electrospun nanofibrous membrane for biomedical application / B. Yan et al. Discover applied sciences. 2022. Vol. 4. 172. URL: <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05056-2>.
3. Baker R. W. Membrane technology and applications. 2004. 537 p. URL: <https://doi.org/10.1002/0470020393>.
4. A review of the effect of processing variables on the fabrication of electrospun nanofibers for drug delivery applications / C. Dott et al. Journal of nanomaterials. 2013. Vol. 2013. URL: <https://doi.org/10.1155/2013/789289>.
5. Sharma G. K., James N. R. Electrospinning: the technique and applications. Recent developments in nanofibers research. 2022. URL: <https://doi.org/10.5772/intechopen.105804>.
6. Karakaş H. Electrospinning of nanofibers and their applications. Istanbul Technical University. Istanbul. 35 p.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ДОБАВОК НА АНТИКОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ

Ярова Т. Ю., студентка гр.ПХ.м-31, СумДУ; Хмизенко Р. В., начальник відділу науково-дослідницького, компанія ТОВ «ВП «ПОЛІСАН», м. Суми; Яновська Г. О., кандидат хімічних наук, доцент СумДУ

Антикорозійні покриття дозволяють забезпечити довговічний і надійний антикорозійний захист будівельних металоконструкцій, трубопроводів, деталей машин і механізмів, залізничного транспорту і сільськогосподарської техніки та інших металовиробів, які використовуються у повсякденному житті.

Антикорозійні покриття створюють захисний бар'єр між металом та зовнішнім середовищем. Щоб забезпечити належний захист від корозії, лакофарбові покриття повинні бути рівномірними, добре зчепленими з основою, без пор і стійкими до можливих фізичних пошкоджень.

Фарби можуть пригнічувати корозію шляхом пасивації металевої поверхні, як спеціальними пігментами-наповнювачами (металевими або основними) або полімерними функціональними добавками. Загалом плівки фарби захищають завдяки своїй високій електролітичній стійкості; вони легко набувають заряду, отже, вони відносно непроникні для іонів.

Метою даної наукової роботи є вивчення впливу функціональних добавок на антикорозійні властивості покриттів для захисту різних металів/сплавів, а також визначення економічно ефективних, високоефективних інгібіторів корозії, які можуть сприяти збереженню активів обладнання. Основна увага приділяється металевій корозії, спричиненій або посиленій хлоридами за температури та тиску навколишнього середовища та майже нейтрального рН (6-7) [1].

Розробка цих покриттів зосереджена на розширеній функціональності, включаючи захист від корозії та адгезію, екологічно чисті матеріали, виявлення корозії та механічних пошкоджень, покращену зносостійкість та водонепроникність [2].

Щоб передбачити придатність лакофарбових матеріалів для використання як захисного покриття було проведено випробування сольовим туманом — це прискорене випробування на корозію, яке викликає корозійний вплив на зразки з покриттям.

Випробування сольовим туманом проводяться в закритій випробувальній камері. Розчин NaCl розпилюється на зразок через спеціальну насадку. Цей щільний сольовий туман використовується для імітації агресивного корозійного середовища. Через деякий час оцінюють появу продуктів корозії (оксидів) або адгезію покриття. Чим стійкіший продукт, тим більше часу потрібно для появи продуктів корозії - оксидів. Періоди тестування можуть тривати від 120 до 1440 годин (ДСТУ ISO 12944-6).

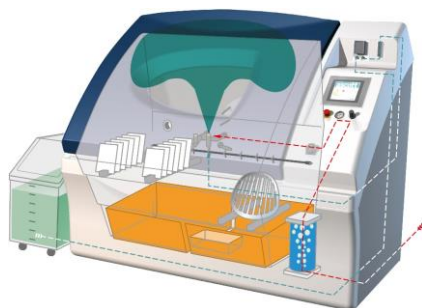


Рисунок 1 – Схема роботи камери соляного туману

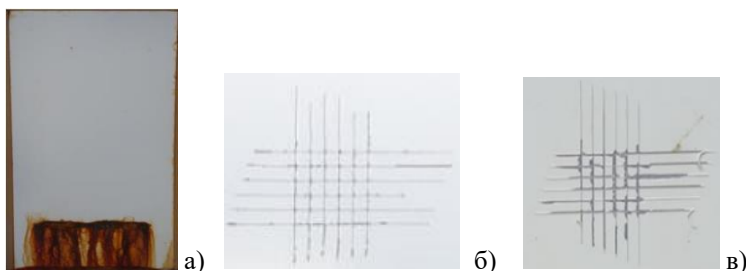


Рисунок 2: а - випробування на соляний туман ISO-9227 (480 годин); б - тест на адгезію ISO-2409 (перед випробуванням); в - тест на адгезію ISO-2409 (після випробування соляним спреєм)

Дослідження показали, що збитки від дії корозії щорічно складають близько 3-5% ВВП. Прийнято вважати, що корозія впливає на широкий спектр галузей промисловості та застосувань, від інфраструктури та транспорту до виробництва енергії та електроніки. Корозія може призвести до деградації матеріалу, структурного пошкодження та відмови, що має значні економічні наслідки та наслідки для безпеки. Таким чином, запобігання, пом'якшення та контроль корозії мають вирішальне значення для забезпечення надійності, безпеки та стійкості різних систем і процесів.

Список літератури:

1. Yuanyuan Qian, Yongxin Li, Scott Jungwirth, Nicholas Seely, Yida Fang, Xianming Shi. The Application of Anti-Corrosion Coating for Preserving the Value of Equipment Asset in Chloride-Laden Environments: A Review. International Journal of Electrochemical Science 10(12) (2015): 10756-10780. DOI:10.1016/S1452-3981(23)11298-3
2. S.R. Taylor, G.J. Shiflet, J.R. Scully, R.G. Buchheit, W.J. VanOoij, K. Sieradzki, R.E. Diaz, C.J. Brinker, A.L. Moran, Corrosion Reviews, 25 (2007) 491.

МЕТОДИ ЧАСТКОВОЇ ЗАМІНИ ТИТАН (IV) ОКСИДУ В ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛАХ

Панченко Р. А., студент групи ПХ-01, СумДУ, м. Суми

Використання лакофарбових матеріалів в сучасному житті є необхідністю, оскільки вони забезпечують захист та естетичний вигляд різноманітних поверхонь. Проте, виробництво та використання таких матеріалів може мати негативний вплив на навколишнє середовище. Тому дослідники активно працюють над знаходженням екологічно безпечних альтернативних компонентів. Один із напрямів вирішення цієї проблеми – це методи часткової заміни титан (IV) оксиду у складі лакофарбових матеріалів.

Перш за все, варто зазначити, що титан (IV) оксид, хоч і довгий час був одним із основних компонентів у виробництві лакофарбових матеріалів, проте має свої недоліки. Серед них – висока вартість та негативний вплив на навколишнє середовище. При виробництві пігментного діоксиду титану споживається значна кількість енергії, що в свою чергу викликає велику кількість викидів парникових газів в атмосферу.

Один із методів розв'язання цих проблем – це часткова заміна титан (IV) оксиду на альтернативні наповнювачі. Ці наповнювачі можуть включати в себе Lithopone, кальцій карбонат, кремній діоксид, алюміній оксид та інші складники (рис. 1). Вони відзначаються більш доступною вартістю та меншою шкідливістю для навколишнього середовища, що робить їх привабливими альтернативами.



Кальцій карбонат



Кремній діоксид



Lithopone



Алюміній оксид

Рисунок 1. Альтернативні наповнювачі у виробництві лакофарбових матеріалів.

Дослідження в цьому напрямку мають велике значення, оскільки вони дозволяють покращити якість лакофарбових матеріалів, знизити їхню вартість та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Дослідники займаються вивченням фізико-хімічних властивостей нових композицій, оцінюють їхню міцність, стійкість до агресивних середовищ, та інші параметри.

Отже, методи часткової заміни титан (IV) оксиду в лакофарбових матеріалах відкривають нові перспективи для покращення якості продукції та збереження екологічної стійкості промислових процесів. Важливо продовжувати дослідження у цьому напрямку з метою забезпечення сталого розвитку.

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК ОКСИДІВ МЕТАЛІВ ПОЛІОЛЬНИМ МЕТОДОМ

*Чудеса К.В., студентка групи І-22/пх, СумДУ, м. Суми, Пищеничний Р.М.,
доцент кафедри ТПХ, СумДУ, м. Суми*

На сьогодні, нанотехнології – це важлива сфера, що стрімко розвивається і все більше набирає популярність. Виділяють декілька видів наночастинок оксидів металів, класифікованих за своїми функціональними властивостями: такі, що мають біоцидні, електричні, каталітичні та магнітні властивості. Саме специфічні властивості нанометалів й надають широкі можливості для їхнього практичного застосування в багатьох галузях науки та промисловості. Наприклад, при створенні нових ефективних каталізаторів для нафтохімічної промисловості, для виготовлення сучасних сенсорних систем, конструкційної кераміки і сорбентів, у медицині й фармакології для діагностики й лікування інфекційних та онкологічних захворювань, для отримання матеріалів з бактерицидними властивостями, у сільському господарстві для препаратів захисту і росту рослин та тварин, в охороні довкілля тощо.

Одним із сучасних методів синтезу наночастинок оксидів металів є поліольний, що передбачає використання як реакційного середовища різних поліолів.

Хімічна родина поліолів починається з етиленгліколю ($C_2H_6O_2$), як найпростішого представника. Також широко в синтезі використовуються такі представники даного класу речовин як діетиленгліколь, гліцерол, триетиленгліколь, тетраетиленгліколь та ін. Основні їхні характеристики представлені у табл. 1.

Поліоли є в одночас водноеквівалентними та висококиплячими розчинниками – це можна назвати їх найважливішою особливістю. Отже, поліоли демонструють розчинність сполук, подібну до води, що дозволяє використовувати прості та недорогі солі металів (галогеніди, нітрати, сульфати), як вихідні матеріали.

Розчинність полярних сполук і солей у воді залежить від величини полярності (вона має бути великою), але поліоли набагато менш полярні. Це легко компенсується хелатоутворюючими властивостями поліолів, що призводить до розчинності, наближеної до води. Окрім того, хелатний ефект контролює зародження частинок, їх ріст та агломерацію, так як поліоли прилипають до поверхні частинок оксидів і служать колоїдними стабілізаторами.

Високі точки кипіння дозволяють проводити синтез при температурах 200–320 °С без додаткових високого тиску та автоклавів. Часто високі

температури синтезу дозволяють отримувати кристалічні наноматеріали прямо з рідкої фази.

Таблиця 1 – Фізичні властивості поліолів

Назва	Mw (г/моль)	Ткип (°C)	В'язкість (мПа*с)
Етиленгліколь	62.06	197	16,1
Гліцерол	92.09	290	934
Диетиленгліколь	106.12	245	30,2
Тетраетиленгліколь	194.23	328	44,9
Назва	Дипольний момент	Діелектрична проникність	Емпірична полярність розчинників
Етиленгліколь	2,28	41,4	0,79
Гліцерол	2,56	46,5	0,812
Диетиленгліколь	2,3	31,8	0,713
Тетраетиленгліколь	5,58	23,7	0,682

Синтез оксидів металів поліолієм методом може бути обмежений відновними властивостями самих поліолів, що призводить до утворення елементарних металів. Для деяких систем можливо навіть отримати елементарні метали або оксиди металів, просто регулюючи температуру реакції.

Список літератури:

1. Наночастинки: важливість сьогодні, класифікація, використання в медицині, токсичність / І. Бандас та ін. *Медична та клінічна хімія*. 2015. Т. 17, № 3.
2. Трахтенберг І. М. Наночастинки металів, методи отримання, сфери застосування, фізико-хімічні та токсичні властивості / І. М. Трахтенберг, Н. М. Дмитруха // *Укр. журн. з проблем медицини праці*. – 2013. – № 4 (37).
3. Чекман І. С. Наночастинки: властивості та перспективи застосування / І. С. Чекман // *Укр. біохім. журн.* – 2009. – 81, № 1
4. Andrusishina, I. N. 2011, «Metal nanoparticles: methods of detection, physical and chemical properties, methods of research and evaluation of toxicity», *Modern problems of toxicology*, №3.
5. H. Dong, Y. Chen and C. Feldmann, *Green Chem.*, 2015, DOI: 10.1039/C5GC00943J.

ДОСЛІДЖЕННЯ КАТІОННОЇ ЄМНОСТІ ҐРУНТІВ У ВОРОНКАХ ВІД СНАРЯДІВ

*Крупська А. М., студентка, гр. І-11/2пх; Воробйова І. Г., канд. техн. наук,
доцент каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми*

На сьогоднішній день екологічна ситуація в Україні надзвичайно погіршилася. Від російського вторгнення страждає не тільки людство чи інфраструктура, а і навколишнє середовище. У Сумській області зросла кількість атак ворога по прикордонним територіям та населених пунктах прифронтової зони, що суттєво впливає на показники якості та функцій ґрунту та його деформацію. Тому дослідження катіонної ємності обміну ґрунтів у воронках від снарядів є актуальною проблемою.

Ємність катіонного обміну (ЄКО) відіграє велику роль у ґрунтознавстві, вона відноситься до фізико-хімічних властивостей, що показує сумарний вміст усіх катіонів, поглинених шляхом обміну в ґрунті з навколишнім середовищем. ЄКО – є одним з ключових та основних показником родючості ґрунту в агрономії та агрохімії, який залежить від багатьох факторів: мінерального та гранулометричного складу, поглинальної здатності та вмісту в ґрунті органічної речовини [1].

Поглинальна здатність – це властивість ґрунтів, яка показує характерні функції вбирати чи утримувати гази, рідини, тверді частинки та макроелементи, необхідні для росту та розвитку рослин. Для кожного виду земної поверхні притаманні свої значення поглинальної здатності: ґрунти, що містять велику кількість поживних мінеральних добрив та колоїдних частинок, як правило, мають велику здатність до поглинання, а для ґрунтів з меншою кількістю колоїдної фракції властива низька ємність поглинання катіонів [2].

Існує багато методів визначення ЄКО. Наразі більш поширеним методом є метод Бобко-Аскіназі-Альошина, який базується на заміщенні поглинених катіонів колоїдною системою ґрунту на іони барію, що містяться у стандартному буферному розчині барій хлориду. Витиснені катіони в розчині утворюють нейтральні солі. За кількістю увібраного барію визначають ємність вбирання.

Результати дослідження дозволять оцінити якість та визначити основний іонний склад ґрунту, що у подальшому сприятиме оптимальному підбору добрив для покращення родючості.

Список літератури:

1. Чорний С.Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник / С. Г. Чорний, Миколаїв: МНАУ, 2018. – 233с.
2. Повна катіонообмінна (поглинаюча) здатність ґрунту Afina Pallada. URL: <https://www.afina-pallada-lab.com/paket-povna-kat-onoobm-anna-poglinayucha-zdatn-st-runtu/>

МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ МІСТА СУМИ

Вініченко А. І., студент групи ПХ-01;

Пономарьова Л. М., доцент кафедри ТПХ, СумДУ, м. Суми

Забруднення атмосферного повітря – це важлива і складна глобальна проблема, яку намагаються контролювати та вирішити остаточно у всьому світі, а не тільки в Україні. Саме забруднення повітря має безпосередній вплив на погіршення кліматичних умов та на наше здоров'я, загострюючи респіраторні захворювання чи алергію у певних груп населення.

Саме забруднення в повітрі може бути різним в залежності від того, де ми перебуваємо та які самі джерела забруднень знаходяться поблизу. Джерела забруднення повітря можуть знаходитись як і всередині приміщення, наприклад вдома, на робочому місці, якщо ви працюєте всередині будівлі, офісу чи лабораторії так і ззовні, незважаючи на те, де ви знаходитесь у місті чи в сільській місцевості. Джерела забруднення можна поділити на основні типи:

- Промислові викиди: Виробництво, енергетика, опалення;
- Транспортні викиди: Виділення від транспортних засобів;
- Сільське господарство: Використання добрив та інших хімічних речовин;
- Природні джерела: Лісові пожежі, виверження вулканів. [1]

Моніторингом стану забрудненості навколишнього середовища на територіях України, і в тому ж числі на теренах міста Суми, проводиться згідно з Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища». Згідно з даним законом передбачено утворення держаної системи моніторингу за навколишнім середовищем, яка проводить спостереження за станом та рівнем забруднення довколишньої середовища різними шкідливими домішками. Основний нормативний акт, що регламентує моніторинг атмосферного повітря, постанова Кабінетів Міністрів України від 09.03.1990 № 343 «Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря».

Згідно з постановою у місті Суми є лабораторія спостереження за забрудненням атмосферного повітря, що є структурним підрозділом Сумського обласного центру з гідрометеорології та проводять щорічні, систематичні спостереження за рівнем забруднення повітря на певні домішки, які характерні для м. Суми через заводи, які там знаходяться.

Систематичні спостереження за станом повітря відбуваються на 3-х постах, що знаходяться в різних районах міста. До програми обов'язкового моніторингу рівня забруднення атмосферного повітря входять такі 8 забруднювачів, як пил, діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид азоту, розчинні сульфати, амоніак та формальдегід. Проби відбираються чотири рази на добу о 1, 7, 13 та 19 годинах.

Процес відбору та виконання хімічного аналізу забруднюючих речовин в повітрі проводяться згідно з «Керівництвом з контролю забруднення атмосфери» РД 52.04.186-89. [2]

Згідно з даним стандартом РД 52.04.186-89 збір та хімічний аналіз забруднювачів, які обов'язкові для аналізу, проводяться такими методами:

- Пил: Метод визначення маси частинок, які не пройшли через тканинний фільтр
- Діоксид сірки, діоксид азоту, оксид азоту, амоніак: Метод визначення заснований на захопленні частинки з повітря на плівковий хемосорбент і фотометричному визначенні іонів.
- Оксид вуглецю: Електрохімічний метод, за допомогою газоаналізаторів
- Розчини сульфатів: Метод визначення маси турбометричним методом.
- Формальдегід: Метод заснований на вилювлуванні формальдегіду з повітря розчином сірчаної кислоти та його визначення фотометричним методом. [3]

Гранично допустимі концентрації для усіх забруднюючих речовин у повітрі за якими ведеться постійне та обов'язкове спостереження зібрані до таблиці 1.

Таблиця 1: Гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин в повітрі населених місць:

№ п/п	Найменування домішки	Максимально разова (мг/м ³)	Середньодобова (мг/м ³)
1	Пил	0,5	0,15
2	Діоксид сірки	0,5	0,05
3	Розчинні сульфати	ГДК відсутнє	ГДК відсутнє
4	Оксид вуглецю	5,0	3,0
5	Діоксид азоту	0,2	0,04
6	Оксид азоту	0,4	0,06
7	Аміак	0,2	0,04
8	Формальдегід	0,035	0,003

Список літератури

1. Air Pollution – a Global Threat to our Health. University of Copenhagen. URL: <https://www.coursera.org/learn/air-pollution-health-threat?authuser=0>
2. Скок А., Хрутьба В., Рак О. Якість атмосферного повітря в Україні до і під час повномаштабного вторгнення: Дослідження / Адвокація мереджерка О. Гвоздік; Менеджер з дан. Г. Кириченко; Гр. дизайнерка О. Романюкова. Київ: Громад. орг. "Збережи Дніпро" (SaveDnipro), 2023. 67 с. https://www.savednipro.org/wp-content/uploads/2023/10/zvit_doslidzhennya_101723.pdf
3. РД 52.04.186-89. Керівництва з контролю забруднення атмосфери. Чинний від 1991-07-01. Вид. офіц. Москва: Держгідромет СРСР, 1991. 695 с. URL: <https://kiyevlast.com.ua/project/resources/attachments/aLe2hTQs.pdf>

ОЦІНЮВАННЯ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ФТОРИДАМИ ГРУНТІВ СУМСЬКОГО РЕГІОНУ

Матвійчук В. О., студентка; СумДУ, гр. ПХ-01;

Воробйова І. Г. доцент каф. ТПХ. СумДУ

Застосування мінеральних добрив є одним із основних факторів ефективного функціонування агроценозів, яке сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур і збереження родючості ґрунту. Однак їхнє систематичне внесення може негативно впливати на довкілля, зокрема на ґрунт та рослинність, через вміст не тільки активного інгредієнта, а й супутніх компонентів та домішок, які не завжди є корисними. До таких можна віднести галогени, з яких найбільший інтерес представляє фтор. Фосфорні добрива та фосфогіпс часто містять значні домішки фтору. З літературних джерел [1] вміст фтору в простому та подвійному суперфосфаті може становити 4 %. Тому внесення фосфатних добрив сприяє переходу помітної кількості цього галогену в ґрунт. Фтор є біологічно важливим мікроелементом в низьких і середніх концентраціях, в той же час при високих концентраціях виявляє токсичну дію для живих організмів і рослин.

В контексті попереднього викладу, дослідження вмісту фтору в агроекосистемах із систематичним застосуванням фосфорних добрив має важливе значення для агрохімії та екології.

Проби ґрунтів були зібрані фахівцями Центру сучасних досліджень ґрунту: "СЕЙТИ" відповідно до методики збору геохімічних проб, що рекомендована для проведення еколого-геохімічних досліджень [2]. Визначення вмісту водорозчинного фтору здійснювалося потенціометричним методом за допомогою фторидних іон-селективних електродів. У дослідженні брали участь ґрунти з аграрної зони Сумського регіону. Концентрація водорозчинного фтору в ґрунтах оцінюється за такими градаціями [3]: допустимий рівень – 0–10 мг/кг, критичний – 10–30 мг/кг, недопустимий – понад 30 мг/кг. Дослідження показали, що тривале використання фосфатних добрив не призвело до підвищення концентрації мобільного фтору в ґрунтах до екологічного критичного рівня.

Список літератури:

1. Гладушка В.І. Внесення фтору в ґрунти з добривами // Хімізація сільського господарства. - 2015. - № 1. –с.17-21.
2. Darnley et al. Recommendation for International Geochemical Mapping. Final report of IGCP Project, 259. Ottawa: Unesco Publishing, 1995. P. 121.
3. ІПС ЛІГА:ЗАКОН - система пошуку, аналізу та моніторингу нормативно-правової бази. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/MOZ4153> (дата звернення: 13.03.2024).

БУФЕРНА ЄМНІСТЬ ПРИРОДНИХ ВОД

*Кочура Є.К. студентка групи І-22/Іпх;
Пономарьова Л.М., доцент каф. ТПХ. СумДУ, м. Суми*

Буферна ємність природних вод – це показник, що вказує на здатність водного середовища компенсувати зміни у вмісті різних речовин (наприклад, кислот або лугів) без значної зміни своєї хімічної природи чи властивостей [1]. Цей показник важливий для збереження екологічної рівноваги та якості водних ресурсів. Чим вище показник буферної ємності, тим ефективніше середовище може зберігати стабільність свого хімічного складу при змінах зовнішніх умов [2].

Буферна ємність може відрізнятися для різних видів природних вод залежно від їх складу, географічного розташування та інших факторів. Кожен тип води має свої унікальні характеристики, що впливають на їхню буферну ємність.

Буферна ємність природних вод показує їхню здатність до саморегулювання та збереження сталого хімічного складу в умовах зміни внутрішніх або зовнішніх чинників, таких як забруднення, зміни рівня рН, викиди в атмосферу та інші антропогенні чинники. Висока буферна ємність водного середовища свідчить про його стійкість до змін і спроможність зберігати екологічну рівновагу [3]. Існує кілька методів для визначення буферної ємності природних вод [4]:

1. Титрування рН: Цей метод полягає в додаванні кислоти або лугу до зразка води та вимірюванні зміни рН [5]. Зміна рН при додаванні кислоти та лугу дозволяє визначити буферну ємність.

Переваги:

- Простий у використанні та розумінні.
- Можливість визначення буферної ємності безпосередньо.

Недоліки:

- Потреба у точних та дорогих приладах для вимірювання рН.
- Може бути нечутливий до деяких важливих компонентів води.

2. Амперометричні методи: Ці методи ґрунтуються на вимірюванні зміни потенціалу або струму у водному розчині під час додавання кислоти або лугу. Зміна струму або потенціалу дозволяє визначити буферну ємність. [6]

Переваги:

- Висока чутливість та швидкість вимірювання.
- Можливість використання в реальному часі.

Недоліки:

- Потреба в чутливих датчиках та пристроях.
- Складність калібрування та стабілізації пристроїв.

3. Методи з використанням буферних розчинів стандартного рН: Ці методи включають додавання водних розчинів із відомим рН до зразка води та вимірювання зміни рН. З цих даних можна визначити буферну ємність.

Переваги:

- Відносно простий у використанні.
- Можливість визначення буферної ємності на основі відомих стандартів. Недоліки:
- Потреба у підготовці стандартних розчинів.
- Чутливість до зовнішніх впливів на розчині.

