

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**



***МАТЕРІАЛИ***

***XIV ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ СТУДЕНТСЬКОЇ  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
«СТАЛИЙ РОЗВИТОК МІСТ»***

***ЧАСТИНА 2***

**ХАРКІВ  
ХНУМГ ім. О.М. Бекетова  
2021**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**Матеріали**

***XIV Всеукраїнської студентської науково-технічної  
конференції «Сталий розвиток міст»***

**ЧАСТИНА 2**

**ХАРКІВ  
ХНУМГ ім. О.М. Бекетова  
2021**

УДК 061.3:378

М 34

*Редакційна колегія:* Сухонос М.К., д-р техн. наук, проф.; Старостіна А.Ю., канд. техн. наук, доц.; Білецький І.В., канд. техн. наук; Ромашко О.В., канд. техн. наук, доц.; Хворост М.В., д-р. техн. наук, проф.; Сталінський Д.В., д-р техн. наук, проф.; Несжмаков П.І., д-р техн. наук, проф.

**Матеріали XIV Всеукраїнської студентської науково-технічної**

М 34 конференції «Сталий розвиток міст» (86-ї студентської науково-технічної конференції ХНУМГ ім. О. М. Бекетова) : в 4-х ч. / Ч. 2. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 320 с.

Розглядаються питання розробки та впровадження технічних засобів експлуатації електротранспорту, електропостачання та освітлення міст, які підвищують їх експлуатаційну надійність.

Висвітлюються актуальні проблеми процесу очищення природніх та стічних вод, функціонування системи водопостачання та водовідведення.

**УДК 061.3:378**

© Харківський національний  
університет міського господарства  
імені О. М. Бекетова, 2021

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

**Сухонос М.К.** – д-р техн. наук, професор, проректор з наукової роботи, голова оргкомітету;

**Старостіна А.Ю.** – канд. техн. наук, доцент, начальник науково-дослідної частини, заступник голови оргкомітету.

### Склад оргкомітету:

**Писаревський І.М.** – д-р екон. наук, професор, директор навчально-наукового інституту економіки і менеджменту;

**Білецький І.В.** – канд. техн. наук, директор навчально-наукового інституту енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури;

**Мамонов К.А.** – д-р екон. наук, професор, декан будівельного факультету;

**Рищенко Т.Д.** – канд. техн. наук, доцент, декан факультету архітектури, дизайну та образотворчого мистецтва;

**Ромашко О.В.** – канд. техн. наук, доцент, декан факультету інженерних мереж та екології міст;

**Калников О.О.** – канд. техн. наук, декан факультету по роботі з іноземними студентами;

**Харченко В.Ф.** – д-р екон. наук, професор, директор навчально-наукового інституту підготовки кадрів вищої кваліфікації;

**Вотінов М.А.** – канд. архіт., зав. кафедри основ архітектурного проектування;

**Завальний О.В.** – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедри міського будівництва;

**Попова О.А.** – канд. архіт, доцент, зав. кафедри архітектури будівель і споруд та дизайну архітектурного середовища;

**Шмуклер В.С.** – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри будівельних конструкцій;

**Нестеренко С.Г.** – канд. техн. наук, зав. кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем;

**Оленіна О.Ю.** – д-р мистец., професор, зав. кафедри дизайну та образотворчого мистецтва;

**Сталінський Д.В.** – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод;

**Хворост М.В.** – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри електричного транспорту;

**Несжмаков П.І.** – д-р техн. наук, доцент, зав. кафедри світлотехніки і джерел світла;

**Димченко О.В.** – д-р екон. наук, професор, зав. кафедри підприємництва та бізнес адміністрування;

**Новікова М.М.** – д-р екон. наук, професор, зав. кафедри менеджменту і публічного адміністрування;

**Вершиніна Д.М.** – голова ради молодих вчених ХНУМГ ім. О.М. Бекетова;

**Рудь Д.В.** – студентка III курсу навчально-наукового інституту економіки і менеджменту, голова студентського Сенату;

**Угоднікова О.І.** – голова первинної профспілкової організації студентів.

# **РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ОСВІТЛЕННЯ МІСТ, ЯКІ ПІДВИЩУЮТЬ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ НАДІЙНІСТЬ**

## **АНАЛІЗ ПОШИРЕНИХ ПОМИЛОК В ЗАСТОСУВАННІ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЇХ ВИРІШЕННЯ**

**Біленький О.С., Мокрецов І.О.**

*Науковий керівник – Черкашина О.Л., канд. фіз.-мат. наук, доцент*

Частка світлодіодних освітлювальних приладів від загальної маси штучного освітлення становить понад 60%. Найчастіше тривалість роботи цих приладів не досягає вказаних 20 тис. годин і вище. Що стосується втрати своїх характеристик, найсучасніші світлодіодні джерела світла здатні працювати без істотних знижень яскравості та зміщення їх колірної температури до 50 тис. годин, а в приближених до ідеальних умов до 100 тис. годин. Поліпшення умов роботи знижує швидкість деградації світлодіодів, що позитивно впливає на ефективний строк служби, при якому падіння потужності світлового потоку від початкового не перевищує 30%.