4. Методи спектрофотометрії: Вони базуються на вимірюванні зміни поглинання світла у водному розчині при додаванні кислоти або лугу. Зміна поглинання світла дозволяє визначити буферну ємність [\[7\]](#)

Переваги:

- Висока точність та чутливість.
 - Можливість вимірювання змін у широкому діапазоні концентрації.
- Недоліки:
- Вимагає дорогих та складних у використанні приладів.
 - Потребує спеціальної підготовки зразків води.

Список літератури:

1. Крисаченко В.С., Мостяса О.І. Україна: природа і люди. – К.: НІСД, 2002. 623 с.
2. Аналітична хімія: конспект лекцій/І.Г. Воробйова, Л.М. Миронович, С.Б. Большанина. Суми, Сумський державний університет, 2014. – 61 с.
3. Біологічне та глибоке очищення виробничих стічних вод: Курс лекцій /О. Попович. — Львів, 1997. 252 с.
4. Вакал Ю.С. Моніторинг якості поверхневих природних вод басейну річки Псел // Ю.С. Вакал, Г.Я. Касьяненко / Екологія і раціональне природокористування: Збірник наукових праць. Суми: Сумський державний педагогічний університет ім. А.С.Макаренка, 2008. – С. 159-165.
5. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навч. Посібник. – Л.: Афіша, 2000. – 28 с.
6. Зубик С.В. Техноекологія. Джерела забруднення і захист навколишнього середовища: Навч. Посіб. / С.В.Зубик. Львів: Оріяна-Нова, 2007. – 400 с.
7. Данильченко О.С. Річка як індикатор ландшафтно-екологічної ситуації (на прикладі р. Сумки) / О.С. Данильченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. Збірник / Гол. Редактор В.К. Хільчевський. 2011. – Т. 4(25). С. 179-188.

ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

*Гончаренко Л.І., студентка гр. І-22/Іпх;
Воробийова І. Г. доц. каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми*

Одним із розповсюджених видів забруднення ґрунтів є потрапляння в них важких металів. Такі метали мають атомну масу більше 50, наприклад: ртуть, свинець, олово, мідь, кобальт, хром, цинк та ін. Актуальність проблеми полягає в тому, що саме через ґрунт людина отримує велику дозу важких металів, які, у свою чергу, дуже негативно впливають на здоров'я та стан людини[1].

Основними чинниками забруднення ґрунтів важкими металами є відходи металообробних заводів, виробничі викиди продуктів горіння палива, автомобільні вихлопи відпрацьованих газів, зрошення землеробських угідь стічними водами, застосування пестицидів, використання фосфорних і органічних добрив тощо.

Метали-забруднювачі мають неоднакову схильність до адсорбції, тому їх токсичність для рослин при однаковому забрудненні може бути різною. Важкі метали можуть обмінно або необмінно захоплюватися різними компонентами ґрунту, випадати у вигляді нерозчинних солей.

Можливості переведення токсикантів у малорухливий стан неоднакові в різних ґрунтах. Чим вони вищі, тим сильніше загальмовується надходження важких металів у рослину. Ґрунти із слабкими захисними можливостями неспроможні вберегти рослини від атаки важких металів, змушуючи їх боротися з токсичними іонами.

Поведінка важких металів у ґрунті залежить від її окисно-відновних умов та кислотності. Міграційна здатність Cu, Ni, з Zn у відновному середовищі знижується на 1-2 порядку в порівнянні з окислювальною. У кислому середовищі більшість металів рухоміша. Зазначені умови сприяють переходу металів у біологічні тканини, підвищеній міграції важких елементів, погіршенню життєдіяльності нітрифікуючих та азотфіксуєуючих бактерій, часто спричиняють зниженню родючості ґрунтів[2].

На початковому етапі досліджень ми плануємо визначити концентрацію важких металів у ґрунтах Сумського регіону з метою оцінки їх впливу на екосистеми та здоров'я населення з подальшим встановленням регіональних екологічних нормативів змісту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Білявський Г.О., Бутченко І.І., Навроцький В.М. Основи екології: Теорія та практикум. К. Лібра. 2002.
2. Петриченко О.С. Оцінка впливу забруднення ґрунтів важкими металами на рослини та рослинність. Монографія. Київ. Видавничий дім «КМ Академія», 2020. 198 с.

ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЗАГАЛЬНОГО ЗАЛІЗА У ВОДІ

Дудіна Г.В., зав. навч. лабораторіями каф. ТПХ, СумДУ, м. Суми

Залізо – один з життєво необхідних для нас мікроелементів в організмі. Залізо самостійно не виробляється в організмі, воно потрапляє в організм з їжею та водою.

Норма вмісту заліза у воді (згідно ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості та ДСанПіН 2.2.4-171.10) – не більше 0,2 мг / дм³.

Природні води дуже часто містять залізо, вміст якого коливається у широких межах: від слідів до кількох міліграмів і більше на 1000 см³ води. Велика кількість розчиненого у воді заліза не впливає шкідливо на здоров'я людей, однак додає їй характерний неприємний присмак. Також надлишок цього елемента негативно відображається на стані сантехніки і побутової техніки.

У природні води залізо поступає як природним шляхом при механічному руйнуванні і розчиненні гірських порід, так і внаслідок антропогенного забруднення стічними водами підприємств.

У воді можуть міститися різні типи (форми) даного елемента. Разом вони являють собою сумарне залізо. Під цим терміном мається на увазі сума всіх форм заліза, яке міститься у воді.

У лабораторних умовах, концентрацію заліза у воді визначають за допомогою фотоелектроколориметра.

Фотометричний метод визначення масової концентрації загального заліза знайшов широке застосування у аналітичній хімії і клінічній лабораторній діагностиці.

ISO 6332 встановлює фотометричний метод визначення заліза у природних та стічних водах із застосуванням ортофенантроліну. Метод придатний для визначення заліза у концентраціях від 0,01 до 5 мг/дм³. Під час реакції ортофенантроліну з іонами двовалентного заліза утворюється комплексна сполука червоно-фіолетового кольору. Малий термін зберігання розчину ортофенантроліну є недоліком цього методу.

Вимір масової концентрації загального заліза з сульфосаліциловою кислотою.

Метод заснований на взаємодії іонів заліза в лужному середовищі з сульфосаліциловою кислотою з утворенням забарвленої в жовтий колір комплексної сполуки.

При зміні кислотності може утворитися комплекс іншого складу, який має фіолетове або рожеве забарвлення. У цьому випадку в колбу, де проходить колориметрична реакція, слід додати більше аміаку – стільки, скільки потрібно для появи жовтого забарвлення.

Чутливість цього методу 0,05- 0,2 мг / м³ Fe.

Оптичну густину визначають на фотоелектроколориметрі в кюветах 10-50 мм при довжині хвилі 430-460 нм (синій світлофільтр).

Якщо у досліджуваній воді міститься значна кількість заліза, воду попередньо розводять дистильованою водою.

Стійкість забарвлення сульфосаліцилового комплексу зберігається упродовж 24 годин.

Обладнання, прилади, матеріали, реактиви, що використовуються у дослідженні.

Хімічний посуд, необхідний для дослідження: колби мірні 2-го класу, піпетки мірні, колби скляні лабораторні конічні.

Реактиви: кислота нітратна, кислота сульфатна, амоній хлористий, аміак водний, квасці залізо-амонійні, кислота хлорводнева, кислота сульфосаліцилова, вода дистильована, настрий хлористий, папір індикаторний універсальний.

Всі реактиви, що використовуються для аналізу, повинні бути кваліфікації хімічно чисті (х. ч.) або чисті для аналізу (ч. д. а).

Прилади: спектрофотометр або фотоелектроколориметр, що дозволяє вимірювати оптичну густину при довжині хвилі $\lambda=425$ і $\lambda=500$ нм; кювети з товщиною робочого шару 10-50 мм; ваги аналітичні лабораторні, клас точності 1, 2; електрична плитка.

Підготовку приладів до роботи проводили відповідно до робочої інструкції з експлуатації приладу.

Методика вимірювання масової концентрації загального заліза, ґрунтується на тому, що залізо (III) утворює з сульфосаліциловою кислотою ряд комплексів, склад і забарвлення яких залежать від кислотності розчину [1–6]. При рН=3 утворюється комплекс фіолетового кольору. При рН=4–9 утворюється комплекс, що має червоний колір, а при рН=9–11,5 – жовтий комплекс.

При рН=12 комплекс розкладається з виділенням гідроксиду феруму.

Ферум (II) не утворює забарвлених сполук з сульфосаліциловою кислотою. Однак, в аміачному середовищі Fe (II) легко окиснюється до Fe (III), тому в цих умовах можна визначати сумарний вміст феруму.

Побудова градуовального графіка.

Для побудови градуовального графіка вимірюють оптичну густину приготованих стандартних розчинів залізо-амонійних квасців, що містять різні кількості феруму від 0 до 0,2 мг/дм³.

За результатами вимірювання оптичної густини будують графік градуовальної характеристики, відкладаючи по осі абсцис масову концентрацію феруму в мг/дм³, а по осі ординат – відповідні значення оптичної густини.

Визначення вмісту загального феруму в аналізованій пробі.

До 50 см³ аналізованого розчину, який містить іони феруму, доливають 5 см³ розчину сульфосаліцілової кислоти, 5 см³ розчину аміаку, і ретельно перемішують. Залишають пробу на 10 хвилин при кімнатній температурі та після закінчення цього часу вимірюють оптичну густину на фотоелектроколориметрі при довжині хвилі 430-460 нм, і кювети з товщиною оптичного шару 10-50 см, по відношенню до дистильованої води, в яку додані ті ж реактиви. Концентрацію загального феруму знаходять за графіком.

Масову концентрацію загального заліза розраховують за формулою:

$$X = \frac{C * 50}{V}$$

де X – масова концентрація Fe, мг/дм³; C – концентрація Fe, знайдена за градувальним графіком, мг/дм³; V – об'єм проби, см³; 50 – об'єм до якого розбавлена проба, см³.

Список літератури:

1. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10).

<https://ecosoft.ua/ua/blog/trebovaniya-k-kachestvu-pitevoy-vody/>

2. ДСТУ 7262:2012 Методи визначення домішок заліза.

3. ДСТУ ISO 6332-2003. Якість води. Визначення заліза. Спектрометричний метод із використанням 1,10 – фенатроліну ISO(6332: 1988, IDT).

4. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості

5. Технічний аналіз, стандартизація та сертифікація кераміки та скла: Технічний аналіз в технології виробництва скла [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізації «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Л.М. Спасьонова, В.М. Павленко, Л.М. Бабич. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 115 с.

<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/4790d1e3-b898-45c1-82c4-4c7f6a30378a/content>

6. Характеристики якості води, основи водопідготовки. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 101 «Екологія», 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М. Д. Гомеля, Т. О. Шаблій, Ю. В. Носачова., М. М. Твердохліб – Електронні текстові дані (1 файл: 1,02 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 69 с.

<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/ca322797-4705-4adf-b351-e333befee9d2/content>

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ

*Лупійко М. М., Пономарьова Л.М. Сумський національний аграрний
університет, Сумський державний університет, місто Суми*

Серед мікроорганізмів мікродорості є однією з найбільш перспективних сировинних ресурсів для сталого постачання як харчових, так і нехарчових товарів. Мікродорості є привабливою, потенційно дешевшою альтернативою фабрикам мікробних клітин, що використовують бактерії чи гриби, завдяки здатності мікродоростей використовувати CO₂ і сонячну енергію без надходження органічного вуглецю. Щоб використати біотехнологічний потенціал мікродоростей, необхідно краще розуміння метаболічних процесів. Наші теперішні знання здебільшого обмежені штамми дикого типу різного походження. Аналіз метаболітів привів до розуміння їхньої фізіології та біохімічних шляхів, які потенційно активні в інших морських мікроорганізмах. Аналіз доповнює ці дані, безпосередньо оцінюючи активні біохімічні шляхи шляхом вимірювання кінцевих продуктів біологічної метаболічної активності, щоб запропонувати відповідну інформацію для контролю та оптимізації культивування мікродоростей.

Основними аналітичними методами, що використовуються для метаболічного аналізу біологічних зразків, є ядерний магнітний резонанс, газова і рідинна хроматографія у поєднанні з різними детекторами, насамперед мас-спектрометрією. Як аналітичний інструмент газова хроматографія (ГХ) має багато переваг перед іншими методами. Це дозволяє розділяти та виявляти полярні (органічні кислоти, амінокислоти, цукри та цукрові спирти) та неполярні (жирні кислоти та стеарини) сполуки з високою роздільною здатністю та чутливістю, крім того, що дозволяє проводити одночасний аналіз різних хімічних класів. ГХ як аналітичний інструмент, має велике значення для прогнозування, контролю, оптимізації та характеристики біопроцесів мікродоростей, що дозволяє аналізувати кілька метаболітів одночасно.

Мікродорості є перспективними мікроорганізмами, з яких за допомогою біопроцесів можна отримати численні продукти, багато з яких представляють інтерес для харчової промисловості. Оскільки використання цих мікроорганізмів стає все більш поширеним, моніторинг та оптимізація культивування та визначення характеристик біомаси стають важливими.

Список літератури:

1. Мікродорості як об'єкт біоенергетики П. Царенко, О. Борисова, Я. Блюм, Вісн НАН України 2011, № 5, С 49-54
2. Василе Н.С., Кордара А., Усай Г., Ре А. Обчислювальний аналіз динамічного впливу світла на клітини одноклітинних водоростей у плоскпанельному фотобіореакторі для підтримки індукованого світлом розвитку біопроцесу CO₂. Кордони мікробіології 2021, № 12

ВИСОКОЕФЕКТИВНА РІДИННА ХРОМАТОГРАФІЯ: МОЖЛИВОСТІ МЕТОДА

Грицина А. В., Пономарьова Л.М., СНАУ, СумДУ, м. Суми, Україна

Високоєфективна рідинна хроматографія (ВЕРХ) – сучасна ефективна форма колонкової хроматографії, де рідкий розчин зразка подається під дуже високим тиском через колонку, наповнену стаціонарною фазою, виготовленою з тонко подрібнених частинок сорбенту. Процес аналізу проби відбувається у два етапи, а саме розділення проби на складові компоненти, детекція та вимірювання окремо кожного компоненту.

Основні компоненти ВЕРХ-аналізатора: колонка, стаціонарна фаза, мобільна фаза, насос, інжектор, детектор, система даних.

Розділення проби відбувається за рахунок хроматографічної колонки - спеціальної трубки, заповненої сорбентом. Під час проведення аналізу, через хроматографічну колонку з постійною швидкістю подають рідину (елюент) певного складу. В цей потік додається точно відміряний об'єм проби. Компоненти проби, рухаються по колонці з різною швидкістю завдяки різній спорідненості до сорбенту колонки, і досягають детектору в різний час.

Отже, хроматографічна колонка визначає селективність та ефективність розділення компонентів даним методом аналізу. Обираючи різні типи колонок, сорбентів-наповнювачів, можна керувати ступенем розділення речовин, аналіз яких виконується. Ідентифікація компонентів рухомої фази здійснюється за часом їх утримання. Кількісне визначення вмісту кожного з компонентів розраховують з величини аналітичного сигналу, виміряного за допомогою детектора, що під'єднано на виході з хроматографічної колонки.

Метод ВЕРХ широко використовується в сучасних санітарно-гігієнічних дослідженнях, в лабораторіях екологічного моніторингу, нафтохімії, криміналістиці, фармації, медицині, для контролю якості та сертифікації продукції. Адже цей метод аналізу характеризується такими перевагами, як висока чутливість, висока роздільна здатність, універсальність, точність, відтворюваність, автоматизація та висока пропускна здатність, скорочений час аналізу, широкий діапазон режимів розділення, широкий вибір детекторів та ін.

Список літератури:

1. Глосарій термінів з хімії [Режим доступу: <http://surl.li/rryge>]
2. Високоєфективна рідинна хроматографія. Визначення гранично допустимого вмісту домішок в субстанції лікарської речовини. [Режим доступу: <http://surl.li/rryfp>]

ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ

Ольховик А.В., студентка, гр.І-11/2ПХ; СумДУ; Пономарьова Л. М. к.х.н., доц. каф. ППХ, Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Фотоколориметрія – це фізико-хімічний метод кількісного визначення речовини в розчині, яка здатна поглинати світло або УФ промені за певної довжини хвилі, або здатна утворювати такі сполуки. Даний метод аналізу використовується для вимірювання інтенсивності світла на різних довжинах хвиль, як правило, у видимому спектрі (380 – 750 нм). Зазвичай це робиться шляхом пропускання світла через зразок, де вимірюється інтенсивність світла, що поглинається, або пропускається. Ці вимірювання порівнюють з відомим стандартом або калібрувальною кривою.

Фотометричне визначення речовин (іонів) у розчинах складається з двох етапів [1]:

1. Проведення фотометричної реакції – переведення досліджуваного компоненту в забарвлену речовину, що поглинає електромагнітне випромінювання певної довжини хвилі. Для цього до розчину компоненту, який визначають, додають певний реагент, що утворює з компонентом забарвлену речовину (за хімічною природі, як правило, це або комплексна сполука, або продукт окислювально-відновної реакції).

2. Вимірювання інтенсивності поглинання електромагнітного випромінювання (світлопоглинання) забарвленим розчином.

Перед тим щоб почати вимірювання за фотоколориметричним методом спочатку треба вибрати довжину хвилі, яка відповідає максимальному значенню оптичної густини забарвленої речовини та треба вибрати світлофільтр. Світлофільтр повинен поглинати із світлового потоку, ті промені, які не поглинає розчин. Також обирають розмір кювети та розчин порівняння. І готують стандартні розчини, знаючи що спосіб їх приготування не повинен відрізнитися від способу приготування досліджуваних розчинів.

За допомогою фотоколориметричного методу можна визначити концентрацію хімічних сполук в розчині спираючись на закон Ламберта-Бера. Також можна визначити якість води за різними параметрами, такі як каламутність, кислотність, концентрації забруднюючих речовин, тощо. Це лише кілька прикладів де можна застосувати метод фотоколориметрії, оскільки метод є універсальним і може бути адаптований для вимірювання багатьох різних речовин і властивостей на основі їх взаємодії зі світлом. Також цей метод аналізу широко застосовується в хімії, біології, науці про навколишнє середовище та інших галузях для аналізу речовин і визначення їхніх характеристик на основі їх взаємодії зі світлом.

Список літератури

1. Колориметрія. [Режим доступу: https://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/2020/m_ah_02.pdf

ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ ФТОРИД-ПРОВІДНИХ ФАЗ В СИСТЕМІ $(\text{BaF}_2)_x-(\text{SnF}_2)_{1-x}$ ($0 < x < 0,2$)

*Гоменюк В.В., студент, група ПХ.м-31, СумДУ, м. Суми;
Лисенко О.В., аспірант, ІЗНХ ім. В. І. Вернадського НАНУ, м. Київ;
Пишеничний Р.М., доцент кафедри ТПХ, СумДУ, м. Суми*

Синтез нових фторид-провідних електролітів з заданими параметрами є одним з актуальних напрямків розвитку неорганічної хімії. Дані функціональні матеріали можуть бути використані при створенні систем хімічного накопичення енергії, іоноселективних електродів, електрохімічних сенсорів, суперконденсаторів тощо [1-3]. Тверді електроліти що базуються на фторидах барію і стануму мають високі значення уніполярної, селективної за аніонами фтору провідності при невисоких температурах. Дані фази мають високу провідність через особливості будови катіону Sn^{2+} , а саме наявність неподіленої пари $5s^2$ електронів, яка проявляє стереоактивність та впливає на розподіл аніонів фтору та їхню рухливість в аніонній підґратці [4]. Дані фториди утворюють стехіометричні сполуки BaSnF_4 , BaSn_2F_6 , проте можуть і утворювати тверді розчини при нестехіометричному співвідношенні фторидів барію та стануму(II).

Відхилення від стехіометричного складу може позитивно впливати на провідність, тому нами було досліджено провідність твердих фаз, що утворюються в системі $(\text{BaF}_2)_x-(\text{SnF}_2)_{1-x}$, де значення x знаходиться в діапазоні від 0 до 0,2 [5].

Синтезували вихідні тверді розчини методом твердофазного синтезу, шляхом спікання фторидів стануму(II) та барію взяті у розрахованій кількості для утворення твердих розчинів складу $\text{Ba}_x\text{Sn}_{1-x}\text{F}_4$ ($x = 0,10; 0,14; 0,20$).

Склад і структуру твердих розчинів досліджували методами рентгенофазового аналізу. Одержані тверді розчини мають тетрагональну кристалічну ґратку (P4/nmm) та є ізоструктурними BaSnF_4 (JCPDS № 00-038-0738), що чітко спостерігається на дифракційних спектрах (рис. 1, а). Розраховані об'єми елементарних комірок отриманих твердих розчинів зменшуються зі збільшенням відхилення від стехіометричного складу. Це явище пояснюється різницею іонних радіусів катіонів Ba^{2+} (0,135 нм) та Sn^{2+} (0,095 нм).

Дослідження параметрів електропровідності отриманих фаз вказують на покращення провідності зі збільшенням кількості катіону стануму в вихідній сполуці. Цей висновок підтверджується даними, представленими на рисунку 1, б, де відображено графік залежності логарифму питомої провідності від оберненої температури для синтезованих твердих розчинів. Підвищення провідності можливо пояснити зростанням впливу стереоактивної неподіленої пари електронів катіонів Sn^{2+} на рухливість F^- та

їх розподіл в аніонній підґратці. Виявлено, що найвищими показниками провідності серед отриманих фаз характеризується твердий розчин $\text{Ba}_{0,8}\text{Sn}_{1,2}\text{F}_4$, який досягає значень $\sigma = 3.3 \cdot 10^{-3}$ См/см при 623 К та $\sigma = 1.8 \cdot 10^{-3}$ См/см при 285 К.

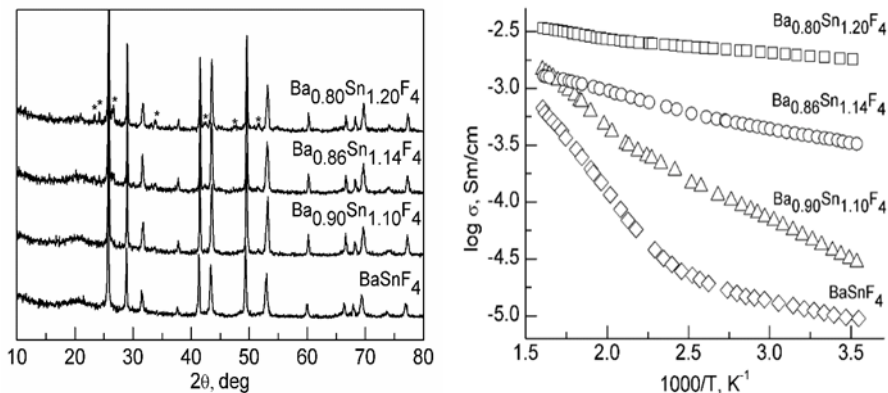


Рисунок 1 – а) Дифрактограми твердих розчинів $\text{Ba}_x\text{Sn}_{1+x}\text{F}_4$; б) Температурні залежності електропровідності твердих розчинів $\text{Ba}_x\text{Sn}_{1+x}\text{F}_4$

Поряд з тим, провідність даних матеріалів може бути покращена шляхом допування їх гетеровалентними замісниками, для збільшення концентрації дефектів у кристалічній решітці, які зумовлюють збільшення кількості рухомих фторид іонів. Тому метою наших подальших досліджень є пошук твердих електролітів з більшими значеннями фторид-іонної провідності в системі $\text{BaF}_2\text{--LaF}_3\text{--SnF}_2$.

Список літератури:

1. V. Kumaravel, J. Bartlett, S.C. Pillai, Solid Electrolytes for High-Temperature Stable Batteries and Supercapacitors. *Adv. Energy Mater.* 2020, 11, 3, 2002869, 1-42. doi:10.1002/aenm.202002869
2. T. Liu, N. Peng, X. Zhang, et al., Insight into anion storage batteries: Materials, properties and challenges. *Energy Stor. Mater.* 2021, 42, 42-67. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2021.07.011>
3. M.A. Nowroozi, I. Mohammad, P. Molaiyan, et al., Fluoride ion batteries – past, present, and future. *J. Mater. Chem. A.* 2021, 9, 10, 5980-6012. doi:10.1039/d0ta11656d
4. G. Dénès, J. Hantash, A. Muntasar, et al., Variations of BaSnF_4 fast ion conductor with the method of preparation and temperature. *Hyperfine Interact.* 2006, 170, 145-158. doi:10.1007/s10751-006-9464-5
5. K. Mori, A. Mineshige, T. Emoto, et al., Electrochemical, Thermal, and Structural Features of $\text{BaF}_2\text{--SnF}_2$ Fluoride-Ion Electrolytes. *J. Phys. Chem. C.* 2021, 125, 23, 12568–12577. doi:10.1021/acs.jpcc.1c03326

KINETICS OF SYNTHESIS OF POTASSIUM TITANATE FROM ILMENITE CONCENTRATE OF THE IRSHANSK DEPOSIT

Khodyuk O. V., first-year student; Pysarenko S. V., Assistant Professor of Chemistry; Kaminskyi O. M., D. in Chemistry, Associate Professor; Denysiuk R. O., D. in Chemistry, Associate Professor; Titov Y. A., D. in Chemistry, Leading Researcher, Professor (b.v.s.), Ivan Franko State University of Zhytomyr, Ukraine

Zhytomyr region is one of the few regions of Ukraine with significant titanium ore reserves [1]. Titanium ore processing produces a variety of active titanium-containing compounds that are widely used in many industries. Among such substances, potassium titanate takes a worthy place, which is the basis for the manufacture of cosmetics and pharmaceuticals, has effective photocatalytic properties, in particular, accelerates the photodestruction of methylene blue in solutions, etc. [2, 3].

The aim of the study is to investigate the kinetics of the alkaline leaching process of ilmenite concentrate from Irshansky GOK in Zhytomyr region containing ilmenite (70 %) with potassium carbonate.

Fig. 1 shows a photograph of ilmenite concentrate (appearance).



Figure 1. Appearance of ilmenite concentrate

To construct the kinetic dependence, the ilmenite concentrate was fused with potassium carbonate at 200 °C for 30, 90, 100, 110, and 120 min. The quantitative content of potassium titanate in the melt was determined photometrically at a wavelength of 440 nm.

Fig. 2 shows the dependence of the optical density of the formed potassium titanate on the heating time of the components.

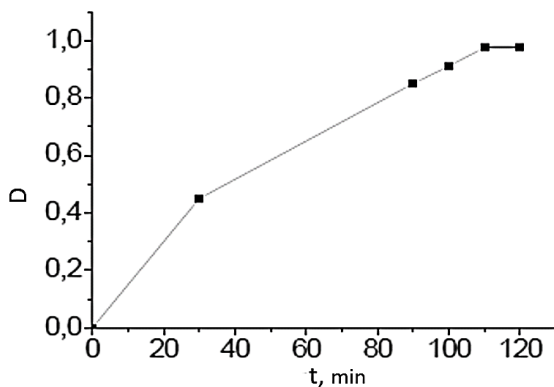


Figure. 2. Dependence of the optical density of the formed potassium titanate on the heating time of the components

As can be seen from the experimental data, the optimal time for the alkaline leaching of ilmenite concentrate with an ilmenite content of 70% with potassium carbonate at 200 °C is 110-120 minutes, and further heating time does not significantly affect the yield of the final product.

The process of alkaline leaching of ilmenite with potassium carbonate is a promising alternative method for producing reactive titanium-containing compounds.

References:

1. Lysenko O.A. Placer deposits of Ukraine. The state of development and prospects for increasing their potential. Collection of scientific works of UkrGRI. 2017. № 3. C.74-90.
2. C. Thambiliyagodage, R. Wijesekera Ball milling - A green and sustainable technique for the preparation of titanium-based materials from ilmenite. Chemistry. 2022. Vol. 5. 100236. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100236>
3. Photocatalytic destruction and adsorptive processes of methylene blue by potassium titanate / S. Pysarenko, O. Kaminskyi, O. Chyhyrynets, R. Denysiuk, V. Chernenko // Materials Today: Proceedings. 2022. Vol. 62, No. P15. P. 7754-7758. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.476>

ОКСИДУВАННЯ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ МЕТОДОМ ПЛАЗМОВОЇ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОЇ ОКСИДАЦІЇ

Муквич В.Ю., студентка СумДУ, гр. ПХ-01; Пишеничний Р.М., доцент кафедри ТПХ, СумДУ, м. Суми

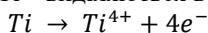
Титан і його сплави широко використовуються в різних галузях промисловості, таких як аерокосмічна, хімічна, біомедична, автомобільна, енергетична, військова та морська, завдяки своїм властивостям, зокрема високому відношенню міцності до ваги, досить низькій щільності, хорошому механічному поведінку, висока температура плавлення, висока стійкість до корозії, хороша втомна міцність і в'язкість, низький модуль пружності, хороша біосумісність і антимагнітність. Коли титан піддається впливу повітря, він утворює біосумісний шар природного оксиду, що запобігає корозії, товщиною кілька нанометрів. Однак титан і його сплави обмежені в застосуванні, оскільки вони демонструють погані трибологічні властивості, такі як сильна схильність до адгезії, високі та нестабільні коефіцієнти тертя, низька стійкість до фреттингу та низька корозійна стійкість до деяких агресивних корозійних середовищ, таких як гарячі хлоридні розчини. Тому важливо модифікувати поверхню титану та його сплавів і коригувати їх властивості.

Плазмова електролітична оксидація (PEO) — це метод, який використовується для отримання відносно товстих (до сотень мікрометрів) оксидних керамічних покриттів на металах, головним чином: Al, Mg, Ti та їхні сплави. Такі шари мають покращені механічні властивості, корозійну та термічну стійкість. Гарні механічні властивості (висока мікротвердість і зносостійкість) пояснюються наявністю кристалічної структури оксидного шару [1].

Існують деякі значні відмінності в характеристиках PEO порівняно з процесом анодування. Шар, утворений анодуванням, має відносно рівномірну форму, а товщина отриманого оксидного шару мала через низьку його електропровідність. Розвинений шар пасивує металеву поверхню під час процесу анодування та обмежує її подальше зростання. З іншого боку, у процесі PEO вищі напруги викликають інтенсивне іскріння через мікророзрядні дуги, які руйнують оксидний шар. Високі температури і тиск розвиваються в розрядних каналах і створюють складні процедури фазового перетворення, які призводять до генерації компактного, товстого і твердого шару, стійкого до стирання і корозії [2].

Процес PEO для титану при постійному струмі описується в три стадії. На першій стадії перед розрядом напруга лінійно зростає і на поверхні відбувається звичайне анодування. Разом із зростанням оксидної плівки потенціал збільшується через підвищений її опір та вивільнення бульбашок кисню та водню на поверхнях анода та катода відповідно. Анодна плівка складається з двох шарів: аморфного зовнішнього шару та внутрішнього шару,

який містить порожнини і складається з анатазу. Оскільки внутрішній шар оксиду росте безпосередньо в металі, лише кисень впорскується на межу внутрішній шар/зовнішній шар (розчин). Частинки з розчину середовища можуть бути включені у внутрішній шар лише шляхом спільного осадження $Ti(IV)$ (наприклад, TiO_2). Після досягнення досить високих потенціалів бульбашки газу зазнають діелектричного пробою, утворюючи високоенергетичну низькотемпературну холодну плазму. На цьому другому етапі, після ініціювання розряду, напруга зростає з меншою швидкістю, ніж на етапі анодування. Коли відбуваються розряди, включення частинок з електроліту збільшуються через більш інтенсивне осадження і, отже, співосадження при формуванні зовнішнього шару. Нарешті, мікродуги перетворюються на дуги більшого розміру, і напруга стабілізується. Титан починає розчинятися, і йони Ti^{4+} виділяються в електроліт:



Одночасно OH^{-} та інші аніони з електроліту рухаються до поверхні анода через існування сильного електричного поля між електродами та реагують з Ti^{4+} , утворюючи оксид титану та інші продукти реакції. На цьому етапі втрати титану з підкладки незначні. Після ініціювання розряду швидкість розчинення титану в електроліті порівняно висока, а потім зменшується [3].

Отже, метод плазмової електролітичної оксидації заснований на процесі анодування. Цей метод є важливим і ефективним засобом для обробки поверхні титану та його сплавів, оскільки він сприяє значному покращенню їхніх механічних та антикорозійних властивостей. Утворення стійкого оксидного шару на поверхні сплаву підвищує його стійкість до корозії, а також забезпечує зміцнення матеріалу. Такий підхід дозволяє збільшити термін експлуатації та надійність виробів з титанових сплавів у різних умовах використання виробу. Метод плазмової електролітичної оксидації надає можливість точного контролю параметрів оксидування, що дозволяє досягти бажаних характеристик та високої якості шару оксиду на поверхні титанового сплаву. Це важливо з точки зору забезпечення однорідності, товщини та мікроструктури оксидного шару, що може бути критичним для досягнення визначених властивостей та функціональності виробу.

Список літератури:

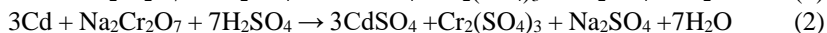
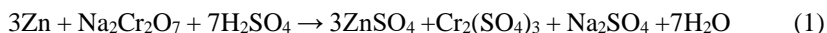
1. Gębarowski W., Pietrzyk S. Influence of the cathodic pulse on the formation and morphology of oxide coatings on aluminium produced by plasma electrolytic oxidation. Archives of metallurgy and materials. 2013. No. 58.
2. Plasma electrolytic oxidation (PEO) process—processing, properties, and applications / S. Sikdar et al. Nanomaterials. 2021. Vol. 11, no. 6. P. 1375. URL: <https://doi.org/10.3390/nano11061375> (date of access: 02.03.2024).
3. Review of plasma electrolytic oxidation of titanium substrates: mechanism, properties, applications and limitations / M. Aliofkhae et al. Applied surface science advances. 2021. Vol. 5. P. 100121. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2021.100121> (date of access: 14.03.2024).

ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ В РЕАЛІЗАЦІЇ ЄВРОПЕЙСЬКОГО «ЗЕЛЕНОГО КУРСУ»: ПРИНЦИП ЗАМКНУТОГО РЕСУРСООБІГУ

*Радченко А.Е., здобувач вищої освіти IV курсу, кафедра ТПХ СумДУ, ПХ-01;
Большаніна С.Б., к. тех. н., доцент кафедри ТПХ СумДУ; Дудіна Г. В.,
зав. навч. лабораторіями кафедри ТПХ, СумДУ, м. Суми*

До екологічно небезпечних і ресурсовитратних виробництв відноситься гальванічне виробництво. Використання у гальваніці значних об'ємів агресивних розчинів, велика кількість промивних операцій, утворення небезпечних стоків – все це потребує подальшої нейтралізації і утилізації. Підвищення рівня екологічної безпеки в гальванічному виробництві можна досягнути за рахунок впровадження високоефективного обладнання для створенням замкнених систем ресурсообігу.

На сучасних гальванічних підприємствах в якості основних антикорозійних покриттів застосовують цинкування, нікелювання а також додаткова обробка в хроматних розчинах ванн пасивації. Тривале використання хроматних розчинів, приводить до того, що в їх складі відбувається зменшення вмісту необхідних компонентів, натомість накопичуються іони домішкових металів, наприклад із покриттів чи із об'єктів електролізу. В реакції 1 і 2 описуються шляхи забруднення таких розчинів іонами цинку і кадмію в ваннах пасивації ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, H_2SO_4), де обробляються деталі із цинковим і кадмієвим покриттям.



Шестивалентний хром є високотоксичним та мутагенним у зв'язку з чим він включений до додатка I Базельської Конвенції. Сполуки хрома шестивалентного характеризуються стійкістю у навколишньому середовищі, і не схильні до розпаду. Нейтралізація скидів з таких ванн приводить до накопичення іонів в екосистемах і потребує застосування додаткових заходів їх захоронення.

Підвищення рівня екологічної безпеки і досягнення економіки замкнутого циклу Зеленого курсу в гальванічному виробництві досягається за рахунок впровадження високоефективного обладнання для створенням замкнених систем ресурсообігу. В якості такого обладнання в роботі пропонується використовувати електрохімічний модуль з катіонообмінною мембраною.

Аналіз числа переносу іонів, вихід за струмом та інші показники кінетики процесу дозволять в подальшому прогнозувати режими роботи електрохімічного модуля для найбільш ефективного його використання, а також для повернення металів у виробництво.

КІНЕТИКА АДСОРБЦІЇ ПАРАЦЕТАМОЛУ З ВОДНОГО РОЗЧИНУ ПОВЕРХНЕЮ КАЛІЙ ТИТАНАТУ

*Писаренко С.В., асистент кафедри хімії
Денисюк Р.О., доцент кафедри хімії Житомирського державного
університету імені Івана Франка, Житомир
Камінський О.М., доцент кафедри хімії Житомирського державного
університету імені Івана Франка, Житомир
Кожухова М.М., лаборант хімічного аналізу відділу контролю якості
ТОВ фірма "Новофарм-Біосинтез", Звягель
Євдоченко О.С., доцент кафедри хімії Житомирського державного
університету імені Івана Франка, Житомир
О.В. Анічікіна, доцент кафедри хімії Житомирського державного
університету імені Івана Франка, Житомир*

Проблема присутності лікарських засобів у водних екосистемах набула глобального значення. Лікарські препарати вважаються новими джерелами забруднення та виявлені в пробах води різних водойм [1].

Парацетамол (N-(4-гідроксифеніл)-ацетамід) є одним з найпоширеніших та ефективних анальгетиків та антипіретиків, що використовується для зменшення болю та температури тіла. Цей засіб часто застосовується в лікуванні головного болю, мігрені, м'язових болей, а також при прояві легких форм грипу та застуди. Терапевтичною дозою для дорослих є 1–4 г/добу, за такого дозування ацетамінофен виводиться із сечею у вигляді глюкуроніду (45–55 %), сульфату (20–30 %) і цистієну (15–55 %). Приблизно 2% ацетамінофену виводиться в незміненому вигляді [2]. Більшість фармацевтичних препаратів, включаючи ацетамінофен, потрапляє у водне середовище через побутові стічні води, промислові стічні води і околицях лікарень [3]. Враховуючи широке використання парацетамолу, важливо досліджувати його властивості та можливі шляхи вилучення з навколишнього середовища.

Для видалення забруднюючих речовин доступні різні методи очищення, серед яких можна виділити: розширене окиснення, фотокаталітичну деструкцію, мембранну фільтрацію, біологічний розклад та адсорбцію. Адсорбція вважається одним із найбільш перспективних методів, а також екологічно чистим.

Метою даної роботи є дослідження кінетики адсорбції парацетамолу з водного розчину поверхнею синтезованого калій титанату.

Калій титанат одержували методом лужного вилугування з ільменіту Іршанського родовища за методикою, описаною в роботах [4].

Для вивчення механізму процесу адсорбції парацетамолу на поверхні калій титанату готували водний розчин адсорбата з концентрацією речовини 3 г/л. Адсорбцію проводили в статичному режимі за кімнатної температури в

часовому діапазоні 15-60 хвилин. Маса адсорбента становила 0,1 г, об'єм розчину адсорбата 0,1 л.

Адсорбційну ємність розраховували за формулою:

$$A = \frac{(C_o - C_p) \cdot V}{m}$$

де C_o і C_p – концентрація вихідного розчину барвника та розчину після адсорбції (г/л), V – об'єм розчину (л), m – наважка адсорбенту (г).

Одержані кінетичні залежності проаналізовано відповідно до моделей псевдо-першого порядку Лагергрена (лімітуючою стадією є дифузія молекул адсорбата в поверхневій шарі адсорбента) та псевдо-другого порядку Хо-Маккея (лімітуючою стадією є хімічна взаємодія компонентів на межі поділу фаз).

На рис.1 показано графіки кінетики адсорбції парацетамолу з водних розчинів відповідно до вище зазначених моделей.

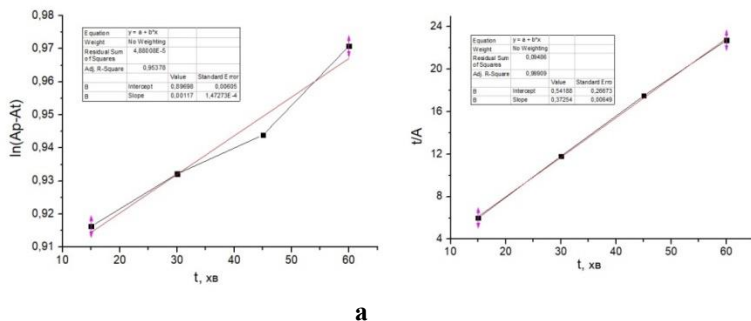


Рис. 1 Кінетика адсорбції парацетамолу з водних розчинів відповідно до моделей псевдо-першого (а) та псевдо-другого порядків (б)

Встановлено, що кінетичні залежності адекватно описуються в координатах рівняння псевдо-другого порядку, що видно з коефіцієнта кореляції ($R^2 = 0,999$). Даний механізм адсорбції дозволяє враховувати як взаємодії на межі поділу адсорбат-адсорбент, так і міжмолекулярні взаємодії адсорбованих речовин на поверхні.

Список літератури

1. Petrie, B.; Barden, R.; Kasprzyk-Hordern, B. A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water Research*. 2015, 72, p. 3-27.
2. Verlicchi, P.; Galletti, A.; Petrovic, M.; Barcelo, D. Hospital effluents as a source of emerging pollutants: An overview of micropollutants and sustainable treatment options. *Journal of Hydrology*. 2010, 389, p. 416-428.
3. Писаренко, С.В.; Черненко, В.Ю.; Чигиринець, О.Е.; Камінський О.М.; Мироняк, М.О. Лужне вилуговування титану з ільменіту Іршанського родовища. *Питання хімії та хімічної технології*. 2021, 6, с. 51–56.

ЕЛЕКТРОМЕМБРАННЕ ВИДІЛЕННЯ НІКЕЛЮ ЗІ СТІЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

*Пятишкіна П. Д., студентка гр. І-22/Іпх; Большанина С. Б., доцент кафедри
ТІХ, СумДУ, м. Суми*

Окрім виготовлення сплавів металів, нікель протягом кількох десятків років широко використовується в гальванічних виробництвах. Створені покриття захищають вироби від корозії, підвищують їхню стійкість проти механічного зношування та покращують декоративний вигляд. Завдяки цим властивостям нікелеве гальванічне покриття знаходить застосування в багатьох різних галузях промисловості, наприклад: в автомобільній, аерокосмічній, електроніці тощо.

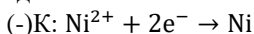
Унаслідок роботи гальванічних виробництв утворюються стічні води, забруднені солями важких металів, кислотами й лугами, які беруть участь в електрохімічних процесах при нанесенні покриттів. Зокрема в стічних водах міститься значна кількість іонів нікелю Ni^{2+} , які шкідливо впливають на навколишнє середовище і є токсичними для людини.

Токсичний ефект сполук нікелю на організм людини супроводжується зниженням активності низки металоферментів, порушенням синтезу білка, РНК і ДНК. Крім цього, його сполуки є канцерогенами. Як контактний алерген нікель викликає I і IV типи алергічних реакцій, серед яких особливо поширений дерматит [1].

Не повністю очищені стічні води гальванічних виробництв зазвичай скидаються до міської каналізаційної мережі або у найближчі водойми. У такий спосіб до них потрапляють і шкідливі іони нікелю, тому, враховуючи вищезазначену інформацію, зрозуміла необхідність підвищення якості очищення стічних вод від даного металу.

Одним із нових відомих, але поки що нешироко використовуваних у промисловості методів виділення іонів нікелю з розчинів є мембранний електроліз [2, 3]. Сутність методу полягає у використанні електрохімічного модуля, схему будови якого відображено на рис. 1. Електроди, виготовлені з різних металів, підключено до джерела постійного струму. Катіонообмінна мембрана всередині електролізера розділяє вміст катодної камери від анодної, проте пропускає крізь себе катіони. Фільтрувальна тканина, щільно прикріплена до мембрани з боку анода, перешкоджає їй швидкому забрудненню. В якості аноліту виступає нікелевмісний технологічний розчин, а як католіт зазвичай використовується розчин сульфатної кислоти.

Під час проходження струму іони Ni^{2+} з аноліту рухаються крізь мембрану до катода, на якому в результаті відбуваються два основні процеси. Катіони нікелю відновлюються до металу, а іони H^+ з католіту (розчину сульфатної кислоти) — до водню.



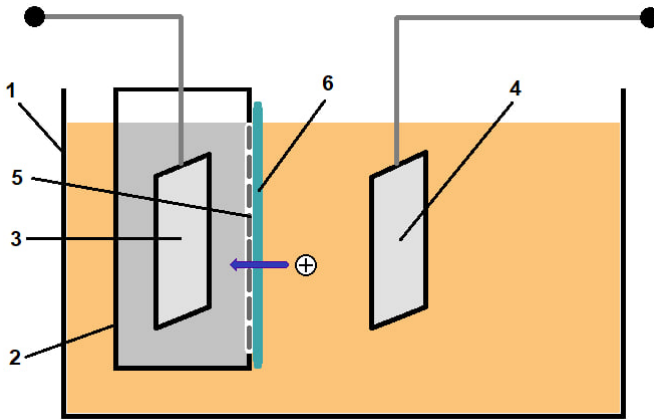
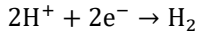


Рисунок 1 – Схема мембранного електролізера:

- 1 – ванна з технологічним розчином; 2 – корпус модуля;
3 – внутрішній електрод – катод; 4 – зовнішній електрод – анод;
5 – катіонообмінна мембрана; 6 – фільтрувальна тканина

За допомогою мембранного електролізу можна не просто очищати стічні води гальванічних виробництв від іонів нікелю, а й використовувати виділений чистий метал повторно. У такий спосіб зменшується забруднення навколишнього середовища та збільшується ефективність використання ресурсів, що також сприяє економічній вигоді.

Метод мембранного електролізу фактично дозволяє виділяти нікель з будь-яких нікелевмісних розчинів і є перспективним для застосування в різних галузях промисловості. Саме тому необхідно проводити подальші дослідження ефективності електромембранного виділення цього металу.

Список літератури:

1. Дрогомирецька І. З., Мазепа І. В., Мазепа М. А. Імунотоксичність нікелю та його сполук. *Современные проблемы токсикологии*. 2009. № 3-4. С. 25–31. URL: http://medved.kiev.ua/web_journals/arhiv/toxicology/2009/3-4_09/str25.pdf (дата звернення: 24.02.2024).
2. Serdiuk V. O. Membrane Processes during the Regeneration of Galvanic Solution / V. O. Serdiuk, V. I. Sklavbinskyi, 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. DOI: 10.21272/jes.2018.5(2).f1.
3. Benvenuti T., Krapf R., Rodrigues M., Bernardes A., Zoppas-Ferreira J. Recovery of nickel and water from nickel electroplating wastewater by electrodialysis. *Separation and Purification Technology*. 2014. Vol. 129, P. 106–112. DOI: 10.1016/j.seppur.2014.04.002

МЕМБРАННИЙ ЕЛЕКТРОЛІЗ РОЗЧИНІВ, ЗАБРУДНЕНИХ ІОНАМИ КАДМІЮ

Шокаленко О.В., студент 3 курсу, І-11, Большаніна С. Б., доцент кафедри
ТІХ, СумДУ, м. Суми

Європейський «Зелений курс» направлений на те, щоб перетворити ЄС на справедливий, процвітаючий та кліматично нейтральну економіку. Встановлення чітких цілей на період до 2030 року дає впевненість промисловості та інвесторам і допомагає енергоємним галузям розробляти інноваційні кліматично нейтральні технології. Основна мета полягає в тому, щоб використати значний потенціал світових ринків технологій з низьким рівнем викидів, стійких продуктів та послуг для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року [1].

З метою реально долучитися до Зеленого європейського курсу розвитку економіки в даній роботі пропонується значно удосконалити екологічно небезпечне і ресурсовитратне гальванічне виробництво.

В гальваніці в значних об'ємах використовують агресивні розчини, одночасно з цим застосовується великий обсяг промивних операцій. Все це приводить до великого споживання чистої води і утворення небезпечних стоків, що потребують подальшої нейтралізації і утилізації [2].

В даній роботі розглядається застосування мембранного електролізу для покращення складу гальванічних ванн та створенню безвідходного циклу виробництва.

Для дослідження був зібраний двокамерний модуль з катіонообмінною мембраною. Аналіз вмісту іонів кадмію у розчинах проводили методами комплексометричного титрування. Для характеристики осадів, що утворювалися внаслідок роботи електрохімічних пристроїв застосовували методи рентгенівської дифрактометрії та растрової електронної мікроскопії з функцією рентгенівського мікроаналізу. Встановлено, що найбільш ефективно даний процес відбувається при збільшенні вихідних розчинів кадмій сульфату. При цьому збільшується числа перенесення іонів $t^+(\text{Cd}^{2+})$ в середньому з 0,2 до 0,55 при збільшенні концентрацій вихідних розчинів в 2 рази.