Перегрів світлодіодних ламп - основна причина, через яку знижується яскравість і якість світлового потоку. Незважаючи на те, що світлодіодні джерела світла мають дуже високий ККД, більша частина енергії все ж перетворюється в тепло і викликає нагрів вище 60-70 градусів на який світлодіоди в основному не розраховані. В середньому перевищення максимально допустимої робочої температури на 1 градус призводить до зниження ефективного терміну служби на 2-5 тис. годин.

Більшість ламп побутового (бюджетного) класу мають радіатори мінімальних розмірів або їх роль намагається виконувати плата з алюмінієвою основою, на якій розпаяні світлодіоди. Серйозніші системи охолодження для світлодіодних ламп (масивні радіатори) виконуються при потужності від 18Вт. У моделях з потужністю понад 40Вт, часто крім радіатора використовується ще й активна система охолодження (кулер).

***Перегрів світлодіодів призводить до:***

- Деградації кристалів світлодіода. При перегріві виникають дефекти в кристалічних решітках, такі області не випромінюють світ-

ло, але при цьому активно виділяють тепло, ще більш посилює процеси деградації кристала.

- Вигорання люмінофора. При перегріванні люмінофорне покриття може деградувати, що призводить до падіння яскравості і зміни відтінка світла, оскільки в спектрі може з'явитися власне випромінювання світлодіодного кристала.

- Ще однією, не настільки явною, проблемою перегріву світлодіодних ламп стає прискорене старіння електролітичних конденсаторів, це стосується світлодіодних ламп, де світлодіодна матриця і драйвер споживання знаходяться в одному корпусі. Такі процеси можуть призвести до зростання коефіцієнта пульсацій, що негативно впливає на комфортному сприйнятті оком.

Підтримання правильної температури матриці світлодіодів збільшує термін служби освітлювального приладу та максимальну кількість випромінюваного ним світла. Завдяки цьому також можна зменшити кількість світлодіодів які використовуються у приладі.

### ***Пропозиції:***

- Звертати увагу на виконання світлодіодних приладів: лампи, світильники, стрічки, модулі і т.д., оскільки практично все залежить від виробника. Якщо виробник заощадив на світлодіодних кристалах, люмінофорі, системі охолодження, драйвери споживання і т.д., термін служби таких приладів істотно скорочується в порівнянні з якісні приладами, які служать багато років без приведених недоліків.

- Для світлодіодних стрічок, особливо з потужними світлодіодами і з великою щільністю їх посадки, необхідно використовувати алюмінієві профілі, які виступають в ролі радіатора.

- Для забезпечення правильної температури, необхідно звернути увагу на вибір правильних теплопровідних матеріалів, які призначені для заповнення зазору між основою світлодіодів і радіатором для зменшення теплового опору на кордоні між ними.

- Зменшення яскравості при відсутності потреби у ній може збільшити строк служби світлодіодів у побутових освітлювальних приладах. Мається на увазі можливість регулювання яскравості приладу в залежності від потреб користувача. Регулювання яскравості освітлення може бути здійснене за допомогою датчиків руху, прив'язки приладів до системи розумного будинку, або різноманітних цифрових приладів, смартфонів, тощо.

## **ЗОВНІШНЄ ОСВІТЛЕННЯ, ЩО ПРАЦЮЄ ВІД АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ**

**Войтов К.О.**

*Науковий керівник – Поліщук В.М., канд. техн. наук, доцент*

Одна з найбільш популярних груп світильників в сегменті вуличного освітлення сьогодні це ліхтарі на сонячних батареях і з кожним роком варіантів такої форми освітлення стає все більше. З'являються світильники з новими можливостями, дизайном, характеристиками. Серед переваг такого освітлення відзначається:

- економічність. Для роботи таких світильників досить сонячної енергії, прилади не доведеться підключати до електромережі або витратити на забезпечення їх роботи будь-які інші ресурси;
- автономність. Розміщення приладів не вимагає підведення проводів, кабелів і інших комунікацій, вони працюють тільки від сонячних батарей або акумуляторів і можуть бути встановлені в будь-якому місці;
- привабливий дизайн. Led - світильники на сонячних батареях виглядають привабливо і доступні в широкому діапазоні моделей;
- екологічність. Світлодіодні прилади не виділяють в атмосферу шкідливих речовин і не вимагають спеціальних умов для утилізації;
- функціональність. Ліхтарики на сонячних батареях можуть працювати при будь-яких зовнішніх умовах, при будь-якій погоді (в тому числі в складних погодних ситуаціях).