Слід зазначити, що вихід за струмом на катоді, що пов'язаний із відновленням іонів кадмію до металів не має чіткої залежності від вихідних концентрацій розчинів.

Вихід за струмом при концентрації (CdSO_4) моль-екв/л) 0,25 становить в середньому 7 % і при 0,5 моль-екв / л також в середньому 8 %. Не значні, і до того ж, близькі значення виходу за струмом виділення металевого кадмію на катоді обумовлені як від'ємним значенням електродного потенціалу кадмію, так і конкурентним процесом газоутворення – виділенням водню. Все це демонструє діаграма.

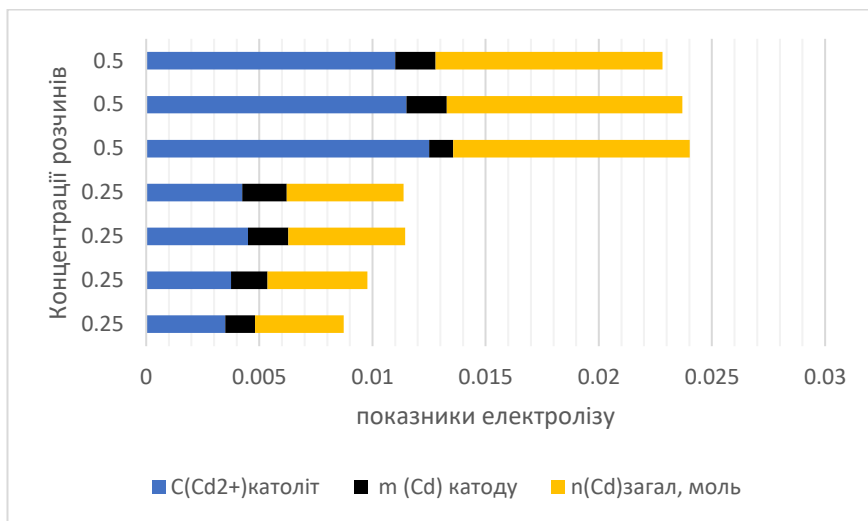


Рисунок 1 - Співвідношення показників електролізу (зміна концентрації іонів кадмію в розчині католіту - $C(\text{Cd}^{2+})$ католіт, виділення металу на катоді $\Delta m(\text{Cd})$ катоду, сумарну кількість іонів кадмію ($n(\text{Cd})$ загал, що мігрувала в католіт) при різних вихідних концентраціях модельних розчинів 0,25 і 0,5 моль-екв / л.

На діаграмі також видно, що при збільшенні концентрації вихідних розчинів зростає перехід іонів крізь мембрану, що збільшує концентрацію кадмію в католіті і загальну кількість моль переміщеного кадмію. Враховуючи достатньо високі числа перенесення іонів кадмію при тривалому процесі, можна очікувати значне збільшення вмісту іонів в католіті, що дозволить збільшити і вихід за струмом металевого кадмію на катоді.

Таким чином, на основі дослідження можна зробити висновок, що 2 вилучення іонів кадмію є повністю можливим із застосуванням двокамерного електрохімічного модуля з катіонообмінною мембраною.

Список літератури:

1. European industrial strategy. *European Commission*. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-industrial-strategy_en (date of access: 26.02.2024).
2. Membrane Processes during the Regeneration of Galvanic Solution / V. O. Serdiuk et al. *Journal of Engineering Sciences*. 2018. Vol. 5, no. 2. P. F1–F6. URL: [https://doi.org/10.21272/jes.2018.5\(2\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2018.5(2).f1) (date of access: 26.02.2024).

**СЕКЦІЯ «ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ І ГІДРОПНЕВМОАГРЕГАТИ.
ПРИКЛАДНА ГІДОАЕРОМЕХАНІКА»**

ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ КОЛЕС, СТВОРЕНИХ МЕТОДОМ 3D ДРУКУ

Безсмертний О. С., аспірант, гр. А-05/МБ; Ратушний О. В., к.т.н., доц., ст. викладач каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.

На сьогодні є потреба в підвищенні міцності робочих колес насоса надрукованих методом 3D. Для цього доцільно використовувати хімічну обробку дихлоретаном. Цей етап спрямований на покращення поверхневої якості та стійкості виготовлених деталей.

Дихлоретан, який входить до класу хлорованих вуглеводнів, буде використаний як розчинник у процесі обробки. Ця хімічна речовина містить два атоми водню, два атоми вуглецю і чотири атоми хлору. Вона виявляється ефективною для підвищення якості та стійкості друкованих деталей, оскільки взаємодіє з матеріалом, усуваючи невеликі дефекти та нерівності, та забезпечує більш однорідну текстуру.

Хімічна обробка деталей дихлоретаном впливає на них різними способами в залежності від матеріалу, використаного при друку, та конкретного застосування. Нижче приведені аспекти впливу дихлоретану на пластик:

1. Зняття дефектів та нерівностей: дихлоретан ефективно розчиняє певні матеріали, такі як ABS-пластик, що часто використовується в 3D друку, і може видаляти дрібні дефекти та нерівності.

2. Поліпшення текстури та зовнішнього вигляду: обробка деталей дихлоретаном може зробити їх поверхню більш гладкою та однорідною, що особливо важливо для виробів, де зовнішній вигляд та текстура мають значення.

3. Зміцнення структури: взаємодія з дихлоретаном може покращити міцність деяких типів матеріалів та зменшити їх вразливість до зовнішніх факторів.

4. Збереження форми та розмірів: деякі матеріали можуть реагувати на дихлоретан зі зміною форми або розміру, а обробка може зменшити цей ефект.

5. Відсутність агресивного впливу: дихлоретан м'яко впливає на багато матеріалів, тому ризик пошкодження деталей чи їх деформації під час обробки знижується.

Ефективність обробки деталей дихлоретаном може варіюватися залежно від умов та властивостей матеріалу. Ці аспекти важливо враховувати при виборі методу обробки для конкретних деталей.

Обробка деталей дихлоретаном є важливим етапом у виробничому процесі, оскільки вона значно покращує якість поверхні виготовлених деталей. Цей метод дозволяє усунути подряпини, нерівності та інші дрібні дефекти, що можуть з'явитися під час друку. Особливо він ефективний для пластиків, таких як ABS та PETG, оскільки вони добре реагують на дію дихлоретану, що призводить до покращення якості їхньої поверхні.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАСТИКОВИХ ЗРАЗКІВ ВИГОТОВЛЕНИХ МЕТОДОМ 3D ДРУКУ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В НАСОСОБУДУВАННІ

*Волобуєв В. В., аспірант, гр. А-35/МБ; Кулініч С. П., к.т.н., доц.,
ст. викладач каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.*

Застосування 3D друку в машинобудуванні відкриває широкі можливості для швидкого створення складних деталей та прототипів і з високою точністю. Цей технологічний процес дозволяє виробляти компоненти та деталі для автомобілів, літаків, суден, турбін, двигунів та інших машин з використанням різних матеріалів, включаючи пластик, метал, кераміку та навіть композитні матеріали.

За допомогою даного процесу можна здійснювати швидку та ефективну розробку та виготовлення прототипів нових деталей та компонентів. Це зменшує час, необхідний для проектування та тестування нових конструкцій, що дозволяє підвищити швидкість випуску нових продуктів на ринок. Крім того, за допомогою 3D друку можна виготовляти унікальні, індивідуалізовані деталі, які відповідають конкретним потребам клієнтів.

Для вибору пластику пропонується виготовити зразки, які будуть оцінені за наступними критеріями:

1. Міцність на розтяг: Цей параметр визначатиметься за допомогою динамометра, що дозволить виміряти опір матеріалу руйнуванню під дією розтягуючої сили.

2. Міцність на стиск: Значення цього показника також буде визначатися за допомогою динамометра, який допоможе виміряти силу, яку може витримати зразок під дією стискаючої сили.

3. Твердість: Твердість матеріалу буде визначатися за допомогою твердоміра, що дозволить виміряти ступінь стійкості матеріалу до проникнення твердого тіла.

4. Модуль пружності: Цей показник також буде виміряно за допомогою динамометра, що дозволить оцінити здатність матеріалу повертатися у вихідний стан після прикладення розтягуючої сили.

5. Температура плавлення: Цей параметр визначатиметься за допомогою термометра, який дозволить виміряти температуру, при якій матеріал стає рідким.

Ці критерії дозволять провести об'єктивну оцінку структурних властивостей різних пластиків і на основі цього буде обраний відповідний тип пластику для конкретного застосування.

Для кожного виду пластику пропонується створити тестові зразки. Ці зразки пройдуть випробування на міцність при розтягу та стиску, а також на твердість і температуру плавлення.

У процесі досліджень також буде вивчено, як різні параметри 3D-друку впливають на характеристики виготовлених деталей. Дослідження охоплюватиме зміни у стилі заповнення, щільності заповнення та швидкості друку.

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ОСЬОВОЇ ТА РАДІАЛЬНОЇ СИЛИ В КОНТРОТРОРНОМУ СТУПЕНІ

*Куліков О. А., аспірант, гр. А-05/МБ; Ратушній О. В., к.т.н., доц.,
ст. викладач каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми.*

На сьогодні є формули для визначення осьової та радіальної сили, що виникають в звичайному робочому колесі відцентрового насоса. Загалом, осьова сила має три складові. Перша складова - це натікання рідини на робоче колесо, воно є незмінним для всіх типів відцентрових насосів. Друга складова - це виникнення осьової сили при нормальній роботі переднього щільного ущільнення. Третя складова - це виникнення осьової сили при критичному зносі переднього щільного ущільнення робочого колеса. Формули, що отримані сьогодні справедливі для відцентрових насосів, але в контрроторному ступені принцип дії та виникнення осьової сили має інший характер, так як робоче колесо і лопатевий диск розташовані в одній проточній частині та знаходяться близько один до одного.

Загалом, для визначення осьової сили в контрроторному ступені можна користуватися дещо іншими методами визначення сили. Так як сила - це тиск, помножена на площу, то для визначення оптимальної сили, що виникає в ступені достатньо знайти площі основних та покривних дисків, як робочого колеса, так і лопатевого диска, і перемножити ці площі на відповідні тиски з урахуванням густини рідини, що перекачується.

Тому, для визначення осьової сили в контрроторному ступені достатньо використовувати лише дві формули. Перша формула - це різниця добутку відповідних тисків та площ, друга формула - це натікання рідини в робоче колесо ступеню, яке є незмінним.

В результаті чого, ми отримуємо осьову силу, що діє на контрроторну ступінь. Через конструкцію такої ступені, майже вся осьова сила буде врівноважуватись. А за розрахунковими даними, осьова сила не перевищує 20 кг. при правильно розташованому щільному ущільненні.

Щодо радіальної сили ступеню, вона визначається за стандартними формулами. Єдиним винятком є те, що радіальну силу потрібно окремо розраховувати як для робочого колеса, так і для лопатевого диску. Підсумувавши два отримані значення радіальної сили, ми отримаємо загальну радіальну силу, що взаємодіє на підшипник. Загалом, через конструкцію контрроторного ступеню, радіальна сила буде дещо більшою ніж в звичайних насосах консольного типу.

Врівноважити як осьову, так і радіальну силу, що виникає при роботі в контрроторному ступені можна за допомогою правильно підібраних підшипникових вузлів, яких на даний час є дуже велика різноманітність.

МОДЕЛЮВАННЯ ШУМУ ЛОПАТІ КВАДРОКОПТЕРА

*Лук'янов Петро В., доцент, кафедра АРБ ННІАТ;
Душеба О.В., аспірант, кафедра АРБ ННІАТ,
КПІ ім. І. Сікорського, м. Київ*

Дослідження впливу параметрів лопаті квадрокоптера на характер та рівень шуму аеродинамічного походження є актуальною задачею, оскільки за останнє десятиріччя різко збільшилась кількість застосування безпілотних літальних апаратів квадаторного типу, що спричиняють шумове забруднення. Єдиної моделі, що дозволяє вивчити шум аеродинамічного походження квадрокоптера, до поки немає. Тому автори зазвичай користуються існуючими моделями з вивчення шуму ротора вертольота.

Розглянемо лопать квадрокоптера, що обтікається ідеальною стисливою течією. Звук, що генерується за рахунок взаємодії даної течією і лопаттю, описуються тривимірним нестационарним рівнянням поширення малих збурень [1]. На поверхні лопаті задається умова непротікання через поверхню.

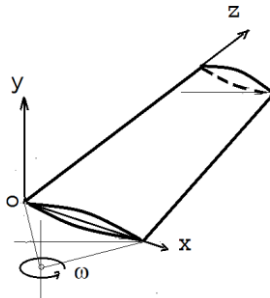
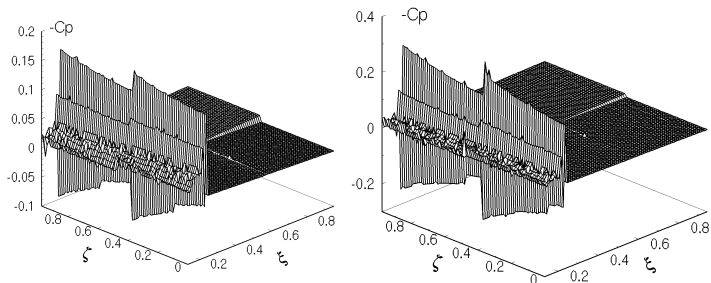


Рисунок 1 – Лопать квадрокоптера, що обертається

Для оцінки впливу варіації параметрів лопаті на генерацію звуку аеродинамічного походження досліджено вплив кута атаки, кута постановки лопаті у площині обертання, а також частоти обертання лопаті на поведінку коефіцієнту тиску, рівня звукового тиску і частотний спектр аеродинамічного шуму.

Аналіз отриманих розрахункових даних показав, що лопать із круткою генерує звукове поле трьома серіями збурень (рис. 2), розташованими одна за одною вздовж поперечного перерізу лопаті. Причому перша серія збурень має нестійкий характер, що спричинено круткою лопаті. Наступні за нею дві серії піків мають плавний характер. Рівні максимумів у цих серіях залежать від кута постановки лопаті до потоку в площині обертання ротора квадрокоптера.

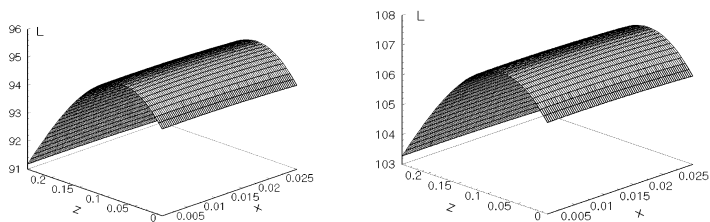


а)

б)

Рисунок 2 – Коефіцієнт тиску для $\Omega=2500$ об/хв : а) $\alpha = 7^\circ$; б) $\alpha = 10^\circ$

Дані розрахунку дальнього звукового поля (рис.3) демонструють, що поверхня рівня звукового тиску має плавний характер. Кут постановки лопаті до потоку спричиняє варіацію рівня звукового тиску в межах 2дБ. Водночас залежність максимального рівня звукового тиску від частоти обертання істотна: від 95дБ до 108дБ. Отримані числові значення показали досить гарний збіг із наявними експериментальними даними для лопаті квадрокоптера [2], близької за розміром до досліджуваної в даній роботі. Крім того, розрахунки виявили, що основним параметром, який визначає рівень шуму, є частота обертання ротора.



а)

б)

Рисунок 3 – Рівень звукового тиску : а) $\Omega=2500$ об/хв , б) $\Omega=7000$ об/хв

Список літератури

1. Лук'янов Петро В. Нестационарне поширення малих збурень від тонкого крила: ближнє і дальнє поле. //Акустичний вісник–2009–Т.12,(3)–С.41-55.
2. Giorgia Sinibaldi, Luca Marino. Experimental analysis on the noise of propellers for small UAV. //Applied Acoustics. Volume 74, Issue 1, January 2013, Pages 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2012.06.011>

ПОШИРЕННЯ УДАРНОЇ ХВИЛІ У БУЛЬБАШКОВІЙ РІДИНІ

Павлова К.С., аспірантка, кафедра гідро-газових систем, Національний авіаційний університет, м. Київ

Явище гідравлічного удару поширене в технічних пристроях. З фізичної точки зору, це нестационарна течія рідини [1]. Під час роботи усередину рідини можуть потрапляти частинки газу, перетворюючи її на бульбашкову – з відносно невеликим вмістом газу. Крім того, на основі ударної хвилі у суміші рідини і газу працюють авіаційні реактивні двигуни [2]. Для точного моделювання поширення ударної хвилі потрібно знати її структуру під час утворення. Тому в роботі наведені результати поширення ударної хвилі у наближенні нескінченного середовища, яким є бульбашкова рідина.

Традиційно, вивчення поширення ударної хвилі в бульбашковій рідині пов'язується із динамікою бульбашки. Мається на увазі відоме рівняння Релея-Плессета та наступні, пов'язані із ним дослідження. Існує також інший підхід щодо опису бульбашкової рідини – на підставі механіки гетерогенних середовищ [3]. Саме цей підхід використано при описі поширення ударної хвилі в бульбашковій рідині. За припущення про малий вміст бульбашок газу, враховується додатково тертя о стінку -- за моделлю Вейсбаха-Дарсі. У безрозмірних величинах маємо систему двох автомодельних рівнянь

$$\alpha_1 (1 + \bar{p}') \left(-\frac{d\bar{V}}{d\bar{\eta}} + \bar{V} \frac{\partial \bar{V}}{\partial \bar{\eta}} \right) + \frac{d\bar{p}'}{d\bar{\eta}} + \bar{\lambda} (1 + \bar{p}') \bar{V} |\bar{V}| = 0, \quad (1)$$

$$(1 + \bar{p}') \left(\frac{d\bar{V}}{d\bar{\eta}} - Bb \right) + \alpha_1 \left(\bar{V} \frac{d\bar{p}'}{d\bar{\eta}} - \frac{d\bar{p}'}{d\bar{\eta}} \right) = 0. \quad (2)$$

Саме у автомодельних змінних зручно формулювати «початкову» умову: нульове значення автомодельної змінної відповідає максимальному значенню поля збурень тиску, яке поширюється зі швидкістю звуку. Систему рівнянь можна розв'язати відносно перших похідних – для швидкості та збурень тиску. Завдяки автономності системи, можна знайти її розв'язок – функцію тиску від швидкості поширення хвилі. Цей розв'язок має такий вигляд:

$$\bar{p}'(\bar{V} \leq 0) = 2 \exp \left(\int \frac{\alpha_1 Bb - \alpha_1 Bb - \bar{\lambda} \bar{V}^2}{\alpha_1 \bar{\lambda} \bar{V}^3 - \alpha_1 \bar{\lambda} \bar{V}^2 + Bb} d\bar{V} \right) - 1, \quad (3)$$

$$\bar{p}'(\bar{V} \geq 0) = 2 \exp \left(- \int \frac{\alpha_1 B b \bar{\lambda} \bar{V}^2 - \alpha_1 B b}{-\alpha_1 \bar{\lambda} \bar{V}^3 + \alpha_1 \bar{\lambda} \bar{V}^2 + B b} d\bar{V} \right) - 1. \quad (4)$$

Для якісного аналізу можна розглянути випадок, коли тертям о стінку знехтуване. Тоді розв'язок (3)-(4) спрощується до

$$\bar{p}'(\bar{V}) = 2 \exp \left(-\alpha_1 (\bar{V} - 1)^2 / 2 \right) - 1. \quad (5)$$

У виразі (5) враховано, що максимум збурень тиску припадає на рівну одиниці безрозмірну швидкість поширення хвилі. Графік залежності (5) представлено на рис. 1. Аналіз графічної інформації вказує на можливість існування зон із від'ємним збуренням тиску. Але, зважаючи на масштаб цієї величини, що є добутком густини несучої фази на квадрат швидкості поширення звуку в рідині, маємо таку картину. Безрозмірне значення збурень тиску ріне одиниці, відповідає приблизно 20000 атмосфер. Падіння збурень тиску неможливе до такого мінімального значення. Це, скоріше за все, відноситься до детонаційних хвиль, які можуть поширюватися зі швидкостями, які в рази більші за швидкість поширення звуку.

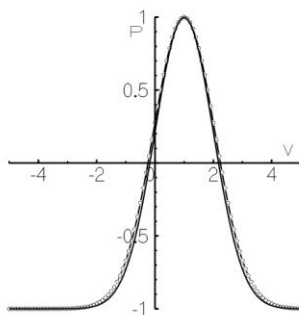


Рисунок 1 – Залежність збурень тиску від швидкості поширення ударної хвилі: суцільна лінія – однорідна рідина, маркери –вміст бульбашок 0.1.

Список літератури

1. Pavlo Lukianov, Kateryna Pavlova. Unsteady flow of droplet liquid in hydraulic systems of aircrafts and helicopters^ models and analytical solutions. *Авіаціно-космічна техніка і технологія*, 2024, №1 (193), с. 32-42.
2. Roy, G.D., Frolov, S.M. , Borisov, A.A., Netzer, D.W. 2004. Pulse Detonation Propution^ Challenges, Curent Status, and Future Perspectives. *Prog. Energy Combust. Sci.* 30, (6), 545.
3. Нігматулін, Р.І. Основи механіки гетерогенних середовищ – Мю: Наука, 1978. – 336 с.

ЧАСТКОВЕ ПРИЛИПАННЯ-ПРОСКОВЗАННЯ У ОБЛАСТІ РОЗВИТКУ НЕСТИСЛИВОЇ ТЕЧІЇ РІДИНИ В ПРИМЕЖОВОМУ ШАРІ

*Лук'янов П.В., доцент, Сун Л., аспірант, кафедра гідро-
газових систем, Національний авіаційний університет, м. Київ*

Для авіації вкрай важливу роль грає такі поняття як підйомна сила та сила тертя поверхні літака або вертольоту. Дослідження нестисливої течії рідини в примежовому шарі виявили той факт, що молекулярна в'язкість може бути змінною – як у просторі [1], так і в часі [2]. Підхід, що загалом використовується, заснований на рівняннях Нав'є-Стокса, які мають вигляд:

$$\frac{\partial V_x}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} = \mu \left(\frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} \right), \quad (1)$$

$$\frac{\partial V_y}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_y}{\partial y} = \mu \left(\frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} \right), \quad \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = 0. \quad (2)$$

3)

Якщо вважати молекулярну в'язкість сталою, то двом невідомим функціям (компонентам швидкості) відповідають три різних рівняння. Іншими словами, традиційний підхід є не коректний у даному разі. Тому виходом є

$$\mu \neq Const. \quad (4)$$

Обмежимося розглядом стаціонарної течії рідини. Рівняння (1--2), за умови (4) та стаціонарності руху, набувають вигляду:

$$V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} = \delta^2 \left(\frac{\partial \mu}{\partial x} \frac{\partial V_x}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} \right) + \frac{\partial \mu}{\partial y} \frac{\partial V_x}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2}, \quad (5)$$

$$V_x \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_y}{\partial y} = \delta^2 \left(\frac{\partial \mu}{\partial x} \frac{\partial V_y}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} \right) + \frac{\partial \mu}{\partial y} \frac{\partial V_y}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2}, \quad (6)$$

В (5-6) δ є відношення вертикального до горизонтального масштабів області течії і є малою величиною у примежовому шарі. Тому рівняння (5-6) можна, із високою точністю, замінити на більш прості у вигляді:

$$V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} = \frac{\partial \mu}{\partial y} \frac{\partial V_x}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2}, \quad (7)$$

$$V_x \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_y}{\partial y} = \frac{\partial \mu}{\partial y} \frac{\partial V_y}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} \quad (8)$$

Із рівняння (3) випливає дуже серйозний висновок: якщо на поверхні $y=0$ має місце співвідношення $\frac{\partial V_x}{\partial x} = 0$, то тоді $\frac{\partial V_y}{\partial y} = 0$. А це, разом із відсутністю самої швидкості V_y на поверхні, означає, що $V_y \equiv 0$. Цей факт заперечує самому визначенню області розвитку течії, де $V_y \neq 0$ при $y \neq 0$.

Вийти із щойно зазначеної ситуації допомагає більш загальний, ніж у Стокса, підхід. Згідно із цим підходом, слід піти далі робіт [1-2] і припустити, що умова прилипання на поверхні тіла не виконується: має місце часткове прилипанні-ковзання. [3]. В решті решт, вдається, з використанням варіаційного числення, отримати розподіл повздовжньої швидкості шляхом розв'язання системи рівнянь Ейлера за методом розділення змінних та отримати розв'язок у вигляді (див. рис.1)

$$(9) \quad V_x(x, y) = X_x(x)Y_x(y) = (1 - \exp(\alpha x)) \exp(-\alpha y), \quad \text{де} \quad \alpha \approx 5.$$

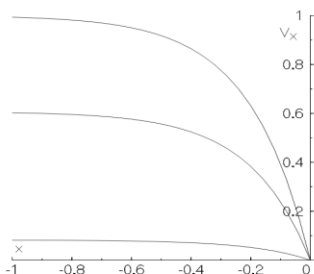


Рисунок 1 – Залежність безрозмірної повздовжньої швидкості при $y=0$.