Характеристики міцності, відсутність необхідності в підключенні до електрики, протягуванні кабелів і інших комунікацій, простота монтажу і обслуговування, економічність і екологічність, широкий вибір моделей налаштовує людство використовувати Led світильник на сонячних батареях. Вже сьогодні вони відмінно справляються із завданням освітлення басейну, під'їзду до гаражу, вхідної групи, фасаду, для підсвічування саду або двору вночі, створення ландшафтного освітлення, підсвічування газонів і доріжок. Дуже перспективним напрямком роботи даного обладнання автори вважають освітлення міжміських трас, парків та скверів. Головним завданням при розміщенні світильників є вибір точки з найбільшою інсоляцією. Ліхтарі не повинні бути перекриті рясної зеленню, дахами будинків або іншими перешкодами.

На даний час в Україні застосовують світильники на сонячних батареях:

- з датчиком руху;
- настінні;

- підвісні;
- підлогові;
- прозорі або матові.

Виробники удосконалюють свою продукцію і намагаються зробити її максимально економічною і ергономічною. Однак, навколо цієї продукції ведеться чимало спорів. Існує думка, що робота подібних ліхтарів неефективна, що функціонувати «сонячні» світильники будуть тільки влітку і то не завжди. Розвіяти сумнівні твердження про світлодіодні ліхтарі на сонячних батареях допоможуть практичні випробування та дослідження, які проводяться також і в рамках моєї магістерської роботи. Результати показують, що світильники працюють в будь-який час року незалежно від кількості сонячних променів. Єдиний момент, який варто враховувати це те, що при недостатній інсоляції ефективність обладнання може бути знижена. Але працюють світильники і взимку.

Що я пропоную:

Поетапно перевести наші парки, вулиці, дороги на живлення від альтернативних джерел живлення.

Розробити місцеві станції сонячних батарей, від яких, наприклад, в парках будуть житися не тільки освітлення, але й інфраструктура (туалети, пости охорони, відеонагляд, вай-фай, фонтани тощо.)

В місцях, де реалізована транспортна розв'язка, поряд із нею також можливо встановити місцеву станцію живлення. Підприємство, або, наприклад, Міськвітло може виїжджати туди планово для перевірок, або ж зробити обладнання, яке використовується і зараз - це термінали, за допомогою яких диспетчери дистанційно керують освітленням. Для трас можна використовувати одинарні світильники с батареєю і інвертором.

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНОГО І ЕМОЦІЙНОГО ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ ОСВІТЛЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ АУДИТОРІЙ**

***Кіндінова А.К.***

*Науковий керівник – Ляшенко О.М., канд. техн. наук, доцент*

Параметри світлового середовища навчальних аудиторій в значній мірі залежать від якісних характеристик освітлювальної установки, до яких належать не тільки основні нормовані показники(показник дискомфорту, циліндрична освітленість і коефіцієнт пульсації), але й індекс кольоропередачі, колірна температура та її зміна протягом доби відповідно до динаміки



природного світла. Це пов'язано з впливом цих факторів, а особливо колірної температури, на фото чутливі рецептори людини, що відповідають за регулювання циркадних ритмів організму людини.

На основі цього компанія «Світлові Технології» провела ряд досліджень в навчальних аудиторіях. У ході експериментальних досліджень було обрано дві ідентичні аудиторії, в одній з них були встановлені світильники цієї компанії Color Fusion LINER/S LED 1200 CF зі змінною колірною температурою і системою управління з різними сценаріями освітлення, а у іншій аудиторії освітлювальна система залишилася незмінною.

Під час випробувань знімались такі показники як працездатність, самопочуття та настрої. Вони оцінювались за допомогою коректурних проб, теплінг-тесту та опроснику САН. За результатами цього експерименту було підтверджено, що зміна режимів освітлення впливає на організм людини, її працездатність та самопочуття. Так було виявлено, що:

- продуктивність світлодіодного освітлення з кольоровою температурою 5800 К на 20% порівняно з люмінесцентним освітленням,

- продуктивність світлодіодного освітлення з кольоровою температурою 5800 К на 15% вище світлодіодного освітлення з кольоровою температурою 4000 К.

- продуктивність світлодіодного освітлення з  $T=2800$  К не відрізняється від освітлення люмінесцентними лампами.

- за результатами тестування підтверджено, що  $T=5800$  К викликає активність людини.

- при  $T=2800$  К було виявлено зниження працездатності.

- згідно опитуванню студенти відчували себе активно при  $T=5800$  К та розслаблено при  $T=2800$  К.

Таким чином, ми можемо побачити, що стан людини протягом дня дуже сильно залежить від освітлення. Одним з рішень проблеми непродуктивного освітлення навчальних аудиторій є встановлення біологічно активного і емоційного освітлення, яке повторює циркадні ритми людини та враховують періоди роботи та відпочинку, задля підвищення ефективності роботи людини.