Список літератури

1. Lukianov, P,V, Optimal character and different nature of flows in laminar boundary layers of incompressible fluid flow [Text]/P,V, Lukianov, L. Song // Problems of friction and wear. – 2022. -- no. 4(97). --P. 52-60. doi : 10.18372/0370-2197.4(97)16959.
2. Lukianov , P.V., Song, L. Compact analogs of the models of vortex flows generated by aircraft flight. *Aviatsiyno-kosmichna tekhnika i tekhnolohiya.* - - 2023. iss. 5(191). pp. 4--20. doi: 10.32620/akt.2023.5.01
3. Lukianov, P.V., Song, L. Flow development region in the boundary layer: two-component molecular viscosity and paertial slip. *Aviatsiyno-kosmichna tekhnika i tekhnolohiya.* -- 2023. iss. 6(192). pp. 38--47. doi: 10.32620/akt.2023.6.05

АНАЛІЗ ТЕЧІЇ В БОКОВИХ ПАЗУХАХ РОБОЧОГО КОЛЕСА БАГАТОСТУПЕНЕВОГО НАСОСУ З ОПОЗИТНИМ РОЗТАШУВАННЯМ РОБОЧИХ КОЛІС

*Маківський О. С., аспірант, гр. А-15/МБ;
Лугова С. О., к.т.н., асистент каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми*

Течія в бокових пазухах має великий вплив на осьову силу, яка діє в насосі. Тому необхідно детально аналізувати течію в бокових пазухах для попередження негативних процесів, які можуть виникати у відцентровому насосі.

В свою чергу, на течію в бокових пазухах робочих коліс мають вплив декілька факторів, основними з яких є геометричні параметри бокових пазух, напрямок витрати через ущільнення та рециркуляція на виході з робочого колеса. Наведені результати досліджень Й. Ф. Гюйліха демонструють, що рециркуляція стабілізується, якщо робочі колеса відцентровані відносно напрямних апаратів, а додаткове невраховане осьове зусилля з'являється у випадку, коли робоче колесо зміщено відносно напрямного апарата і рециркуляція розвивається на покривному диску [1]. Насоси з опозитним розташуванням робочих коліс в більшій степені залежать від зміни геометричних параметрів бокових пазух. Зміщення ротора в насосах такого типу може призвести до непередбачуваних наслідків аж до повної зупинки роботи насоса та виходу з ладу підшипникових вузлів. Саме такі проблеми та способи їх вирішення продемонстровано в статі Лугової С. О. Вплив зміни геометрії центральної розвантажувальної втулки на потік в бокових пазухах і на величину осьового зусилля розглянутий також в результатах досліджень [2].

Для врахування швидкості обертання рідини в пазухах використовується коефіцієнт обертання k . Цей коефіцієнт визначається як відношення тангенціальної швидкості рідини до колової швидкості.

$$k = \frac{c_u}{u} = \frac{\beta}{\omega} \quad (1)$$

За методикою, яка розроблена у АТ «ВНДІАЕН», спрощено прийнятий коефіцієнт $k = 0,5$, щоб отримати прості алгебраїчні вирази для визначення поверхневих сил, які діють на диски робочого колеса. Таке спрощення добре підходить та дає мінімальну похибку для оцінки величини осьової сили на режимах подач, близьких до оптимальних, та не враховує геометрії пазух і величини перекриття. В опозитних насосах геометрія пазух має великий вплив на величину осьової сили, особливо на режимах неоптимальних подач, пазухи можуть бути повністю перекриті або повністю відкриті.

Існує більше складна методика Й. Ф. Гюйліха для врахування величини коефіцієнта обертання рідини, де k це функція від радіуса [1].

$$k = f(r) \quad (2)$$

Недолік цієї методики полягає в тому, що через її складність не можна створити універсальний алгоритм розрахунку, кожен пазуху необхідно розрахувати заново. Перевага такої методики в тому, що вона дозволяє врахувати основні фактори, які впливають на течію в пазусі та зменшує похибку при розрахунку величини статичної осрової сили.

Одним із засобів оцінки течії в пазухах робочого колеса є використання чисельних розрахунків, так званий CFD-метод. Він широко використовується при дослідженнях осрових зусиль в насосах [2–4].

Д. Флоранжич в своїй роботі також довів ефективність використання програмного забезпечення TaskFlow [5]. Також згідно з порівнянням результатів отриманих за допомогою експериментальних та чисельних досліджень можна зробити висновок, що для дослідження течії в боковій пазусі можна ефективно використовувати програмний комплекс Ansys.

Отже, так як статична осрова сила має великий вплив на роботу відцентрових багатоступеневих насосів з опозитним розташуванням робочих коліс, необхідно враховувати коефіцієнт обертання рідини k при визначенні її величини. Використання програм чисельного моделювання є ефективним інструментом у визначенні та врахуванні коефіцієнту обертання рідини k .

Список літератури

1. Johann Friedrich Gülich. Centrifugal Pumps. / Johann Friedrich Gülich. – 2nd ed. // Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008, 2010. – 998 p.
2. O. M. Kovtun, Igor Borisovich Tverdokhle, Svitlana Lugova, O. S. Makivskii, O. L. Lugovii. Axial Forces In Multistage Back-to-back Pumps. Journal of Physics Conference Series, January 2021, 1741(1):012001. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/348654922_Axial_forces_in_multistage_back-to-back_pumps/references
3. Shah S, Jain S, Patel R, et al. CFD For Centrifugal Pumps: A Review Of The State-of-the-art. Procedia Engineering. 2013; 51:715-720. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.102>
4. Simone Salvadori, Stefania Della Gatta, Paolo Adami, Laura Bertolazzi. Development Of A CFD Procedure For The Axial Thrust Evaluation In Multistage Centrifugal Pumps / Department of Energetic “S. Stecco”, University of Firenze, Italy. 2007. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/259073244_Development_of_a_CFD_Procedure_for_the_Axial_Thrust_Evaluation_in_Multistage_Centrifugal_Pumps
5. Marjan Gantar, Dr. Dusan Florjancic, Dr. Brane Sirok. Hydraulic Axial Thrust In Multistage Pumps – Origins And Solutions / Proceeding of ASME FEDSM 01, 2001 ASME Fluids Engineering Division Summer Meeting, New Orleans, May 29-June 1, 2001, FEDSM 2001-18070. Режим доступу: <https://asmedigitalcollection.asme.org/fluidsengineering/article-abstract/124/2/336/444541/Hydraulic-Axial-Thrust-in-Multistage-Pumps-Origins?redirectedFrom=fulltext>

СУТНІСТЬ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ РОТОРА ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ І ЇЇ ВПЛИВУ НА РОБОЧИЙ ПРОЦЕС

Глянько В. С., аспірант, кафедра ПГМ; група А-35/МБ

Насоси являють собою гідравлічні машини, призначені для переміщення рідин під тиском. Перетворюючи механічну енергію приводного двигуна в механічну енергію руху рідини, насоси піднімають рідину на певну висоту, подають її на необхідну відстань у горизонтальній площині або змушують циркулювати в будь-якій замкненій системі [1].

Відцентрові насоси – найпоширеніші насоси, що призначені для подання холодної або гарячої води, в'язких або агресивних рідин (кислот і лугів), стічних вод, сумішей води з ґрунтом, золою і шлаком, торфом, подрібненим кам'яним вугіллям. Висока ефективність сучасного насосного обладнання, в сполученні з енергоефективністю і можливістю застосування в широкому діапазоні продуктивностей та напірних характеристик насосів, роблять його незамінним на будь-якому виробництві та системах водопостачання. Відцентрові насоси є одним з найбільш поширених типів насосів, які використовуються в різних галузях промисловості для перекачування великих об'ємів рідин з високою ефективністю.

Основними перевагами відцентрового насосу є таке: 1. рівномірність подачі; 2. швидкохідність (можливість безпосереднього з'єднання з двигуном); 3. компактність; 4. простота будови; 5. можливість перекачування забруднених рідин, так як у відцентрових насосів є великі зазори між кожухом і насосом і відсутні клапани; 6. для установки відцентрових насосів не потрібні масивні фундаменти.

Найбільш вагомими недоліками відцентрових насосів є: 1. тріхи менший к. к.д. ніж у поршневих насосів (на 10–15% нижчий); 2. необхідність заливки насосу і всмоктуючої труби рідиною перед його пуском; 3. зменшення продуктивності зі збільшенням напору; 4. різке зниження к. к.д. при малій продуктивності. Загальною математичною моделлю для підвищення швидкості обертання ротора відцентрового насосу є опис руху суцільної в'язкої рідини рівнянням Нав'є-Стокса.

Підвищення швидкості обертання ротора відцентрового насосу може досягатися за рахунок зниження габаритних, масових характеристик та випукла форма лопатей ротора. У випадку спрощеного розрахунку швидкості обертання ротора відцентрового насосу пряма жорсткість ущільнення-опори визначалась з залежності для короткого шпаринного ущільнення.

Список літератури

1. Сапожніков С. В. Енергозбереження в насосних системах. XXIII Міжнародна науково-технічна конференція АС ППІ «Промислова гідравліка і пневматика». Київ, 2023. С. 105–107.

ДО ПИТАННЯ ПІДБОРУ НАСОСНОГО УСТАТКУВАННЯ ПІД ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕРЕЖІ

*Андрусак В. О., аспірант, каф. прикладної гідроаеромеханіки СумДУ;
Кондусь В. Ю., к.т.н. доцент, каф. прикладної гідроаеромеханіки СумДУ;
Івченко О. В., к.т.н. доцент, в.о. зав. каф. Проектування технічних
систем СНАУ, м. Суми;*

Насосне устаткування широко застосовується у всіх галузях життєдіяльності людини та є споживачем значної частки енергетичного ресурсу. Останніми роками доволі гостро постає питання генерації енергії не лише в Україні, але й у світі. Тому питання як підібрати найбільш ефективне насосне обладнання для заданих технічних параметрів мережі є досить актуальним.

Зазвичай підбір насосного устаткування відбувається під певне значення напору ($H_{номр}$) та подачі ($Q_{номр}$). Подача ($Q_{номр}$) та тип рідини визначається технологічним процесом, а необхідний напір ($H_{номр}$), та характеристику мережі визначають за залежністю [1]:

$$H_{номр} = H_{ст} + k \cdot Q_{номр}^2, \quad (1)$$

де $H_{ст}$ – статичний напір, м; k – коефіцієнт опору мережі, $\text{с}^2/\text{м}^5$.

Відповідно до значень напору ($H_{номр}$) та подачі ($Q_{номр}$) підбирають насос, та будують на одному графіку напірну характеристику насоса та характеристику мережі. Знаходять точку перетину двох кривих (робоча точка, далі РТ), яка повинна відповідати координатам ($H_{номр}$, $Q_{номр}$). Якщо вона не відповідає, то застосовують один із методів регулювання: регулювання за допомогою засувки на напірному трубопроводі, частотне регулювання, регулювання перепуском та ін. [1].

Наведений метод підбору насосного устаткування має основний недолік, що полягає в тому що не розглядається технологічний процес перекачування рідини комплексно, а відбувається підбір під одне певне значення напору та подачі (режиму роботи насосного устаткування). В той же час РТ майже ніколи не співпадає з точкою максимальної енергоефективності насоса (далі – $ВЕР$). Це призводить до того, що фахівці намагаються підбирати обладнання так, щоб РТ знаходиться в діапазоні значень $0,7 \cdot Q_{ВЕР} - 1,2 \cdot Q_{ВЕР}$ [2]. У випадку коли, робота обладнання відбувається поза межами РТ, то така експлуатація відбувається на не розрахункових режимах ($0,7 \cdot Q_{ВЕР} > Q > 1,2 \cdot Q_{ВЕР}$). Це призводить до різкого падіння енергоефективності устаткування, та може спричинити передчасний вихід із ладу устаткування.

Одним із методів підбору насосного устаткування є розрахунок його життєвого циклу (LCC) [3]:

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d \quad (2)$$

- де C_{ic} – вартість придбання, (ум. гр. од.);
 C_{in} – вартість монтажу та пусконаладжувальних робіт, (ум. гр. од.);
 C_e – вартість спожитої енергії, (ум. гр. од.);
 C_o – експлуатаційні витрати, (ум. гр. од.);
 C_m – вартість обслуговування та ремонту, (ум. гр. од.);
 C_s – вартість втрат від простою обладнання, (ум. гр. од.);
 C_{env} – вартість природоохоронних заходів, (ум. гр. од.);
 C_d – вартість демонтажу та утилізації, (ум. гр. од.).

Найбільші статті витрат які входять до життєвого циклу, це (C_e) вартість спожитої енергії, та (C_m) вартість обслуговування та ремонту [3].

Цей метод ґрунтовно підходить до вибору устаткування, враховує загальний час його роботи, та багато інших аспектів пов'язаних з експлуатацією. Метод дозволяє оцінити та порівняти можливе обладнання, але стикається з тими ж проблемами що й попередній метод.

Таким чином, на цей час відсутня доступна та науково-обґрунтована методика підбору насосного устаткування під задані технічні характеристики мережі (дві та більше РТ експлуатації насосного устаткування), яка б включала комплексний підхід щодо оцінювання енергоефективності обладнання та дозволяла би проводити порівняння між можливими обраними одиницями устаткування.

Список літератури

1. Кондусь В. Ю. Лопатеві насоси: навчальний посібник / В. Ю. Кондусь, О. І. Котенко. – Суми: Сумський державний університет, 2021. – 294 с.
2. API 610 / ISO 13709:2009. Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries.
3. Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems. Executive Summary. / Hydraulic Institute and Europump. – Oxford: Published by Elsevier Ltd., – January 2001. – 126 p.

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГЕТИЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»

ЗАПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ І РЕГУЛЮВАННЯ ОБСЯГАМИ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ У БУДІВЛЯХ

*Антоненко С. С., доцент каф. ПГМ, СумДУ, м. Суми;
Трофімова Є. С., студентка, гр.ЕМ-01/1, СумДУ, м. Суми*

Значна частина житлового та громадського фонду будівель під'єднанні до централізованої системи тепlopостачання за залежною схемою через вбудовані теплові пункти. Опалення будівель здійснюється з використанням елеваторного пристрою. Така схема опалення будинків була розроблена в минулому столітті і має суттєві недоліки з неефективної роботи системи розподілу теплоенергії. Зазначена технологія тепlopостачання не обладнана засобами керування та автоматизації, які б мали здійснювати регулювання теплових потоків.

Споживачі теплової енергії, які мають підключення до централізованої системи тепlopостачання, отримують теплову енергію у відповідності до теплового графіку надходження теплоносія при повній відсутності технічної можливості коректного регулювання теплової енергії, яка надходить до будівлі. Особливо ця проблема значно постає для будівель, де за режимом їх експлуатації доречно запроваджувати чергове опалення. Вказану проблему централізованого опалення доцільно вирішувати встановленням на ввіді до будівлі індивідуальних теплових пунктів (ІТП) з функцією регулювання обсягами теплонадходження відповідно до теплового навантаження за середньодобовою температурою зовнішнього повітря.

Особливо зазначена проблема пов'язана з будівлями бюджетних установ, для яких обсяги споживання теплової енергії мають жорстку прив'язку до встановлених лімітів, які визначаються за статистичними показниками теплоспоживання попередніх років. Такий підхід є некоректним, так як не може передбачити реальних температурних умов і експлуатаційних факторів системи тепlopостачання поточного опалювального періоду, який може дуже відрізнятись від температурних показників і стану системи тепlopостачання минулих років, що часто призводить до порушення встановлених величин, і змушує постійно проводити складні процедури їх корегування і узгодження.

Для усунення зазначеної проблеми необхідним є запровадження системи контролю і регулювання обсягами споживання теплової енергії відповідно до дійсного стану будівель установ і їх температурного режиму до поточних погодних умов.

Запровадження системи диспетчеризації обсягів тепlopостачання з використання ІТП надає можливість заощаджувати на споживанні теплоенергії шляхом узгодження поточних потреб у тепловій енергії з обсягами її виробництва у котельнях.

Розроблена та апробована у СумДУ система моніторингу обсягів теплоспоживання надає можливість в режимі он-лайн контролювати фактичне теплоспоживання у будівлях, надавати прогнозоване значення

обсягів теплоспоживання, порівнювати їх фактичні і прогнозовані показники відповідно до змінних температур зовнішнього повітря.

Система працює в автоматичному режимі, використовуючи сучасні інформаційні технології та різні канали зв'язку, такі як: мережа Інтернет, локальні та мобільні мережі. Обов'язковою умовою для запровадження системи є наявність на об'єкті лічильника з обліку споживання обсягів теплової енергії, який має цифровий вихід для зняття інформації.

Схема організації обліку та моніторингу теплоспоживання складається з наступних основних технічних вузлів: теплолічильник; робоче місце з моніторингу теплоспоживання; пристрої контролю температури на вході і на виході системи тепlopостачання будинку; лічильник витрати теплоносія; модем для передавання даних через мережі зв'язку; засоби регулювання обсягами споживання теплоенергії.

Для запровадження зазначеної системи моніторингу обсягів теплоспоживання проводиться ряд послідовних робіт, а саме:

- проведення енергоаудиту системи тепlopостачання на об'єкті;
- визначення контрольних параметрів регулювання обсягами теплоспоживання;
- проведення монтажу та тестової апробації системи моніторингу.

Головним результатом зазначених робіт є розрахункове визначення ключового показника обсягу теплоспоживання для конкретної будівлі об'єкту. У наступному, за цим показником контролюються і корегуються обсяги теплової енергії, яка споживається будівлею, відповідно до поточних температур зовнішнього повітря. При такому технологічному підході у дотриманні визначеного контрольного ключового базового показника відбувається збалансоване споживання обсягів теплоенергії без їх суттєвого зменшення або перебільшення.

Використання індивідуального теплового пункту надає можливість проводити автоматичне регулювання споживання тепла будівлею у відповідності до її теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій та температурних показників внутрішнього і зовнішнього повітря у автоматичному режимі.

Робота розробленої системи моніторингу обсягів теплоспоживання надає можливість отримати економію у споживанні високовартісних видів палива для котельнь, зменшення у витратах бюджетних коштів, покращення показників у соціальній сфері у напрямку забезпечення необхідного комфортного мікроклімату у приміщеннях. Також, зменшення обсягів споживання паливно-енергетичних ресурсів покращують екологічні показники, такі як: скорочення викидів парникових газів, та запобігання забруднення довкілля.

Статистичні результати експлуатації запровадженої системи на різних об'єктах теплоспоживання показують зниження обсягів теплоспоживання за опалювальний сезон у середньому на 10%.

ЦЕГЛА – СУПЕРКОНДЕНСАТОР

Грицай М. О., студентка, гр. ЕМ-01/1, СумДУ, м. Суми

Червона цегла є одним із найпоширеніших та найдешевших будівельних матеріалів у світі. А чи знали ви, що вона може бути перетворена у накопичувач енергії? У даній доповіді ми розглянемо цю властивість.

Оскільки сонячні панелі та вітряні турбіни набирають більше й більше популярності, виникає питання у тому, як зберігати всю надлишкову електроенергію, вироблену, коли світить сонце або дме вітер, щоб її можна було використовувати в інший час. Потенційні рішення були запропоновані в багатьох формах, включаючи масивні акумуляторні батареї, швидко обертові маховики та підземні сховища повітря. Команда дослідників Вашингтонського університету в Сент-Луїсі показали, що класичний будівельний матеріал — червона обпалена цегла — може бути одним з накопичувачів та передавачів електричної енергії. Звичайна цегла пориста, як губка, і її червоний колір походить від пігментації, яка багата оксидом заліза. Хуліо Д'Арсі та його колеги виявили, що обидві функції забезпечують ідеальні умови для вирощування та розміщення електропровідних полімерів. Команда з Вашингтонського університету в Сент-Луїсі перетворила базові блоки на суперконденсатори, які можуть освітлювати світлодіод. Проект перевірки концепції будівельної цегли відкриває нові можливості для багатьох цегляних стін і конструкцій у світі. Сонячні батареї на даху, з'єднані дротами, можуть заряджати цеглини, які, у свою чергу, можуть забезпечувати внутрішнє резервне живлення для аварійного освітлення чи інших застосувань. Якщо застосувати до 50 цеглин, суперконденсатор зможе жити світло потужністю 3 Вт протягом приблизно 50 хвилин.

Досягти даного ефекту можна, завдяки пористій структурі цегли. Лабіринт пор прокачується кислотним газом (HCl) при температурі 160 °C. Останній вступає у реакцію з оксидом заліза $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, щоб вивільнити іони заліза Fe^{3+} , сприяє гідролізу та ініціює осадження колоїдних ядер 1D FeOOH, які контролюють окислювально-радикальну полімеризацію. Потім закачується пара мономеру (EDOT), яка полімеризується в присутності іонів заліза для створення нановолокна PEDOT. Частково розчинені ядра FeOOH окислюють пари мономеру 3,4-етилендіокситіофену (EDOT) і контролюють окислювальну радикальну полімеризацію. Контроль як стехіометрії, так і часу реакції призводить до отримання покриттів полі (3,4-етилендіокситіофену) PEDOT різної товщини. Лише PEDOT, синтезований за допомогою окислювально-радикальної полімеризації, демонструє низький електричний опір та високу хімічну та фізичну стабільність. Підвищення концентрації HCl до 14 ммоль вивільняв Fe^{3+} і сприяв окислювально-радикальній полімеризації, що призводило до PEDOT з низьким електричним опором, тоді як концентрації вище 14 ммоль активували кислотно-

каталізований шлях полімеризації, що призводило до неконтрольованих реакцій. Коли домінує окислювально-радикальна полімеризація, концентрація парів EDOT визначає товщину полімерного покриття та його електричний опір.

Синтез починається, коли цегла та хімічні реагенти разом нагріваються в герметичній посудині; хімічні та фізичні зміни на цеглі відстежуються шляхом збору аліквот зразків через різні інтервали часу. Примітно, що червона поверхня цегли не змінює колір протягом перших 4 годин реакції, оскільки розчинення цегли є обмежувальним кроком у змішаному синтетичному механізмі, який складається з випаровування, розчинення, гідролізу та полімеризації. Синє покриття PEDOT видно на цеглі через 4 години після початку реакції, і його товщина збільшується обернено пропорційно електричному опору до кінця реакції через 14 годин. Подовжений час полімеризації збільшує електричний опір двоточкового зонда полімерного покриття, оскільки PEDOT втрачає допант під час нагрівання; на щастя, постсинтетичне легування знижує електричний опір. Синтез виробляє нанофібрилярне покриття PEDOT товщиною 400 мкм (2,8 мас.%), що демонструє електричний опір двоточкового зонда 2 Ом і нановолокна довжиною ~30 мкм і діаметром ~190 нм.

Наведений синтез є загальним і застосовним до різних типів цегли. Було досліджено три типи цегли з різним розміром і пористістю гравію (SiO_2). Цегла типу першого типу демонструвала найбільш відкриту мікроструктуру, що сприяла дифузії парів реагенту, тому використовувалася для дослідження синтезу. Відмінності в пористості між типами цегли впливають з різних розмірів гравію та виробничих змінних, таких як вміст води перед спіканням, температура спікання та тривалість. Парофазний синтез створює безперервне полімерне покриття по всій поверхні цегли, оскільки розчинення генерує водний шар Fe^{3+} , який покриває інертні гравійні ділянки. За ідентичних стехіометрій реакції та часу нановолокна PEDOT з високим співвідношенням сторін однорідно покривають усі типи цегли. Нанофібрилярні покриття PEDOT на всіх типах цегли демонструють лінійні криві напруги з нахилами, які вказують на омічні властивості та подібний електричний опір (~7 Ом).

Щоб мінімізувати витік електроліту, був розроблений симетричний суперконденсатор, що складається з двох з'єднаних цеглин ($1 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \times 0,63 \text{ cm}$) з використанням полівінілового спирту, або 1 моль/л H_2SO_4 гелю, який зв'язує цеглу з покриттям PEDOT, служить електролітом і сепаратором. Шар гелевого електроліту (товщиною 0,7 мм) захищає цеглу ($1 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \times 0,28 \text{ cm}$) від короткого замикання і призводить до посиленого зчеплення між електродами. Цей суперконденсатор типу «сендвіч» об'ємом $0,32 \text{ cm}^3$, вагою 518 мг (включаючи масу електродів і електроліту) містить 13,94 мг PEDOT. У випробуванні на розтяг структура електрод-гель-електрод витримує силу зсуву, яка в 1000 разів перевищує вагу пристрою. Тісний контакт між гелем і

нановолокнами PEDOT покращує передачу заряду, що призводить до низького внутрішнього опору (2,5 Ом) і лінійної кривої Найквіста. Відсутність окисно-відновного піку на циклічній вольтамперограммі вказує на мінімальний внесок $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, присутнього в цеглі, в накопичення енергії. Гелевий електроліт забезпечує на 50% нижчу площинну ємність і щільність енергії, ніж водний електроліт, завдяки придушеній кінетиці проникнення гелю по всьому електроду, що перешкоджає доступу іонів до всіх поверхонь, покритих PEDOT.