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ОСВІТЛЕННЯ ФІТНЕС ЦЕНТРІВ

*Колесник К.Є.*

*Науковий керівник – Діденко О.М., канд. техн. наук, ст. викладач*

Як показують дослідження, самопочуття і мотивація відвідувачів спортивних майданчиків безпосередньо залежить від якості освітлення залів для тренувань. Зокрема, недостатній рівень освітленості і множинні тіні на поверхнях спорядження призводять до зниження працездатності і швидкої стомлюваності, в той час як яскраве світло холодної тональності підвищують загальний тонус, самопочуття і результативність тренувань, а високий коефіцієнт пульсації світильників негативно впливає на очні нерви.

Унікальний дизайн і яскраве розсіяне світло виконують відразу кілька функцій - створюють рівномірне загальне освітлення і ефектно доповняють дизайнерські рішення інтер'єру спортивного залу. Для отримання загального освітлення залу використовують вбудовані, стельові і підвісні світильники, які розташовують у верхній частині залу.

Основна мета та задачі при освітленні фітнес центру:

- створення робочої атмосфери, що бадьорить і стимулює до результативності тренувань (загальне освітлення);
- забезпечення аварійного та евакуаційного освітлення (проектуються окремо);
- створення образу, що запам'ятовується, підтримання іміджу;
- зонування.

Нормативні вимоги до освітлення тренажерних залів і фітнес клубів поки не розроблені, тому проектувальники і світлотехніки орієнтуються на норми і вимоги до висвітлення спортивних об'єктів загального призначення.

Типові помилки:

- так зване «грубе», направлене світло з різкими тінями;
- використання ламп розжарювання і люмінесцентних джерел світла з високим коефіцієнтом пульсації;
- неправильне розміщення світильників без урахування специфіки виду спорту;
- пряма і відбита блискавість від джерел світла.

При проектуванні системи освітлення фітнес зали необхідно дотримуватись порядку:

- - визначення параметрів об'єкта, що підлягає освітленню;
- - встановлення значення освітленості відповідно до норм;
- - обрання певної концепції та системи освітлення;

- - проведення розрахунку освітленості у програмі.

Підсумувавши вище наведене, організація освітлення фітнес зали передувє безпосередньо попередня робота з проектування системи освітлення. Це відповідальна і серйозна робота, від якості якої залежить самопочуття і мотивація відвідувачів.

## **ВИВЧЕННЯ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА**

*Біленький О.С., Мокрецов І.О.*

*Науковий керівник – Литвиненко А.С., канд. техн. наук, доцент*

Світова сонячна енергетика розвивається високими темпами, сонячні електростанції стають частиною енергетичної інфраструктури багатьох країн. Розвиток сонячних технологій суттєво впливає на економіку. У зв'язку з цим можна очікувати, що в найближчі десятиліття сонячна енергетика стане стимулом для економічного розвитку країн і регіонів, що володіють необхідними сонячними ресурсами.

На кафедрі СДС проводяться роботи по вивченню різних видів альтернативної енергії. В рамках цієї роботи запропоновані розробка і створення лабораторного стенду для вивчення фізичних основ енергії Сонця.

Лабораторний стенд призначений для проведення лабораторних робіт з вивчення сонячних фотоелектричних елементів (отримання вольт-амперних характеристик сонячних елементів, розрахунку їх ККД, оптимальних робочих параметрів, визначення найбільш вигідної орієнтації для заданого регіону і т.д.). Стенд повинен дозволити визначити основні характеристики сонячних елементів: напругу холостого ходу, струм короткого замикання, вольт-амперну характеристику (ВАХ) та робочі параметри при різних орієнтаціях елементів і інтенсивності джерела світла. Стенд може використовуватися для проведення лабораторних робіт в реальних умовах з використанням Сонця в якості джерела енергії. Крім цього, роботи зі стендом можуть проводитися і в приміщенні, в якості джерела енергії в цьому випадку використовується вбудована в стенд лампа розжарювання або її комбінація з LED для компенсації спектра випромінювання. Для оптимізації процесу вимірів в лабораторному стенді передбачена робота спільно з контрольно-вимірювальним обладнанням під керівництвом програмного забезпечення. Завдання програми отримати в автоматичному режимі вольт-амперну характеристику і привести графік залежності виробленої потужності від прикладеного навантаження.

Основною метою є використання такого лабораторного стенда в процесі проведення лабораторних робіт і практичних занять для придбання знань і умінь у сфері сонячних технологій, а також аналізу роботи сонячних фотоелектричних елементів.

## **ОСВІТЛЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ТА ДОРІГ ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ**

*Благул А.О.*

*Науковий керівник – Суворова К.І., канд. техн. наук, доцент*

На територіях промислових підприємств об'єктами освітлення є: автодороги, пішохідні доріжки, під'їзди к будівлям, передзаводські ділянки (майданчики, проїзди, стоянки транспорту, що не відносяться до території міста), окремі залізничні колії і заводські залізничні станції, відкриті склади, відкриті робочі майданчики, лінія межі території (охоронна зона).

Норми освітленості відкритих просторів не залежать від типу джерел світла, що обумовлює в першу чергу вживання газорозрядних джерел світла, як більш економічних. Нормуються якнайменші значення освітленостей робочих поверхонь або дорожніх покриттів, при цьому нормами обмежується відношення значень найбільшої освітленості до найменшої.

При проектуванні зовнішніх освітлювальних установок також повинні дотримуватися норми, що визначають якнайменшу висоту установки освітлювальних приладів за умов обмеження сліпучої дії.

Для охоронного освітлення рекомендуються світлодіоди.

Освітлення територій промислових підприємств може виконуватися як світильниками, так і прожекторами. Вирішальним моментом для вибору того або іншого виду освітлювальних приладів (прожекторів або світильників) є розміри освітлюваної поверхні: при освітленні вузьких площ доцільно застосовувати світильники, при великих площах – прожектори. Спостерігається тенденція до розширення вживання прожекторів, оскільки це скорочує число освітлювальних приладів, а отже, покращує умови експлуатації.

## **ПУЛЬСАЦІЇ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА**

**Мовчан В.Ю.**

*Науковий керівник – Суворова К.І., канд. техн. наук, доцент*

Відомо, що око людини здатне сприймати зміни візуальної інформації, частота яких не перевищує 30-80 Гц (залежить від індивідуальних особливостей людини, умов, що оточують, інтенсивності та спектрального складу світлового потоку). Вище 80 Гц мерехтіння візуально вже не сприймається.

Видима пульсація світла, безумовно, робить негативний вплив на зір і самопочуття людини. Дослідження впливу пульсації світлового потоку на людину показали наступні результати:

- людина підсвідомо сприймає пульсації світла, що не відчуваються при цьому візуально (як за частотою, так і за амплітудою);
- пульсації світла частотою вище 100 Гц починають впливати на роботу мозку вже при глибині 2-3%;
- при рівні пульсацій більше 5 ... 8% і при частотах 100 Гц і більше нормальна робота мозку порушується;
- пульсації, глибиною більше 20%, дають той же ефект, що і 100% пульсації;
- мозок не сприймає пульсації світла, частотою вище 300 Гц.

Застосування в якості джерел світла світлодіодних ламп в даний час пояснюється їх високою енергоефективністю. Незважаючи на те, що світлодіодні кристали працюють на постійному струмі, сама лампа включається в побутову мережу змінного струму. Тобто, в лампі міститься випрямляч. У порівнянні з іншими джерелами світлодіодна лампа значно дорожче і виробник прагне всіма способами знизити її собівартість. Одним із способів – це спрощення схеми випрямлення. Випрямлена напруга в такому випадку буде пульсуючою, що в свою чергу призведе до пульсації і світлового потоку.

## **СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ**

**Жилін А.В.**

*Науковий керівник - Єгоров О.Б., канд. техн. наук, доцент*

Проблема зниження енергетичних витрат, проблема енергозбереження стає усе більш актуальною на сьогоднішній день. Для підвищення енергетичних характеристик енергоефективного асинхронного двигуна існує два шляхи:

- проектування енергоефективного асинхронного двигуна без зміни геометрії поперечного перерізу;

– проектування оптимального енергоефективного асинхронного двигуна з новими розмірами поперечного перерізу.

Метою даної роботи є аналіз впливу форми паза статора на енергетичні характеристики асинхронного двигуна (АД) у рамках оптимального проектування енергоефективного асинхронного двигуна з новими розмірами поперечного перерізу.

Енергоефективні двигуни - двигуни, які роблять більше роботи на одиницю енергії, чим звичайні аналоги, вони мають більш високий ККД, мають підвищену надійність, більш низькі показники по шуму й вібрації. Більш високий ККД означає більш низьке енергоспоживання.

Проектування АД зі зміною геометрії поперечного перерізу можливо за рахунок зміни форми паза статора й підвищення енергоефективності асинхронного двигуна. Показниками енергоефективності АД є:

– коефіцієнт корисної дії; що представляє відношення корисної потужності двигуна, вираженої в кіловатах, до активної потужності, споживаної двигуном з мережі, вираженої в кіловатах;

– коефіцієнт потужності ( $\cos$ ), що представляє відношення споживаної активної потужності, вираженої в кіловатах, до повної потужності, споживаної з мережі, вираженої в кіловольт-амперах.

У табл. 1 представлені енергетичні показники й номінальні дані базового й енергоефективного двигунів.