Наостанок пристрій покривається водонепроникним епоксидним покриттям. Суперконденсатор стабільно працює в умовах навколишнього середовища, проходячи 10 000 циклів заряду-розряду з $\sim 100\%$ кулонівським ККД і $\sim 90\%$ збереженням ємності. Більше того, цегляний модуль суперконденсатора виробляється, досягаючи напруги 3,6 В шляхом послідовного з'єднання трьох цеглин. Для стаціонарного суперконденсатора вплив зовнішнього середовища неминучий, а епоксидна герметична капсула забезпечує економічно ефективний, механічно міцний і водонепроникний корпус. Це 5-хвилинне епоксидне покриття запобігає випаровуванню води з гідратованої іонної перколяційної мережі гелю, забезпечуючи 10 000 циклів заряду-розряду при 5 мА см⁻² (640 год безперервної роботи) із $\sim 87\%$ збереженням ємності. Гелевий електроліт і інкапсуляція дозволяють працювати при температурах від -20 до 60 °С (цей діапазон охоплює більшість зовнішніх температур. Електрична ємність зростає пропорційно температурі завдяки посиленому іонному транспорту; PEDOT залишається ємнісним після повторних оборотних циклів нагрівання-охолодження. Температури нижче -20 °С або вище 60 °С спричиняють значному замерзанню або випаровуванню води з гелевого електроліту, що призводить до нестабільних електричних характеристик і руйнуванню епоксидного ущільнення.

Епоксидна смола робить стаціонарний суперконденсаторний модуль водонепроникним. Циклічні вольтамперограмми модуля, зібрані під час занурення, демонструють стабільну поведінку, ідентичну тестам перед зануренням. Занурений у воду пристрій заряджається до 3 В за 10 секунд і запалює зелений світлодіод (2,155 В пряма напруга) приблизно на 10 хвилин. Гелевий електроліт та технологія осадження дозволяють збільшити масштаб, послідовно з'єднавши шість великих нановолокнистих цегляних електродів із покриттям PEDOT (2 см × 1 см × 1 см) , що призводить до того, що модуль суперконденсатора заряджається до 3 В за 5 секунд і легко запалюється зелений світлодіод.

Як ми бачимо, стіни зроблені із даної цегли , потенційно можуть зберігати значну кількість енергії. Дана технологія суперконденсаторів додає цінності «дешевому» будівельному матеріалу та демонструє масштабований процес, що забезпечує зберігання енергії для живлення вбудованих мікропристроїв в будівлях, де використовується обпалена цегла.

Список літератури

1. Energy storing bricks for stationary PEDOT supercapacitors / H. Wang et al. Nature Communications. 2020. Vol. 11, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17708-1> (date of access: 10.03.2024).

FEATURES OF THE IMPLEMENTATION OF A COGENERATION ENERGY PLANT TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SUSTAINABILITY OF THE FACILITY

*Yehor Yehorov, student, group IM-21, Sumy State University, Sumy;
Mykola Sotnyk, professor, Sumy State University, Sumy*

Decentralization of energy supply of critical infrastructure objects of Ukraine allows to increase their stability, as well as energy efficiency by introducing cogeneration plants that simultaneously generate electric and thermal energy. An example of this can be the introduction of gas-piston power generators to supply power to divisions of enterprises that use natural gas as a primary energy resource. Under these conditions, the electrical and thermal energy generated by them can be used to power current receivers and to heat premises. The results of the technical and economic analysis of the feasibility of implementing such a measure show that the main problem is the utilization of thermal energy, the consumption of which is uneven during the heating season, as well as the variable nature of the facility's electricity consumption profile.

Determining the balance between heat and electricity generation and consumption volumes is the first step in calculating the installed capacity of a cogeneration plant. It should be noted that the volumes of energy generation are distributed in proportion: 43 % – heat energy, 42 % – electricity, with an average overall indicator of efficiency of fuel use – 84–85 %. Then, having the calorific value of 1 m³ of gas at the level of 9.6 kW/m³, the volume of energy generation from 1 m³: thermal – 4.128 kW; electric - 4,032 kW.

To assess the economic attractiveness of implementation, it is necessary to calculate the cost of 1 kW of generated thermal and electrical energy. If the average gas tariff is T_{gas} accept about 16 UAH/m³ with VAT for critical infrastructure enterprises, then the cost of 1 kW of energy for the thermal cycle will be 1.96 hryvnias with VAT, for electric one also 1.96 hryvnias with VAT (16 UAH/m³:(4.128 kW + 4.032 kW) = 1.960 UAH/kW). These indicators can be used as benchmarks, taking into account the accompanying additional costs, when assessing the feasibility of implementation, comparing them with the current tariffs. The results of the analysis indicate (including considering the existing regulatory documents) that it is advisable to use the installation in the mode of a network station when it is synchronized with the general power grid with the possibility of functioning as an “energy island”. Then the selection of its installed power $P_{ust.email}$ should be coordinated with the daily electricity consumption profile of the object's current receivers in a way to prevent “flows” of electricity into the general network. At the same time, the amount of thermal power $P_{is_set.heat}$ will be derived from the electric one. Their final selection and coordination is carried out to obtain the maximum effect of full use, taking into account the profiles of heat and electricity consumption.

**СЕКЦІЯ «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОСМНИХ
ВИРОБНИЦТВ»**

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РІДИННО-ПАРОВОГО СТРУМИННОГО АПАРАТУ З СОПЛАМИ АКТИВНОГО ПОТОКУ ПРОФІЛЬОВАНОЇ ФОРМИ

*Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри ТТФ;
Гусев Д. М., аспірант, Сумський державний університет, м. Суми*

Для повоєнної відбудови України необхідно створення сучасних, надійних, високоефективних та екологічних систем та установок в різних галузях промисловості та техніки. Все більше і більше технологічних процесів, які раніше неможливо було реалізувати в умовах атмосферного тиску, зараз успішно реалізуються у вакуумних агрегатах. Широкого поширення набувають вакуумні агрегати, в яких застосовуються пароструминні ежектори. Їх робочий процес має багато переваг порівняно з механічними вакуумними насосами, але, водночас, є і ряд суттєвих недоліків, які значною мірою впливають на можливі сфери їх застосування.

Однією з альтернатив пароструминним агрегатам можуть бути рідинно-парові струминні апарати, робочий процес яких заснований на принципі струминної термокомпресії. Вони відносяться до класу двофазних апаратів, тому їх робочий процес є дуже складним та потребує детального вивчення. Авторами проведено ряд теоретичних досліджень рідинно-парових струминних апаратів з профільованими дифузорними частинами сопл активного потоку. В результаті цих досліджень доведено їх переваги перед такими ж апаратами з соплами Лаваля з прямими стінками. Розрахунки профільованих сопел за розробленою авторами математичною моделлю та моделювання в програмному комплексі Ansys CFX показали, що завершення процесу пароутворення відбувається на оптимальній відстані від горловини сопла, а на виході утворюється потік пари з необхідним значенням тиску, а також збільшується коефіцієнт швидкості сопла (від 0,92–0,97 до 0,95–0,98).

Одержані результати потребують експериментальної перевірки. Саме тому авторами створено експериментальний стенд, який дозволяє дослідити сопла з різною геометрією дифузорної частини. Авторами проведено експериментальне дослідження сопел параболічної, гіперболічної та еліптичної форми. Сопло, дифузорна частина якого розрахована за формулою Вітошинського експериментально не досліджувалася, тому що за результатами розрахунків та моделювання його показники ефективності значно нижчі від інших.

Результати експериментальних досліджень рідинно-парового струминного апарату показали, що сопла з профільованою геометрією дифузорної частини дають змогу якісно покращити процес пароутворення струменя робочої рідини активного потоку, досягти більшого ступеня завершеності цього процесу та збільшити показники ефективності порівняно з соплами з прямими стінками дифузорної частини. Коефіцієнт швидкості сопла збільшується на 3-6% в залежності від форми дифузорної частини.

ВАКУУМНА СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЯ

*Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри ТТФ;
Гусев Д. М., аспірант, Листопадній В. М., магістрант, гр. К.м-31,
Сумський державний університет, м. Суми*

Виробництво біодизельного палива посідає одне з головних місць в Європейській та світовій промисловості. Станом на 2022 р. його виробництво в ЄС становить 15,7 млн. т, в світі – Індонезія – 7,6 млн. т, США 7,2 млн. т, Бразилія 5,3 млн. т, Аргентина 2,2 млн. т. Щорічно ця динаміка збільшується. Найпоширенішою технологією виробництва біодизельного палива є технологія з використанням пароструминних вакуумних систем з відкритим контуром лужної води охолодження з градирні. Останні світові практики, які спрямовані на охорону навколишнього середовища, зниження забруднення повітря і води, підвищення ефективності існуючих вакуумних систем призводять до використання вакуумних систем з замкнутим контуром. В таких установках стічні води і гази, що випаровуються, збираються в спеціальних колекторах. Такий тип багатоступневих пароструминних вакуумних систем зазвичай складається з двох бустерних насосів (великих ежекторів, з'єднаних послідовно), головного конденсатора змішування, невеликого проміжного ежектора з конденсатором змішування для відкачування повітря, а також рідинно-кільцевого вакуумного насоса фінального ступеня. Система працює із замкнутим контуром, у якому циркулює вода, необхідна для роботи конденсатора змішування. Однак це не сприяє істотному підвищенню показників ефективності, оскільки пароструминні агрегати є триступневими з проміжними конденсаторами. Це різко знижує ефективність всієї установки.

Одним із шляхів вирішення даної проблеми може бути перехід на більш ефективні двофазні струминні апарати, якими є рідинно-парові струминні апарати (РПСА). Їх робочий процес заснований на принципі струминної термокомпресії, що дозволяє поєднати в РПСА генератор пари та ежектор і відмовитися від деякого допоміжного обладнання (конденсатори, парогенератори). Попередні дослідження показали доцільність їх впровадження в подібних установках. Поєднання їх роботи з рідинно-кільцевим вакуумним насосом дозволяє обрати оптимальні режими роботи РПСА та досягти найвищу ефективність його робочого процесу.

Проведені розрахункові дослідження дозволили визначити навантаження на всі апарати технологічної схеми, що є початковими даними для виконання ексергетичного аналізу вакуумної системи охолодження для установки біодизельного палива на базі РПСА. Одержані результати свідчать про перспективність застосування даних апаратів. Подальший термoeкономічний аналіз дозволить визначити вартість палива та продукту і питому вартість одиниці продукту.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЧІЇ ДВОФАЗНОГО ПОТОКУ В КАМЕРІ ЗМІШУВАННЯ РІДИННО-ПАРОВОГО СТРУМИННОГО АПАРАТУ

*Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри ТТФ;
Євтушенко С. О., аспірант, Сумський державний університет, м. Суми*

В сучасних технологічних процесах широкого поширення набувають агрегати на базі двофазних струминних апаратів. Їх основною перевагою перед іншими типами агрегатів є відсутність рухомих частин, що підвищує строк експлуатації, але водночас вони мають невисоку ефективність. Це пов'язано зі складністю їх робочого процесу, а саме ступенем завершеності змішування активного і пасивного потоків в камері змішування, яка може бути різної геометричної форми.

Автори провели теоретичне дослідження рідинно-парових струминних апаратів і довели, що саме процес змішування цих потоків, його характер та ступінь завершеності визначають рівень показників ефективності та доцільність його застосування в промисловості та техніці. Були проаналізовані апарати з циліндричною камерою змішування та конічною з подальшою циліндричною ділянкою. Форма та повздовжні розміри камер змішування прийняті згідно з рекомендаціями попередніх досліджень авторів.

В результаті теоретичних досліджень було виявлено, що в камерах змішування циліндричної форми спостерігається висока швидкість змішуваних потоків та незавершеність процесу змішування, що негативно впливає на структуру та показники ефективності потоку на виході з рідинно-парового струминного апарату. Найвища ефективність таких камер спостерігається в діапазоні підвищення тиску пасивного потоку на рівні $\pi = 2-4$. В камерах змішування конічної форми з подальшою циліндричною ділянкою спостерігається більша завершеність процесу змішування, однак це спостерігається при ступенях підвищення тиску пасивного потоку на рівні $\pi = 6-10$. Розроблена авторами методика та програма розрахунку враховує особливості робочого процесу рідинно-парового струминного апарату, а саме особливості змішування докритичних активного і пасивного потоків, що мінімізує втрати «на удар» та значно підвищує ефективність всього процесу.

Саме тому, метою даної роботи є створення експериментального стенду для дослідження рідинно-парового струминного апарату з камерами змішування різної геометричної форми. Камера змішування виконана прозорою з можливістю безпосереднього спостереження за процесом змішування потоків.

На даному стенді буде перевірено достовірність одержаних теоретичних результатів, а також проведено кореляцію математичної моделі розрахунку камер змішування шляхом введення необхідних кореляційних коефіцієнтів.

БІВАЛЕНТНІ ТЕПЛОНАСОСНІ УСТАНОВКИ НА БАЗІ РІДИННО-ПАРОВИХ ЕЖЕКТОРІВ

*Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри ТТФ;
Кравченко А. А., магістрант, гр. К.м-31; Моценко О. О., магістрант;
гр. К.м-31, Олада Є. М., зав. навч. лабораторіями кафедри ТТФ,
Сумський державний університет, м. Суми*

На сучасному етапі розвитку теплонасосної технології досить успішно впроваджуються системи опалення та гарячого водопостачання на їх базі. В світовій та Європейській економіці теплові насоси завойовують все більші галузі поширення. Їх стрімкий розвиток сповільнюються міжнародні вимоги, які стосуються екологічної безпеки застосовуваних холодильних агентів. Найбільшого поширення в теплонасосних системах зараз набуває холодильний агент R744 (вуглекислий газ), який є екологічно безпечним та не є озоноруйнуючим. Водночас цикл теплового насоса на його базі буде знаходитися в області транскритичних тисків.

Базовою схемою для бівалентної теплонасосної установки розглянуто схему на базі парокompресійного теплового насоса, основним елементом якого є пароструминний ежектор. Ця технологічна схема застосовується для систем опалення або гарячого водопостачання. Для одночасного виробництва тепла та електроенергії немає повних аналогів.

В якості альтернативної схеми застосовується бівалентна теплонасосна установка, в якій пароструминний ежектор замінено на рідинно-паровий ежектор, що дозволяє перейти на альтернативний холодильний агент R718 (вода). Вода володіє рядом переваг, має високу теплоємність, питому теплоту пароутворення, і в цілому є дешевою та доступною альтернативою сучасним холодильним агентам. Також дросельний пристрій в альтернативній схемі замінено турбіною, яка дозволяє виробляти електроенергію. Головною відмінністю альтернативної схеми є переведення всього циклу на вакуумний режим роботи, що додатково підвищує ефективність установки.

Робочий процес альтернативного теплового насоса залежить від величини сумарної споживаної потужності, а також від співвідношення споживаної теплової та електричної енергії. Для оцінювання доцільності застосування бівалентної теплонасосної установки на базі рідинно-парового ежектора проведено ексергетичний аналіз, який дав змогу порівняти базову та альтернативну схеми та визначити показники їх ефективності. За результатами аналізу можна зробити висновок, що запропонована схема має на 15% вищу ексергетичну ефективність. Після проведення термoeкономічного аналізу стало зрозуміло, що питома одиниця теплоти, яка вироблена в альтернативній схемі коштує на 18% дешевше. Розрахунок вартості електроенергії проводився в порівнянні з існуючими тарифами в Україні, тому що не має аналогічної теплонасосної установки для таких потреб. Питома вартість одиниці електроенергії на 26% менше за існуючий тариф.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ВІДВЕДЕННЯ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ НА БАЗІ РІДИННО-ПАРОВИХ СТРУМИННИХ АПАРАТІВ В КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВКАХ

*Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри ТТФ;
Скиданенко М. С., канд. техн. наук, доц., доцент кафедри ХІ;
Покотило В. М., провідний фахівець кафедри ХІ; Гусєв Д. М., аспірант;
Кочура С. В., магістрант, гр. К.м-31, Сумський
державний університет, м. Суми*

В умовах російсько-Української війни та постійної атаки на об'єкти цивільної інфраструктури, необхідно шукати шляхи підвищення енергетичної ефективності існуючих котельних установок, оскільки в деяких районах нашої держави неможливо побудувати нові сучасні системи тепло- та електропостачання. Дуже важливим є питання відведення та раціонального використання теплоти продуктів згоряння, хоча їх температура є досить великою і знаходиться на рівні 220-260°C.

Базова котельна установка знаходиться на Тростянецькій шоколадній фабриці ПрАТ «Монделіс Україна» (м. Тростянець) та має в своєму складі парогенератор Standardkessel виробництва Standardkessel Baumgarte Holding GmbH (м. Мюльхайм-ан-дер-Рур, Німеччина), в якому відбувається згоряння палива та відведення продуктів згоряння в атмосферу через димар. Такий робочий процес не передбачає утилізацію теплоти продуктів згоряння, хоча попередньо були спроби утилізувати це тепло шляхом підключення до системи теплопостачання. Кінцеву температуру продуктів згоряння вдалося знизити до 60°C.

Автори пропонують схему раціональної теплоутилізації шляхом застосування агрегату на базі рідинно-парового струминного апарату. Він працює за принципом струминної термокомпресії та має ряд суттєвих переваг. По-перше, він працює як парогенератор, тому що в соплі активного потоку відбувається генерація робочої пари. По-друге, це безпосередньо ежектор, в якому відбувається відбір продуктів згоряння з парогенератора з їх подальшим змішування з робочим середовищем активного потоку.

Теплоутилізація в даній схемі полягає в зниженні кінцевої температури продуктів згоряння до 45-50°C, тому ця додаткова частина теплоти, яка відбирається з парогенератора може бути використана в подальшому для підігрівання робочої рідини активного потоку в теплообміннику-підігрівачі. Інша частина теплоти, що більше ніж в базовій схемі на 10-12% також буде використовуватися для потреб теплопостачання.

Застосування рідинно-парового струминного апарату для таких завдань дозволить при відносно невисоких значеннях початкових параметрів ($P_{01} = 4-6$ бар, $T_{01} = 120-160^\circ\text{C}$) отримати підвищення ефективності котельної установки на 12-14% в залежності від кінцевої температури продуктів згоряння на виході з парогенератора.

СХЕМНЕ РІШЕННЯ ТЕПЛОЕЛЕКТРОГЕНЕРУЮЧОГО АГРЕГАТУ НА БАЗІ РІДИННО-ПАРОВОГО СТРУМИННОГО АПАРАТУ

*Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент кафедри ТТФ;
Вербіцький А. Р., аспірант; Кожушко М. В., магістрант, гр. К.м-31;
Сумський державний університет, м. Суми*

Однією з основних проблем цивільного населення під час російсько-Української війни є безперервне забезпечення житлових будинків тепловою енергією для систем опалення та гарячого водопостачання, а також електроенергією. В умовах післявоєнної відбудови нашої держави необхідно вирішувати це питання без використання газового енергоресурсу та технології централізованого опалення і електропостачання. Також необхідно враховувати екологічний аспект, який би задовольняв сучасним Європейським та світовим вимогам до таких систем.

Основним напрямом вирішення проблеми автономного виробництва тепла для систем опалення та гарячого водопостачання є теплонасосна технологія, яка досить успішно використовується в світовій практиці. Однак вона не вирішує системи електропостачання. Автори пропонують альтернативу існуючим теплонасосним установкам з розширенням їх можливостей за рахунок виробництва електроенергії. Це схемне рішення автори назвали «автономний будинок».

Пропоноване авторами схемне рішення полягає в наступних модернізаціях теплонасосної установки. По-перше, необхідно виконати заміну спірального компресора на агрегат на базі рідинно-парового струминного апарату (РПСА), що дасть можливість перейти від дороговартісних та екологічно шкідливих холодильних агентів на звичайну воду, яка використовується як робоча рідина активного потоку РПСА. По-друге, дросельний пристрій необхідно замінити на дискову турбіну, що дасть можливість не просто виконувати процес дроселювання, а використовувати корисну енергію цього процесу для приводу турбіни, яка в подальшому буде перетворена в електроенергію.

Всі ці конструктивні зміни дозволять підвищити енергетичну ефективність робочого процесу теплонасосної установки шляхом застосування РПСА та збільшити економічні показники за рахунок зменшення вартості теплової та електричної енергії для систем тепло-, електро- та гарячого водопостачання.

Дане дослідження є початковим етапом та дозволяє визначити яка частина енергії, що виробляється в робочому процесі теплового насоса буде використовуватися для систем опалення та гарячого водопостачання, а яка частина буде перетворення в електричну енергію для системи електропостачання. Від цього буде залежати доцільність використання теплоелектрогенеруючого агрегату на базі РПСА для системи «автономний будинок».

ВИКОРИСТАННЯ ЕЖЕКТОРІВ У ТРАНСКРИТИЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМАХ НА ДІОКСИДІ ВУГЛЕЦЮ

*Мерзляков Ю. С., доцент, кафедра технічної теплофізики;
Карпцов А.С., аспірант, група А-35/МБ, СумДУ, м. Суми*

Моделювання та оптимізація робочого процесу струминного ежектора у тепловикористовуючих установках на діоксиді вуглецю (CO_2) є актуальним завданням в контексті пошуку ефективних рішень для підвищення ефективності роботи холодильних й теплонасосних установок.

У транскритичних холодильних установках ежектори використовують як додаткові пристрої для підвищення ефективності роботи системи середньотемпературних компресорів. Ежектори розміщуються на лінії підключеної від газоохолоджувача до ресивера. Використання ежекторів показало свою ефективність в установках розташованих у теплого кліматі.

Як активне середовище у транскритичних холодильних установках ежектор використовує CO_2 з високим тиском і температурою, що надходить з газоохолоджувача у стані транскритичної рідини. За рахунок збільшення швидкості у соплі отримана кінетична енергія розширення CO_2 перетворюється у потенційну енергію тиску. Частина потоку, що надходить з відділювача рідини встановленого після випарника, відбирається у лінію, що підключена до ежектора, ежегується та збільшує свій тиск від тиску кипіння у випарнику до тиску у ресивері.

Для моделювання робочого процесу струминного ежектора використовуються різні математичні моделі. Однією з ключових є модель, яка описує течію з використанням рівнянь Нав'є-Стокса та рівнянь обмежуючих поверхонь. Ця модель дозволяє врахувати всі фізичні параметри та граничні умови, що є важливим для точного математичного представлення процесів.

Проте недостатньо існує експериментальних досліджень процесів, що відбуваються у ежекторі з використанням діоксиду вуглецю. Крім того відомі конструкції ежекторів, що використовують CO_2 як робоче середовище, мають недоліки, за рахунок яких втрачається ефективність ежектора.

Майбутня робота буде спрямована на уточнення моделі течії потоку вздовж струминного ежектора, з урахуванням вже отриманих результатів на інших робочих середовищах, та розвиток нових підходів для підвищення ефективності ежекторів, що використовують діоксид вуглецю як робоче середовище у тепловикористовуючих установках. Враховуючи рекомендації та результати досліджень, потрібно також обрати конструкцію струминного ежектора з використанням діоксиду вуглецю, ключові елементи, такі як підведені робочі сопла та камера змішування для забезпечення симетричності потоку й ефективного робочого процесу, провести математичне моделювання робочого процесу струминного ежектора у вихідному перерізі сопла, експериментально підтвердити правильність обраної математичної моделі, розрахувати та візуалізувати потік в програмному комплексі Ansys CFX.

ШЛЯХИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТАХ

*Салімов Є. О., студент групи ХК-01/2; Бага Т.С., асистент;
Вансєв С.М., к.т.н., доцент, кафедра технічної теплофізики, СумДУ, м. Суми*

Протягом останніх років відбувся значний розвиток у всіх галузях промисловості та техніки. Технологічні процеси, які раніше здавалися енергозатратними, зі зміною конструкцій набули широкого використання.