Таблиця 1 – Енергетичні показники асинхронного двигуна

	4A160S4	5AM160S4
Рном, кВт	15	15
Кзапов.	0,75	0,71
COS	0,86	0,86
ККД, %	88,4	89,5

У результаті теоретичних і експериментальних досліджень важливо визначити найкращі абсолютні й питомі енергетичні характеристики асинхронного двигуна, виходячи з вимог, пропонувананих до регульованого електродвигуна змінного струму.

Дані табл. 1 можливо одержати й поліпшити при зміні форми паза статора (Рис. 1).

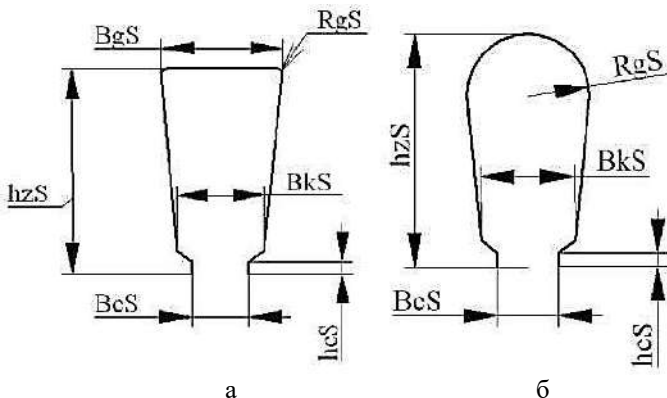


Рисунок 1 - Форми пазів: а) форма паза статора, що застосовується в базових двигунах; б) форма паза статора енергозберігаючого двигуна

При зміні форми паза керувалися наступними вимогами:

- площа паза повинна відповідати кількості й розмірам розташованих у ньому провідників обмотки з урахуванням усієї ізоляції;
- значення індукції в зубах і ярмі статора повинна перебувати в певних межах, що залежать від типу, потужності, виконання машини й від марки електротехнічної сталі сердечника.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновки, що спроектовані асинхронні двигуни зі зміненою формою паза статора мають наступні переваги:

Більш високий ККД, чому у звичайних аналогів.

Більш низьке енергоспоживання, у результаті зниження експлуатаційних витрат.

Зниження рівня шуму й вібрації.

Висока надійність і термін служби.

Низька температура обмотки електродвигуна, за рахунок зниження втрат у АД, у результаті продовження терміну служби ізоляції.

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ПУСКОВОГО МОМЕНТУ

**Жилін О.В.**

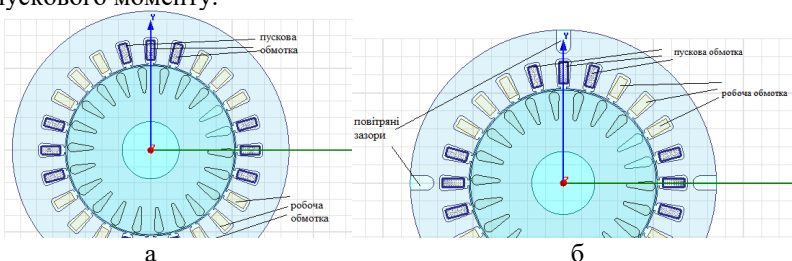
*Науковий керівник - Єгоров О.Б., канд. техн. наук, доцент*

Стабільна й безпечна робота однофазних асинхронних двигунів (ОАД) багато в чому визначається значенням кратності пускового моменту, до величини якого пред'являється підвищена увага при роботі з

деякими навантаженнями. Підвищення пускового моменту ОАД є актуальним завданням. У даній роботі об'єктом досліджень є ОАД з робочої й пускової обмотками, потужністю  $P=550 \text{ Вт}$ , напругою живлення  $U=220 \text{ В}$ , номінальною частотою обертання  $n=1440 \text{ хв}^{-1}$ .

Дослідження ОАД з модифікованою конструкцією статора проводилися шляхом моделювання в програмному середовищі ANSYS. Розрахунки моменту обертання в програмі ANSYS Maxwell 2D здійснювався шляхом диференціювання величини енергії магнітного поля в повітряному зазорі машини по куту повороту ротора.

Суть запропонованого удосконалення конструкції полягає в розташуванні в зонах магнітних осей пускової обмотки немагнітних наскрізних зазорів, що дозволяє знизити індуктивність ротора до двох раз у порівнянні зі звичайною конструкцією статора. У результаті зниження індуктивності обмотки ротора вдається досягти зниження величини індуктивного опору фази ротора, і, відповідно, підвищення пускового моменту.

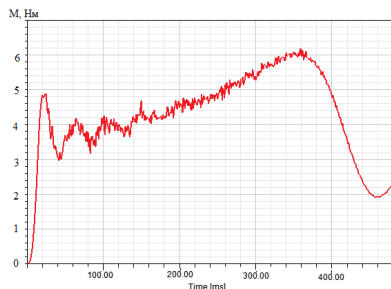


**Рис. 1.** Моделі прототипу ОАД (а) і з модернізованою конструкцією статора (б)

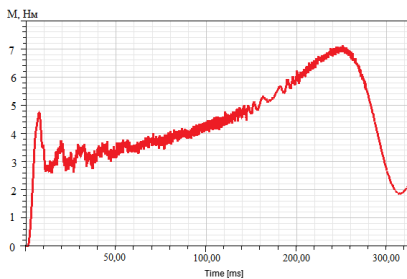
Метою проведених досліджень був аналіз механічних характеристик двох варіантів виконання ОАД при рівних умовах випробувань: із традиційною конструкцією й з немагнітним зазором у статорі електроприводу в області пазів пускової обмотки (Рис.1).

Варто відзначити, що розрахунки механічних характеристик ОАД (Рис.2) з урахуванням моменту інерції обертового ротора підвищує точність результатів електромагнітного розрахунків. Це у свою чергу дозволяє здійснювати об'єктивний порівняльний аналіз математичних моделей модифікацій і прототипу.





а



б

Рис. 2. Механічна характеристика для прототипу (а) й для конструкції з немагнітним вирізом (б)

Основні результати зводяться до наступного: було виконане дослідження впливу наскрізного немагнітного зазору в області пазів пускового обмотки статора однофазного двополусного асинхронного електродвигуна. Моделювання магнітного стану двигуна виконувалося за допомогою розрахункового комплексу ANSYS Maxwell 2D. Аналізуючи результати моделювання було встановлено збільшення максимального моменту однофазного двигуна з модернізованою конструкцією на 17% у порівнянні із прототипом, а також зменшення часу пуску на 41%.

## ФОРМУВАННЯ ТЕПЛОВИХ СХЕМ ГЕЛПОВОДОПОСТАЧАННЯ

*Косарева І.В., Французьонюк А.С.*

*Науковий керівник – Сенецький О.В. канд. техн. наук, доцент*

На теперішній час все більша увага приділяється використанню поновлювальних енергетичних ресурсів (ПЕР) та реалізації розподілених системах тепло- і електропостачання, реалізуючи сучасну європейську стратегію децентралізації енергопостачання. Ці джерела енер-

гії розглядають як суттєве доповнення викопних паливних ресурсів. Використання поновлюваних видів енергії, зокрема енергії сонця і вітру, отримало відчутні масштаби та стійку тенденцію до зростання. За різними прогнозами, їх частка до 2025 р. сягне 10 % і більше.

Жваве використання енергії сонячної радіації для отримання теплової та електричної енергії пов'язане з тим, що за масштабом ресурсів, екологічній чистоті та поширенням він має значний потенціал й перспективність.

Сонячна енергія упевнено завойовує стійкі позиції у світовій енергетиці. Привабливість сонячної енергетики обумовлена рядом обставин:

- сонячна енергетика є загально доступною на усій планеті, розрізняючись за щільністю потоку випромінювання не більше ніж в два рази, тому вона актуальна для усіх країн та відповідає їх інтересам в плані енергетичної незалежності;

- сонячна енергія є екологічно чистим джерелом енергії, що дозволяє використовувати його в зростаючих масштабах з мінімальним впливом на довкілля;

- сонячна енергія також є практично невичерпним джерелом енергії.

Проведений аналіз літературних джерел та наявний досвід розвинутих країн світу показали, що теплові сонячні колектори отримують все більше розповсюдження для баз відпочинку, готелів і т.і. При впровадженні такого енергоефективного заходу вельми актуальним є компонування теплової схеми.

З урахуванням кліматичних умов України найбільш раціональна компоновка теплової схем включає у себе два контури: перший з незамерзаючою рідиною (антифриз), другий – з водою (рис. 1).

Основними елементами теплової схеми геліоводопостачання є сонячний колектор, теплообмінник (передача теплової від першого до другого контуру), дублюючий підігрівник, бак-акумулятор, автоматична система управління (рис. 1).

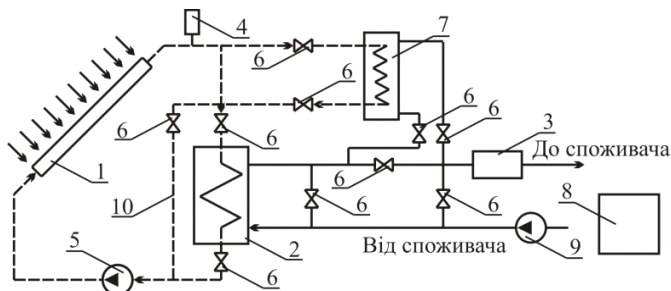


Рисунок 1 – Функціональна схема геліоводопостачання: 1 – геліоколектор (сонячний колектор); 2 – теплообмінник; 3 – дублюючий підігрівник; 4 – розширювальний бак; 5 – циркуляційний насос; 6 – відсічні засувки; 7 – бак-акумулятор; 8 – автоматична система управління; 9 – насос сітрової води; 10 – байпасна лінія; — — — — контур з антифризом; ————— – водяний контур

Кожен з елементів виконує свою важливу функцію. Небезпека заморожування системи і розриву труб при мінусових температур у зимовий період викликає необхідність реалізації двоконтурних систем та заповнення першого контуру незамерзаючою рідиною (антифризом).