Важливим етапом в формуванні енергетичної незалежності є енергозбереження, що має величезне значення для України, особливо під час війни, коли найбільш страждає енергетична інфраструктура. Перспективи енергозбереження наступні:

- Економічна вигода. Україна імпортує значну частину енергоресурсів, таких як природний газ та нафта. Зменшення споживання енергії дозволяє знизити витрати на їхні закупки, що покращує торговельний баланс країни і зменшує залежність від зовнішніх постачальників.

- Екологічна безпека: Зменшення споживання енергії сприяє зменшенню викидів шкідливих газів у атмосферу, що впливає на зменшення забруднення довкілля та покращення якості повітря.

- Енергетична безпека: Зменшення залежності від імпортованих енергоресурсів знижує вразливість перед змінами на міжнародних ринках енергії та геополітичними ризиками.

- Створення нових робочих місць. Розвиток галузі енергоефективності та впровадження енергозберігаючих технологій стимулює створення нових робочих місць у секторах будівництва, виробництва та обслуговування.

Підвищення конкурентоспроможності. Енергоефективність є важливим фактором для підвищення конкурентоспроможності українських підприємств на міжнародних ринках, оскільки дозволяє знижувати витрати на виробництво та збільшувати продуктивність.

У цілому, енергозбереження є ключовим елементом сталого розвитку України, який сприяє покращенню якості життя громадян, зниженню енергетичних витрат.

Застосовуючи більш ефективні теплообмінники, можна значно знизити енерговитрати в система опалення, кондиціонування повітря, на виробництві, при транспортуванні та в інших процесах, пов'язаних з теплопередачею, тим самим зменшити кількість використання електроенергії.

Оптимізація теплообмінників може забезпечити кращу теплоізоляцію, зменшити втрати тепла та підвищити ефективність енерговикористання.

Додатково, впровадження передових технологій, таких як рекуперация тепла, теплові насоси та енергоефективні системи керування, може допомогти зменшити споживання енергії та викиди шкідливих речовин, сприяючи сталому розвитку та збереженню навколишнього середовища.

РОЗРОБЛЕННЯ СТРУМИННО-РЕАКТИВНОГО ПРИВОДУ ШАРОВОГО КРАНУ МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ

*Ванєєв С.М., к.т.н, зав. кафедри; Валюх О. О., студент групи К.м-31;
кафедра технічної теплофізики, СумДУ, м. Суми*

Шарові крани характеризуються діаметром прохідного перерізу DN, числове значення якого приблизно дорівнює внутрішньому діаметру приєднуваного трубопроводу в міліметрах та номінальним тиском PN, бар. В відповідності з вимогами, привід шарового крану магістрального газопроводу повинен забезпечувати відкриття запірної частини крану при мінімальному тиску керуючого середовища, яке залежить від номінального тиску PN і складає для кранів на номінальний тиск PN63 – 1,5 МПа; PN80, PN100 – 2,5 МПа; PN160 – 3,5 МПа; PN250 – 4,5 МПа; PN420 – 8,0 МПа. Перепад тиску на запірному органі може бути з максимально допустимим перепадом для даного крану.

В якості приводів шарових кранів для кранів з умовними діаметрами проходу $DN > 300$ мм, застосовуються, в основному, пневмогідрравлічні приводи. В складних кліматичних умовах рухомі частини пневмогідрравлічних приводів можуть примерзати та заклинювати, що може приводити до аварійних ситуацій в випадку їх послідуєчого зриву, а також, маючи гідрравлічну систему, вимагають застосування дефіцитних рідин, постійного контролю за їх наявністю в системі та своєчасній заміні.

Струминно-реактивні приводи, в порівнянні з пневмогідроприводами, є пневматичними приводами, які використовують для своєї роботи газ з газопроводу та мають меншу масу та габарити, понижені вимоги до якості газу, можливість роботи в широкому діапазоні зміни параметрів робочого тіла на вході:-

Струминно-реактивний пневмопривод складається зі струминно-реактивного пневмодвигуна (який складається зі струминно-реактивної турбіни і циліндричного зубчатого редуктора), гвинтокулісного механізму (механізму повороту), блока керування електропневматичного (пульта управління), фільтру та комунікацій не показано.

Виконано кінематичні розрахунки привода в цілому та розрахунок геометричних параметрів струминно-реактивної турбіни, для шарового крана DN1000 PN100 на наступні вихідні дані:

- крутний момент на валу куліси для крана при $\Delta P = 2$ МПа - 65000 Н м.
- крутний момент на валу куліси для крана при $\Delta P = 10$ МПа – 250000 Н м.
- час повороту пробки крана із одного крайнього положення в друге при $\Delta P = 2$ МПа – не більше 70 с;
- час повороту пробки крана із одного крайнього положення в друге при $\Delta P = 10$ МПа – не більше 20 с.

РОЗРАХУНУКИ І ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХРОВИХ КОМПРЕСОРІВ

*Вансєв С. М., к.т.н, зав. кафедри; Бондарєв В. М., Величко Р. Ю,
Герзанич М.М., студенти, гр. К.м-31, кафедра технічної теплофізики,
Сумський державний університет, м. Суми*

Вихрові компресори порівняно нові машини (початок їх дослідження і застосування відноситься до 1950-х років), але вони відрізняються великою різноманітністю конструктивних схем проточної частини. Проточні частини вихрових компресорів можна класифікувати за різними ознаками: проточні частини, що розрізняються за місцем положення робочого каналу; проточні частини, що розрізняються числом потоків і каналів; проточні частини, що розрізняються наявністю додаткових елементів в проточній частині; проточні частини, що відрізняються розташуванням вхідного і вихідного патрубків.

Робочий канал корпусу може розташовуватися по відношенню до лопаток робочого колеса збоку проточної частини, на периферії або займати проміжне (периферійно-бічне) положення.

Продуктивність вихрового компресора значно впливає на конструктивне оформлення проточної частини, в результаті проточна частина може бути одно-, дво- або багатоканальною, а також одно-, дво- або багатопотоковою.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень показали, що потік в центральній частині меридіонального перерізу вихрового компресора характеризується наявністю дрібномасштабних вихорів, для існування яких відбирається енергія у основного потоку. Для збільшення економічності компресора необхідно виключити або зменшити це явище. З цією метою в проточній частині встановлюють додаткові елементи: центральне тіло нерухоме або рухоме, з лопатками або без лопаток.

Конструкції вихрових машин відрізняються розташуванням вхідних і вихідних патрубків: радіальний або осьовий напрямок патрубків, або комбінація цих напрямків. Більш енергетично виправданим є осьове розташування всмоктувального патрубка, хоча технологічно його виконання більш складне.

Найбільш досконалою є проточна частина з периферійно-бічним розташуванням робочого каналу корпусу по відношенню до лопаток робочого колеса і з криволінійною формою меридіонального перерізу робочого каналу. Для цієї проточної частини розроблена методика розрахунку геометричних, термогазодинамічних і енергетичних параметрів.

Були розраховані вихрові компресори на наступні вихідні дані: робоче тіло – повітря; тиск всмоктування 100 кПа; температура на всмоктуванні 313 К; частота обертання ротору компресора 2950 об/хв; показник адиабати газу 1,4; питома газова стала 287 Дж/(кг·К); об'ємна витрата газу на всмоктуванні – 20 м³/хв при тиску нагнітання 115 кПа, 40 м³/хв при тиску нагнітання 115 кПа; 10 м³/хв при тиску нагнітання 120 кПа.

РОЗРОБЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ АБРАЗИВОСТРУМЕНЕВОГО ОБРОБЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ

Павленко І. В., д-р техн. наук, проф., кафедра комп'ютерної механіки ім. В. Марцинковського; Дерев'янчук А. Й., канд. техн. наук, проф., кафедра військової підготовки; Бага В. М., канд. техн. наук, доцент, кафедра технічної теплофізики, Сумський державний університет, м. Суми

Абразивоструменеве оброблення забруднених поверхонь не втрачає своєї актуальності з плином часу, оскільки є досить ефективним способом видалення різного роду забруднень, спричинених корозією, окалиною тощо. Тому проблема підвищення ефективності абразивоструменевого обладнання є актуальною [1]. Підвищення ефективності пневмоабразивної установки можливе як за рахунок впливу на геометрію робочого сопла [2], так і шляхом раціонального вибору необхідного обладнання [3].

Абразивоструменеве оброблення деталей простої геометричної форми не викликає труднощів [4]. Інакша ситуація з внутрішніми поверхнями довгих труб і корпусних деталей. Складність полягає у відсутності ефективних пристроїв для забезпечення якісного оброблення внутрішніх глибоких отворів.

У результаті виконання науково-дослідної роботи розроблено пристрій для оброблення внутрішніх поверхонь глибоких отворів і внутрішніх корпусних поверхонь, що розміщуються всередині оброблюваної труби та переміщуються уздовж довжини з під'єднаним абразивоструменевим рукавом.

Розроблений пристрій має можливість переналаштування під різні діаметри оброблюваних поверхонь у діапазоні від 50 мм до 300 мм та дозволяє виконувати якісне рівномірне очищення внутрішніх поверхонь довгих глибоких отворів.

Список літератури

1. Fesenko A., et al. (2019). Increasing of equipment efficiency by intensification of technological processes. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, Vol. 63, pp. 67–73.
2. Arana-Landín G., et al. (2023). The contribution of lean management – Industry 4.0 technologies to improving energy efficiency. *Energies*, Vol. 16, 2124.
3. Kotliar A., et al. (2020). Ensuring the economic efficiency of enterprises by multi-criteria selection of the optimal manufacturing process. *Manag. Prod. Eng. Rev.*, Vol. 11, pp. 52–61.
4. Rudawska A., et al. (2016). The effect of sandblasting on surface properties for adhesion. *Int. J. Adhes. Adhes.*, Vol. 70, pp. 176–190.

Результати одержані у рамках виконання д/б НДР «Розробка мобільної ежекторно-очисної установки для відновлення будівель, споруд та техніки після пожеж у військовий період» (ДР № 0124U000636).

РОЗРОБЛЕННЯ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧОГО СОПЛА ПНЕВМОАБРАЗИВНОЇ УСТАНОВКИ

*Бага В. М., канд. техн. наук, доц., кафедра технічної теплофізики;
Гончаренко А. А, Кобзарь Ю. О., студ., гр. К.м.-31; Павленко І. В., проф.,
кафедра комп'ютерної механіки ім. В. Марцинковського, СумДУ, м. Суми*

Абразивоструменева обробка дозволяє досягти високої точності та контролю над розмірами, формою і поверхнею оброблюваних деталей. Цей метод може бути застосований до різних матеріалів, включаючи метали, скло, кераміку, пластмаси та інші, що робить його універсальним рішенням для багатьох завдань обробки. Абразивоструменева обробка зазвичай не має негативного впливу на структуру матеріалу, що дозволяє уникнути деформацій або змін властивостей оброблюваних матеріалів та дозволяє обробляти складні геометричні форми, які можуть викликати труднощі при обробці іншими способами.

Застосування сучасних систем керування дозволяє автоматизувати процес абразивоструменевої обробки, що підвищує продуктивність і знижує витрати робочої сили. Використання абразивів призводить до значного зносу сопла, шлангів та іншого обладнання. Це вимагає регулярного обслуговування та заміни деталей. Також неконтрольовані або неправильно налаштовані потоки абразивів можуть пошкодити оброблювані матеріали, особливо м'які або дрібні предмети. Використання абразивів може бути витратним процесом, особливо у випадках, коли абразиви потребуються у великих кількостях або мають високу вартість.

Одним з головних елементів абразиво-струменевої установки є робоче сопло. Важливо вибрати матеріал сопла, який має високу міцність та зносостійкість, оскільки абразивні потоки можуть швидко зношувати поверхні сопла. Форма сопла безпосередньо впливає на формування потоку абразиву та на ефективність обробки поверхонь матеріалів.

Виконано експериментальне дослідження робочого сопла різних геометричних конфігурацій, щоб знайти оптимальну форму для отримання максимальної концентрації та швидкості потоку. Контроль тиску і об'єму абразиву може допомогти досягти оптимального балансу між швидкістю та точністю обробки. Впровадження передових систем контролю потоку абразиву, таких як автоматичне керування або системи візуалізації, може допомогти у підтримці стабільності та ефективності процесу.

Виконані дослідження призвели до розробки нових покращених конструкцій робочого сопла, що підвищують ефективність абразивоструменевої установки.

Результати одержані у рамках виконання д/б НДР «Розробка мобільної ежекторно-очисної установки для відновлення будівель, споруд та техніки після пожеж у військовий період» (ДР № 0124U000636).

СЕКЦІЯ «ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА»

SIMULATION OF THERMAL PHYSICAL PROCESSES IN COMPONENTS HYBRID VEHICLES

*Tarazan E., student, Lobunko O.P., candidate of technical sciences,
associate professor, Department of Space Engineering, National Technical
University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv*

Hybrid technologies are becoming increasingly relevant in modern vehicles (automotive, aviation, space). With the growing awareness of the risks of significant climate changes and problems of environmental pollution, the aviation industry feels the need to find energy-efficient and environmentally friendly solutions [1–3]. Concepts of hybrid power plants are based on the combination of different energy sources (Figure 1): traditional heat engines with electrical systems, alternative energy sources such as solar panels or fuel cells [4, 5].

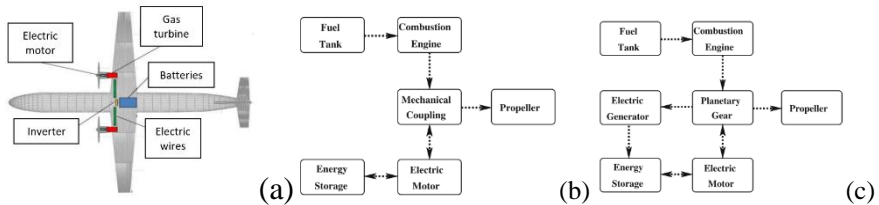


Figure 1 – Hypothetical layout of a hybrid power plant based on a passenger aircraft (a), parallel (b) and series-parallel (c) hybrid architecture

Computational and analytical studies of the parameters of hybrid power plants [3, 5]. Engineering analysis of alternative architectures, computer modeling of working thermophysical processes, evaluation of technologies and materials, control and management algorithms. Computer modeling of heat loads of components using information technology, virtual engineering and reality.

Modeling the design parameters of hybrid power plants consists in determining the power $P(T_H, P_H, \tau)$ and traction $R(T_H, P_H, \tau)$, necessary for the implementation of a certain configuration of components and work processes of the designed (modernized) vehicle. This requires a detailed analysis and meeting the requirements for speed of movement V , mass M , maneuverability and other factors F_X . This calculation is performed on the basis of aerohydrodynamic studies, computer modeling of certain stationary and non-stationary modes (*low gas, maximum, $O \rightarrow$ low gas, low gas \rightarrow maximum, maximum \rightarrow low gas, low gas $\rightarrow 0$*) and operating conditions ($T_H(\tau), P_H(\tau)$).

The development of the model involves the synthesis of the "main object - hybrid power plant" system, thermal analysis and selection of the most important heat flows. The task of thermal analysis is to calculate the temperature distribution $T(x, y, z, \tau)$ and other thermal parameters in the system and/or system component. The following thermal parameters of hybrid system models are studied: temperature fields $T_i(x, y, z, \tau)$, the dimensions of heat losses η_t , temperature gradients *grad T*,

heat flows $Q(\tau)$. Simulated thermal fields $T_i(x, y, z, \tau)$ are used for further determination of thermal stresses $\sigma_{ii}(x, y, z, \tau)$ (caused by thermal expansion or compression) in the most responsible components at non-stationary operating modes (*low gas, maximum, O→low gas, low gas →maximum, maximum →low gas, low gas→0, changing the drive mode of the engine "Heat engine ↔ Electric engine", switching off*) at different stages of movement ($\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$).

Numerical modeling of the thermal, stress-strain state, taking into account the cooling system, possible mechanisms of thermal and mechanical destruction [5] of the main components of the hybrid power plant in the expected conditions of use allow: 1. To justify the choice of materials and technical conditions of manufacture; 2. To specify the requirements and limitations for the most thermally stressed modes of operation. Modeling is conducted taking into account probable scenarios of emissions into the atmosphere (Figure 2), the average surface temperature may rise from 2°C to 6°C [3, 4].

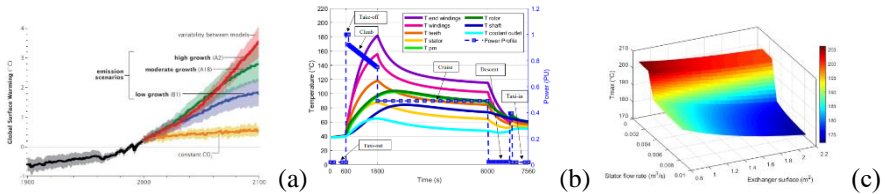


Figure 2 – Simulation results of changes in the level of harmful emissions and temperature (a), temperature profile of engine parts and power profile (b), temperature response to changes in the heat exchanger and stator (c)

According to the results of the research, a method of thermal management of the components of the hybrid power plant and diagnosis of individual parts and assembly units is expected.

Work processes and main parameters of hybrid power plants are considered: degree of hybridization, determination of power and thrust, choice from alternatives and use of energy sources, calculation of mass and dimensions. These parameters are key to the efficient functioning of the hybrid system and the main facility.

References

1. Manuel A. Rendón and other (2021) Aircraft Hybrid-Electric Propulsion. Journal of Control AES. <https://doi.org/10.1007/s40313-021-00740-x>.
2. Benjamin J. Brelje Joaquim R.R.A. Martins (2019). Electric, hybrid, and turboelectric fixed-wing aircraft. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2018.06.004>.
3. Edanur Tarazan, Lobunko Oleksandr (2023) Hybrid propulsion systems of aircraft. Intelligence. Integration. Reliability XV international conference. P. 80-81.
4. Amal Zeaiter (2020). Thermal Modeling and Cooling of Electric Motors: Application to the Propulsion of Hybrid Aircraft.
5. Iskra, O., Lobunko, D., Lobunko, O. (2023). Research of mechanisms of destruction and protection complex thermodynamic systems. European Science, 1(sge23-01), 60–77. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-23-01-015>.

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУМИННО-РЕАКТИВНОЇ ТУРБИНИ

Ванєєв С. М. к.т.н, зав. каф.; Мірошніченко О. І., асп., Бага Т. С., асистент, Мірошніченко Д. В., к.т.н., старший науковий співробітник; СумДУ; м. Суми

Як показує практика за останні роки все більше застосовують малопотужні агрегати (до 500 кВт) для електрозабезпечення. До таких агрегатів відносяться і енергозберігаючі агрегати утилізації енергії тиску стиснутих газів або пари, які будуються на основі взаємодії розширювальної машини (детандера) та електричного генератора. При роботі детандер-генераторного агрегату (далі – ДГА) показники ефективності всього процесу генерації залежать від ефективності роботи кожного елемента агрегату та від синхронізації їх роботи. Залежності ефективності роботи елементів установок від експлуатаційних параметрів агрегату називають робочими характеристиками. На передній план досліджень висувуються завдання визначення та покращення робочих характеристик елементів ДГА і підвищення ефективності керування процесами взаємодії та взаємовпливу механічної й електричної частин ДГА в діапазоні робочих характеристик.

Створювати такі енергозберігаючі агрегати перспективно на основі одноступінчастої струминно-реактивної турбіни (СРТ). Вона ефективно працює у широкому діапазоні тисків від 0,5 МПа до 10,0 МПа. Відсутність лопатевих апаратів та контактних або малозазорних ущільнень дозволяє використовувати для неї вологий газ або пар. Крім того СРТ забезпечує мінімальні масо-габаритні показники агрегатів, так як високим тиском навантажені тільки підвідні трубки та порожнина ротора, зовнішній корпус не навантажений великим тиском і тому значно легший.

Отримати характеристики струминно-реактивної турбіни можливо експериментальним шляхом на модельному стенді СРТ. Даний стенд знаходиться на кафедрі технічної теплофізики СумДУ. В процесі досліджень на вхід в СРТ підводиться газ під тиском до 0,5 МПа. При цьому вимірюється тиск та температура газу на вході в СРТ. Для визначення потужності на валу СРТ вимірюється частота обертів валу та крутний момент між валом турбіни та валом навантаження. У даній установці для визначення механічного моменту на швидкообертovому валу (частота обертання валу до 20000 об/хв) спроектована та виготовлена тензометрична муфта з передачею даних за допомогою Wi-Fi. Вона поєднує вали турбіни та генератора, передаючи через себе крутний момент, і дозволяє вимірювати його дистанційно з точністю 0,1 Н·м в діапазоні від 0 до 10 Н·м. В якості навантаження можна використовувати електрогенератор або електротормоз.

Отримати характеристики струминно-реактивної турбіни (без втрат енергії на тертя в опорах) можливо також моделюванням чисельним методом в програмному комплексі ANSYS у повній постановці з врахуванням аеродинамічного опору робочих коліс та витoku газу з проточної частини.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГРАНИЧНИХ УМОВ ПРИ РОЗРАХУНКАХ СТРУМИННО-РЕАКТИВНОЇ РОЗШИРЮВАЛЬНИЇ МАШИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ANSYS CFX

*Мелейчук О. С., аспірант; Вансєв С. М., к.т.н., доцент, зав. каф. технічної
теплофізики, СумДУ, м. Суми*

У сучасних умовах важливість енергозбереження, використання енергоефективних технологій та зменшення використання викопних ресурсів стає ключовим завданням. Одним з можливих рішень є створення турбоагрегатів на базі вихрових та струминно-реактивних турбомашин (СРТ), але робіт по їх експериментальним дослідженням відомо небагато. У зв'язку з чим, виникає потреба проведення фундаментальних досліджень даного типу турбомашин, що потребує ресурсних затрат. Альтернативним рішенням є використання сучасних програмних комплексів із застосуванням методів обчислювальної гідродинаміки. До таких програмних комплексів можна віднести ANSYS CFX.

Даний програмний комплекс використовується для розрахунків широкого спектра турбомашин, насосів, вентиляторів та компресорів та розроблений як універсальний інструмент, котрий має гнучкий графічний інтерфейс із широкими можливостями налаштування, можливість комбінувати різні налаштування під час підготовки розрахунків та для аналізу отриманих результатів.

Універсальність програмного комплексу зобов'язує задовільнити потреби всіх дослідників, котрі будуть проводити свої розрахунки для різних типів турбомашин. В свою чергу це несе ускладнення в налаштуваннях розрахункової сітки, граничних умовах, вибору моделей турбулентності, вибору робочих речовин, тощо.

Тобто вибір оптимальних граничних умов для розрахунків СРТ є невід'ємною частиною досліджень у галузі комп'ютерної гідродинаміки. До одного з таких прикладів, по ускладненню налаштувань, відноситься визначення типу границі на виході із розрахункової області. Програмний комплекс ANSYS CFX дозволяє задавати два основні типу для даного типу границі (граничних умов): Outlet (вихід) та Opening (відкрита межа). В свою чергу, для обраного типу границі є можливість обирати різні визначені значення тиску: Average Static Pressure, Static Pressure, Static Pressure або Opening Static Pressure and Dirn. Для значень температури є можливість вибрати дві опції: Opening або Static Temperature. Можливість комбінувати різні значення дає можливість створити велику кількість різних варіацій граничних умов.

Метою цього дослідження є оцінка впливу різних типів граничних умов на характер течії робочої речовини в проточній частині СРТ, включаючи виходи з роторної частини та шпарини між ротором і статором.

Для дослідів використовувався дослідний зразок парового турбогенераторного агрегату зі струминно-реактивною турбіною номінальною потужністю 475 кВт ПТГА-СРТ-475. Даний агрегат було спроектовано та виготовлено на замовлення ТОВ «Європрофіль» під робочі параметри та характеристики замовника. Геометрія розрахункової області представляє собою внутрішній об'єм проточної частини СРТ та представлена на рисунку 1.

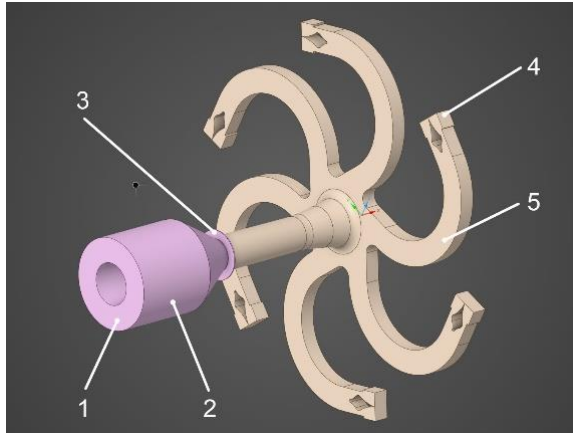


Рисунок 1 – Геометрія розрахункової області: 1 – вхід в статорну частину; 2 – стінка статорної частини; 3 – шпарина між роторною та статорною частиною; 4 – вихід з роторної частини; 5 – стінка роторної частини.

Загалом було розглянуто 5-ть комбінацій граничних умов, а саме:

1. Тип граничних умов – Outlet, Static Pressure;
2. Тип граничних умов – Outlet, Average Static Pressure;
3. Тип граничних умов – Opening, Opening Pres and Dirn, Static Temperature;
4. Тип граничних умов – Opening, Opening Pres and Dirn, Opening Temperature;
5. Тип граничних умов – Opening, Static Pres and Dirn, Static Temperature.

В результаті аналізу отриманих даних можна зробити висновок, що оптимальним вибором при заданні граничних умов для даної геометрії є варіант №3, а саме базова гранична умова “Opening”, уточнений тип границі “Opening Pres and Dirn”, варіант теплопередачі “Static Temperature”.

Наступні кроки дослідження мають на меті подальше вивчення впливу різних параметрів, таких як модель турбулентності, кількість та тип комірок, на характеристики течії. Оптимальний вибір граничних умов варіюється залежно від конкретних умов задачі, і для кожного випадку потрібно ретельно аналізувати властивості течії та вплив різних типів граничних умов.

ВИДИ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇХ РОБОТИ

*Салімов Є. О., Іванов Г. О. студенти групи ХК-01/2, Бага Т.С., асистент,
Бага В.М., к.т.н., доцент, кафедра технічної теплофізики, СумДУ, м. Суми*

Сучасні теплообмінні апарати відрізняються від традиційних за своїми передовими технологіями та конструкціями, спрямованими на підвищення ефективності, економії енергії та зниження викидів. Нижче наведені приклади сучасних теплообмінних апаратів.

Пластинчасті теплообмінники. Вони складаються з пластин, які мають хвилоподібну структуру, що забезпечує максимальну площу контакту для теплообміну. Це дозволяє досягти великої ефективності при малому об'ємі та вазі. Трубчасті теплообмінники зі змінною геометрією. Вони мають конструкцію, яка дозволяє змінювати геометрію теплообмінних поверхонь, оптимізуючи їх для конкретних умов роботи. Це дозволяє підвищити ефективність теплообміну та зменшити втрати тепла. Мембранні теплообмінники. Вони використовують мембрану для розділення двох середовищ, дозволяючи теплу або речовині проникати через неї. Це корисно в процесах рекуперації тепла та очищення газів. Мікроканальні теплообмінники. Вони мають малий розмір та використовують тонкі канали для теплообміну. Це дозволяє зменшити об'єм та вагу теплообмінника, що робить їх ідеальними для застосування в мобільних технологіях та електроніці.

Різні типи теплообмінників мають свої переваги та недоліки залежно від конкретних умов застосування. Важливо вибрати теплообмінник, який найкраще відповідає потребам системи. Є декілька рекомендацій, на які слід звернути увагу при виборі теплообмінного апарату:

- Розмір та форма теплообмінника можуть бути змінені для досягнення кращої ефективності. Це може включати зміну розмірів трубок, пластин або каналів для покращення теплопередачі;
- Підтримка оптимальних температурних режимів в системі може допомогти підтримувати ефективну роботу теплообмінників.
- Чистка, відновлення та ремонт теплообмінників може покращити їхню ефективність та тривалість служби.
- Використання новітніх матеріалів з високою теплопровідністю та стійкістю до корозії може забезпечити кращу теплообмінну ефективність.
- Впровадження систем автоматизованого керування може допомогти оптимізувати роботу теплообмінників шляхом контролю параметрів та оптимального розподілу теплових навантажень.

У цих сучасних теплообмінних апаратах впроваджено передові технології та інженерні рішення, що дозволяють підвищити ефективність, зменшити енерговитрати та сприяти сталому розвитку. Такі підходи безпосередньо можуть бути використані окремо або у поєднанні для досягнення максимальної ефективності системи теплообміну та енергозбереження в цілому.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХРОВОГО КОМПРЕСОРА

Сітало В. С., аспірант; Ванєєв С. М., к.т.н., доцент, кафедра технічної теплофізики, СумДУ, м. Суми

Вихрові компресори – це клас турбомашин, принцип роботи яких подібний до машин динамічної дії, але при цьому вони мають деякі ознаки об'ємних машин, а саме високий ступінь підвищення тиску при низькій швидкості потоку та лінійна зміна напору відносно витрати. Особливістю цих компресорів є відносна простота конструкція, відсутність явища помпажу, дешевизна виготовлення та стійкі робочі характеристики.

Сфера застосування цих машин охоплює багато галузей промисловості та сільського господарства де необхідні стабільні умови роботи, невеликі габарити, вага та висока надійність. Так, вихрові компресори можуть використовуватися у системах наддуву повітря в камери згоряння на ТЕЦ, аерації стічних вод, подачі повітря в якості бар'єрного газу в сухі газові ущільнення (СГУ) та продувки магнітних підшипників відцентрових компресорів, також вихрові компресори можуть використовуватися в якості бустерного компресора для подачі буферного газу в СГУ в періоди пуску та зупинки відцентрового компресора.

Розуміння принципу роботи будь-якого пристрою допоможе зменшити втрати та підвищити продуктивність. Крім того, оптимізація може бути проведена залежно від того, чи хочемо ми підвищити ефективність, тиск нагнітання або поліпшити структуру потоку. Принцип роботи відцентрового компресора досить добре вивчений, і тому на сьогоднішній день ці пристрої були стандартизовані. Але, хоч вихрові компресори і відносяться до машин динамічного принципу дії, структура потоку в них більш складна і відповідає регенеративній гіпотезі. Згідно цієї гіпотези частинки газу в проточній частині рухаються спіралеподібними траєкторіями від входу до виходу машини, багаторазово взаємодіючи з лопатками робочого колеса і поступово отримуючи від нього енергію, що надає значно більше підвищення напору в порівнянні з відцентровими ступенями.

Величина передачі енергії сильно залежить від геометрії та конструктивних параметрів робочого колеса та корпусу, де відбувається наростання тиску. Геометричні та конструктивні параметри включають розмір робочого колеса, форму лопаток, їх розташування та кількість, розташування вхідних і вихідних отворів, форму кільцевого каналу, кількість ступенів тощо. Більшість дослідницьких робіт, проведених для покращення продуктивності турбомашин з регенеративним потоком, зосереджені навколо геометричних і конструктивних параметрів.

Існує багато досліджень конструктивних елементів вихрових компресорів. Були досліджені різноманітні форми лопаток які варіюються від прямих до вигнутих, типу аерокрила, шевронних чи навіть S-подібних. Хоч

лопаті складної форми зазвичай більш ефективні, але зважаючи на одну з головних переваг компресорів з регенеративним потоком, а саме їх простота, складна форма лопаті може нівелювати цю перевагу. Тому найбільшого поширення отримали прямі радіальні лопатки. По типу робочого колеса та каналу у вихрових компресорах найчастіше використовують колеса з периферійними та периферійно-боковими лопатками в поєднанні з круглим профілем меридіонального перерізу каналу.

Крім дослідження конструктивних елементів, які забезпечують передачу енергії газовому потоку, особливу увагу приділяють дослідженню елементів компресора, які спричиняють втрати. Знання типів втрат і їх причин може допомогти мінімізувати їх і підвищити ефективність компресора. Компресори з регенеративним потоком дуже чутливі до осьових та радіальних зазорів між робочим колесом та корпусом. Для ефективної роботи потрібно мінімізувати ці зазори з урахуванням теплових деформацій та деформацій від дії тиску.

Одним з найбільш цікавих для дослідження елементів вихрового компресора є роздільник. Він є невід'ємною частиною проточної частини вихрового компресора та запобігає потраплянню газу під тиском із області нагнітання в область всмоктування. Однак деяка частина газу через зазор, та міжлопаткові канали робочого колеса переноситься на ділянку всмоктування. Кількість витoku зменшується зі зменшенням зазору та збільшенням кута протяжності роздільника, але з іншого боку збільшення кута роздільника призводить до зменшення робочої ділянки каналу. Конструкція роздільника передбачає визначення його кута і зазору між ним і ротором. Більшість дослідників використовували емпіричні значення параметрів і використовують від 2 до 3 кроків лопаток як міру кута роздільника.

Багато в чому через ці обставини та інші втрати вихрові машини мають порівняно низький ККД. Встановлено, що втрати на витoki через роздільник вищі в порівнянні з іншими елементами проточної частини. Отже, систематичне дослідження необхідно проводити в області роздільника.

Обчислювальна гідродинаміка (CFD) може дати розуміння газового потоку, які неможливо отримати аналітично чи експериментально та поліпшити продуктивності шляхом зменшення втрат. Крім того, дороге виготовлення прототипу може бути зроблено після встановлення переконливих характеристик за допомогою моделей CFD. Результати таких досліджень будуть корисними для візуалізації схеми потоку та виявлення будь-яких недоліків у ньому. З появою високошвидкісних обчислень застосування CFD стало дуже популярним у інженерному проектуванні та аналізі.

Пропонується створити параметричну модель проточної частини вихрового компресора, вибрати значущі геометричні і термогазодинамічні параметри і співвідношення та дослідити течію газу в проточній частині компресора і виконати оптимізацію геометричних параметрів для досягнення максимального ККД.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ (CO_2) ЯК ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТУ В УКРАЇНІ

*Мерзляков Ю.С., доцент, кафедра технічної теплофізики; Назаренко М.В,
студент, група ХК-01/2, СумДУ, м.Суми*

Тема переходу з традиційних холодильних агентів на діоксид вуглецю (CO_2) в Україні стає все більш актуальною та важливою для підприємців та спеціалістів даної галузі. Основними факторами, які будуть сприяти цьому переходу є зростання цін на традиційні холодильні агенти, запровадження екологічних стандартів Європейського союзу (ЄС), розвиток інфраструктури й технологій для виробництва та використання CO_2 тощо.

Очікується, що в найближчі роки використання CO_2 в Україні буде тільки зростати. Відповідно до Кігалійської поправки Монреальського протоколу, з 2020 року в Україні більшість холодильних агентів з високим коефіцієнтом глобального потепління (GWP) підлягають поетапному виведенню з використання. Серед холодильних агентів, що потрапляють під заборону знаходяться R134a (GWP = 1430), R404A (GWP = 3922), R410A (GWP = 2088) та багато інших. Це стимулювало використання альтернативних холодильних агентів, таких як новий клас гідрофторолефінів (ГФО), які мають низький GWP і більш короткий термін життя у атмосфері, а також діоксид вуглецю CO_2 , на який переходять багато країн світу.

Діоксид вуглецю може стати заміником традиційних холодильних агентів через ряд позитивних характеристик. Діоксид вуглецю є відносно недорогим та широкодоступним газом, що робить його економічно вигідним. Його також можна виробляти в Україні, що робить його не залежним від імпорту. Використання холодильних агентів з високим GWP шкодить довкіллю. Натомість CO_2 має значно менший GWP, що дорівнює 1, роблячи його екологічно чистим. CO_2 не є токсичним – це робить його безпечним для використання в будь-якій промисловості.

При цьому при переході з традиційних холодильних агентів на CO_2 з'являються і виклики. Виникає потреба у модернізації вже існуючих холодильних систем для роботи з CO_2 , що в свою чергу вимагає підвищення кваліфікації фахівців з монтажу та обслуговування холодильних систем з CO_2 .

Якщо говорити про перспективи використання CO_2 в Україні на найближчі 10 років, то все залежить від темпів зростання економіки. За умови вступу до ЄС збільшиться торгівля та інвестиції, відбудеться розвиток технологій та впорядкування українського законодавства до стандартів ЄС, що буде стимулювати використання екологічно чистих холодильних агентів.

На перспективи України в найближчі роки буде впливати багато факторів, один з яких геополітична ситуація. Однак, Україна має значний потенціал для розвитку нових галузей та інновацій, в тому числі в області холодопостачання, а CO_2 має значний потенціал як холодильний агент майбутнього і в Україні.

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВИКОРИСТОВУЮЧОГО ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРА, ЩО ПРАЦЮЄ НА R744 У РЕЖИМІ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ

*Арсеньєв В. М., канд. техн. наук, професор, Король О. С., аспірант,
Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент, кафедра технічної теплофізики,
Сумський державний університет, м. Суми*

Використання низькопотенційних джерел енергії, техногенної або природної генерації, дає змогу реалізувати термотрансформацію підвищувального виду для виробництва холоду. Подібна концепція прийнята в схемних рішеннях термотрансформатора, що працює за циклом з агрегатом «турбіна-компресор» або його модифікаціями [1, 2]. У роботі [2] наведено розрахункову модель та аналіз енергоефективності зазначеного термотрансформатора з діоксидом вуглецю в якості робочої речовини та в режимі теплового насоса.

Як показують розрахунки для енергорежиму, коефіцієнти перетворення при використанні CO₂ на 25% нижчі, ніж для абсорбційних теплових насосів, але вищі, ніж для простіших за конструкцією – ежекторних. Однак головна перевага кліматичної техніки із застосуванням діоксиду вуглецю полягає в екологічних характеристиках. У діоксиду вуглецю відсутній озоноруйнівний потенціал, а потенціал впливу на глобальне потепління є мінімальною еталонною величиною (GWP = 1). Крім цього, CO₂ хімічно інертний, негорючий, дешевий, і немає необхідності в його відновленні та утилізації. Обмеження, які зв'язали з великими робочими тисками, практично знято при виробництві компресорів і теплообмінного обладнання.

У цій роботі для аналізу використовували дані з енергоефективності термотрансформатора за базовою та альтернативною схемою. Теплонасосний режим характеризувався температурними рівнями у випарнику 5 °С, а в конденсаторі 35 °С. Подібні параметри відповідають режиму роботи чіллера для охолодження води в системах кондиціонування повітря.

За результатами розрахунків рекомендується для роботи в режимі холодильної машини підтримувати вищі значення тисків у газонагрівачі, або $P_1 = P_1/P_2$. Так, наприклад, при збільшенні P_1 від 1,2 до 1,5 COP_{ХМ} збільшується в 2-4 рази.

Список літератури

1. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навчальний посібник / В. М. Арсеньєв, С. С. Мелейчук. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 364 с.
2. Arsenyev, V.; Pitel, J.; Korol, O.; Sharapov, S.; Mižáková, J.; Pavlenko, I.; Ivanov, V. An Increase in the Energy Efficiency of R744 Heat-Using Thermotransformers. *Energies* 2023, 16, 7372. <https://doi.org/10.3390/en16217372>.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМОДІОДІВ, ЯК СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Баран С. В., студ. група ХКдн-04др; Мелейчук С. С, доцент каф. технічної теплофізики, СумДУ, м.Суми

Підтримка комфортного рівня температури в будівлі передбачає значні затрати енергії взимку на підігрів та влітку на охолодження. Застосування сучасних енергоефективних теплоізоляційних огорожуючих конструкцій суттєво зменшує затрати на систему кондиціонування приміщення. У останній час, серед традиційних рішень, виділяються такі, як використання термодіодів або теплових діодів.

Тепловий діод - це пристрій, який пропускає тепло переважно в одному напрямку, одночасно пригнічуючи його в протилежному. Він працює аналогічно електричному діоду, який пропускає струм в одному напрямку, але блокує його у зворотному. Здатність теплового діода керувати тепловим потоком спрямовано робить його ідеальним кандидатом для різних застосувань управління теплом.

Функціональність термодіода базується на концепції теплового випромінювання, яке передбачає асиметричний транспорт тепла. Діод складається з двох матеріалів з різною теплопровідністю, з'єднаних на стику. Коли температурний градієнт поширюється на з'єднання, один із матеріалів дозволяє теплу проходити крізь нього легше, ніж інший, що призводить до переважного потоку тепла в певному напрямку. Для досягнення теплового випромінювання в діодах можна використовувати різні механізми, такі як: використання матеріалів зі зміною фази, сплавів із пам'яттю форми або матеріалів із температурнозалежною теплопровідністю. Вибір матеріалів і механізмів має вирішальне значення для визначення продуктивності та ефективності теплового діода. Термодіоди виготовляються у вигляді термоізоляційних огорожувальних конструкцій будівель.

Розрахунки термодіодів базуються на визначенні коефіцієнту теплопровідності матеріалу з подальшим розрахунком кількості переданого тепла через плоску багатощарову стінку за загальноприйнятими залежностями. Складність визначення коефіцієнту теплопровідності обумовлена перш за все у правильності вибору та розрахунку властивостей робочої речовини. Основні робочі речовини, які можуть використовуватись у термодіодах, як правило, не підлягають фазовим перетворенням, але більш перспективними є речовини, що змінюють свій агрегатний стан під час робочого процесу. Основну увагу при підвищенні ефективності роботи термодіоду слід зосередити на робочих речовинах холодильних машин, таких як R134a, R601a, R123, R11. Дані холодильні агенти є зеотропними сумішами, тобто це суміш двох, трьох чи більше компонентів, у яких в умовах термодинамічної рівноваги рідина та пара мають різні концентрації та великий температурний глайд.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВИТІКАННЯ РОБОЧОЇ СУМІШІ ЧЕРЕЗ РОБОЧЕ СОПЛО ПНЕВМОАБРАЗИВНОЇ УСТАНОВКИ

Бага В.М., к.т.н., доцент кафедри технічної теплофізики; Бага Т.С., асистент кафедри ТТФ; Конотоп В.І, студент гр. К.м. - 31 кафедри ТТФ; Ніколаєв О.В., студент гр. К.м. - 31 кафедри ТТФ; Ферубко С.М., студент гр. К.м. - 31 кафедри ТТФ; Сумський державний університет, м. Суми

Розрахунок робочого сопла абразивоструменевої установки за допомогою методів обчислювальної гідродинаміки (CFD - Computational Fluid Dynamics) є ефективним способом моделювання та аналізу робочого процесу. Для проведення CFD розрахунків для робочого сопла абразивоструменевої установки необхідно побудувати тривимірну геометрію робочого сопла та задати повітряно-абразивну суміш в якості робочого середовища. Далі встановлюються граничні умови для моделі, обирають підходящу турбулентну модель для моделювання потоку в системі. Це може бути модель k-ε, k-ω, SST, або інша, залежно від характеристик потоку. Встановлюють роздільну здатність мешування (mesh resolution), крок часу та інші чисельні параметри для забезпечення точного та ефективного розрахунку. Після чого виконуються CFD розрахунки з аналізом отриманих результатів, включаючи розподіл тиску, швидкості, температури та інших параметрів вздовж потоку в робочому соплі та за його межами.

На основі аналізу отриманих чисельних результатів вносяться зміни до геометрії сопла або інших елементів системи для покращення ефективності та продуктивності пневмоабразивної установки. Ці кроки можуть бути повторені декілька разів у процесі оптимізації геометрії проточної частини сопла з метою підвищення його ефективності.

Важливо мати досвід і знання з використання програмного забезпечення для CFD, таких як ANSYS Fluent, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics та інших, для успішного виконання таких розрахунків.

Розрахунок робочого сопла для пневмо-абразивної установки зазвичай включає в себе наступні кроки:

Визначення витрати повітря, визначення значення тиску, витрати абразивного матеріалу, розрахунок діаметру сопла, вибір матеріалу сопла.

Використовуючи отримані значення витрати повітря та тиску, слід скористатися відповідними рівняннями, щоб розрахувати діаметр сопла.

Зазвичай для розрахунку робочого сопла є різні формули в залежності від конкретних параметрів та умов застосування. Також можна скористатися розробленими на основі виконаних досліджень таблицями або графіками, які надають відповідні значення для кожного окремого випадку.

Результати одержані у рамках виконання д/б НДР «Розробка мобільної ежекторно-очисної установки для відновлення будівель, споруд та техніки після пожеж у військовий період» (Договір № 51.15.01-24/26.ЗП-01).

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ З УРАХУВАННЯМ ВАРТОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

*Шулумей О. В., студент, гр. КМ-31; Бондаренко Г. А., професор,
кафедра технічної теплофізики, СумДУ, м. Суми*

Поряд з технічними характеристиками, показниками технічного рівня та ефективності роботи компресорних станцій чи не головним аргументом для покупця є інвестиційна складова в контексті терміну окупності витрат. Золоте правило сучасного ринку - «оптимальне співвідношення ціни та якості товару» - вимагає поглибленого підходу до проблеми інвестицій. Використовуваний досі метод визначення економічного ефекту терміну окупності нової техніки був цілком прийнятним у плановій економіці минулих років ХХ століття, для якої була характерна цінова стабільність ринку товарів і послуг, її незалежність від кризової світової економіки. Економічний ефект E визначався в розрахунку на перший рік експлуатації нової техніки. При цьому порівнювалися загальні витрати на експлуатацію застарілого V_c (або замінного) та нового обладнання V_n .

$$E = V_c - V_n \quad (1)$$

Витрати на експлуатацію компресорної станції включають вартість електроенергії, охолоджувальної води, амортизаційні відрахування, умовно-постійні витрати, включаючи зарплату обслуговуючого персоналу. Капітальні витрати складаються з вартості будівельно-монтажних робіт та обладнання, що закуповується. Термін окупності визначається як час, протягом якого економічний ефект E , що щорічно одержується повністю покриє капітальні витрати K на нову станцію.

$$T = \frac{K}{E}, \text{ років} \quad (2)$$

В сучасних умовах ринкової економіки, для якої характерні економічна нестабільність, інфляція цін, коливання курсу валют, кризові явища тощо, такий підхід може бути прийнятним лише для короткочасного прогнозування, та й то з великими застереженнями. Оскільки вартісні зміни вищенаведених факторів не можуть бути передбачені цілком точно ні в часі, ні якісно, стає очевидним використання ймовірнісного підходу. Визначення економічної ефективності технічно рівноцінних станцій здійснюється шляхом порівняння наведених витрат за весь період життєвого циклу. Життєвий цикл включає фази: передексплуатація (проектні та будівельно-монтажні роботи), експлуатація, післяексплуатація (демонтаж та утилізація обладнання). Оскільки весь цикл має тривалий період (нормативний термін до амортизації

компресорів приймається рівним 10-15 років), то всі витрати в цей період виражаються в прогнозних цінах за формулою:

$$Z_i = Z_1 \cdot K_{ін}, \quad (3)$$

де Z_i – витрати у цінах першого року експлуатації;

$K_{ін}$ – середній індекс цін;

i_1, i_2, \dots, m – порядковий номер року.

Визначені за формулою поточні витрати за роками циклу наводяться до базового першого року за формулою:

$$Z_{i\text{пр}} = \alpha_{i\text{пр}} \cdot Z_i, \quad (4)$$

де α_i – коефіцієнт дисконтування, котрий розраховується за формулою

$$\alpha_i = \frac{1}{(1 + E)^{i-1}} \quad (5)$$

де E – норма дисконту, яка визначається зовнішніми причинами (ситуацією на ринку товарів та послуг), величина якої рекомендується рівною $E = 0,1$ (10%).

Тепер загальні наведені витрати на інвестиційний проект дорівнюють

$$\sum_i^m Z_{i\text{пр}} = \sum_i^m \alpha_i \cdot Z_i \quad (i = 1, 2, \dots, m). \quad (6)$$

Після підстановки вищезазначених виразів у формулу отримаємо

$$\sum_i^m Z_{i\text{пр}} = Z_1 \cdot \sum_i^m \left(\frac{K_{ін}}{1 + E} \right). \quad (7)$$

Підсумовування поточних витрат проводиться за роками, в яких вони були понесені, але з обов'язковим їх приведенням до першого року.

У відомій роботі сучасності докладно викладено застосування цієї методики до зіставлення ефективності витрат протягом життєвого циклу поршневого 2M10-50/8 та гвинтового ВВ-50/8 повітряних компресорів. При порівнянних технічних характеристиках компресорів та життєвому циклі 90000 год. вартість життєвого циклу гвинтового компресора виявилася на 17,8 % нижчою, ніж у поршневого, незважаючи на вдвічі вищу ціну. Це пояснюється наступними основними факторами:

- витрата електроенергії гвинтової компресорної станції при середньому коефіцієнті завантаження 0,75 на 5% нижча, ніж у поршневого компресора завдяки системі автоматичного регулювання;
- витрати на охолоджену воду поршневої установки в 2 рази вищі, ніж на повітряну систему охолодження гвинтової станції;
- витрати на заробітну плату персоналу, який обслуговує гвинтову станцію, у 3,5 рази менші;
- витрати на ремонт гвинтових станцій суттєво нижчі через великі міжремонтні терміни.

Наукове видання

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

МАТЕРІАЛИ
та програма

XI Всеукраїнської
науково-технічної конференції
(м. Суми, 23–26 квітня 2024 р.)

Відповідальний за випуск О. Г. Гусак
Комп'ютерне верстання: О. А. Куліков, І. В. Павленко
Обкладинка: О. А. Куліков

Стиль та орфографія авторів збережені.

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 19,88. Обл. вид. арк. 24,40. 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.