В залежності від довжини трубопроводів та потужності сонячної теплової установки необхідно розглядати доцільність впровадження у схему циркуляційного насоса та забезпечення примусового руху теплоносія через сонячний колектор. Це призводить до ускладнення схеми, але підвищує інтенсивність тепловіддачі в трубах сонячного колектора.

Для безперерійного забезпечення споживачів теплою водою в період ослаблення або припинення сонячного випромінювання до схеми включають додатковий підігрівник (газовий або електричний). Дублюючий джерело енергії обирають такої потужності, щоб нагріти всю воду за умови повної відсутності сонячного випромінювання.

Ємність бака-акумулятора теплоти розраховують виходячи з існуючих варіантів водорозбору (безперервний і періодичний). Якщо воду розбирають відразу після початку роботи системи, то в баку-акумуляторі двох контурної системи зберігається тільки надлишок теплої води. В іншому випадку гарячу воду відбирають після повної зарядки акумулятора. Ємність акумулятора повинна вмщати всю гарячу воду, яку колектор нагріває протягом світлового дня.

Дослідження, що проведені у роботі присвячені аналізу можливих технічних рішень при формуванні раціональної теплової схеми тепlopостачання при використанні енергії сонця є вельми актуальними. Розглянуте питання компоновання теплогенеруючого циклу дозволить комплексно підходити до формування таких установок.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ СИНТЕЗУ ЙОГО УТОЧНЕНОЇ МОДЕЛІ**

*Нейпак В.О., Гнатівський М.С.*

*Науковий керівник – Тугай Д.В. д-р техн. наук, доцент*

Як відомо, енергетичні характеристики фотоелектричного перетворювача в значній мірі залежать від поточної температури його поверхні, під час збільшення якої генерація електричної енергії зменшується. Тому для отримання теплових характеристик обраного фотоелектричного модуля Solarday SDM72 360W та оцінки впливу температури на його роботу під час створення його уточненої комп'ютерної моделі було проведено лабораторний експеримент.

На рисунку 1 наведено фотографії лабораторної установки, за допомогою якої було отримано температурні характеристики.

Випробувальний стенд складається з фотомодуля Solarday SDM72 360W, двох навантажувальних реостатів та двох потужних освітлювальних приладів з галогенними лампами (номінальна потужність одного світильника 2 kW), що імітують джерело сонячного випромінювання. Для проведення вимірювань було використано прилади: два цифрових мультиметра MY75, що використовувались як вольтметр і амперметр відповідно, цифровий люксметр WT81, безконтактний інфрачервоний цифровий пірометр ThermoSpot Pocket, цифровий осцилограф SDS1022D.

Експеримент проводився для отримання залежності вихідної потужності фотоелектричного модуля Solarday SDM72 360W від температури його поверхні, яка фіксувалася статично установленим цифровим пірометром ThermoSpot Pocket в центральній точці модуля.



Рис. 1. Зовнішній вигляд лабораторної установки

Метою даної роботи є проведення лабораторного експерименту з отриманням температурної залежності фотоелектричного модуля Solarday SDM72 360W для уточнення математичної моделі, що описує роботу фотоелектричних елементів і створення детальної комп'ютерної моделі фотоелектричного модуля на її основі.

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОМИСЛОВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З 29-РІВНЕВИМ КАСКАДНИМ ІНВЕРТОРОМ НАПРУГИ**

*Перепелиця А.С.*

*Науковий керівник – Тугай Д.В. д-р техн. наук, доцент*

Промислові сонячні електростанції займають значну частину в електроенергетичному секторі багатьох розвинених країн і на сьогодні

їх темп будівництва в Україні значно прискорився. В останні роки в різних регіонах України з'являються нові фотоелектричні станції встановлена потужність яких перевищує одиниці і десятки мегават. Харківська область в цьому відношенні також не є виключенням. Основною перевагою фотоелектричних сонячних електростанцій під час проектування і будівництва є модульний принцип конструкції, що дозволяє масштабувати цю технологію до значних потужностей.

Відомі два основних топологічних рішення, що використовуються для підключення фотоелектричної системи промислових сонячних електростанцій до мережі живлення. Перша, найбільш поширена, заснована на використанні «стріггових» інверторів, до входів постійного струму яких підключаються локальні фотоелектричні масиви. Трифазні виходи «стріггових» інверторів об'єднуються в розподільчих пунктах і підключаються до шин низької напруги комплектно трансформаторної підстанції. Функцію відбору максимальної потужності від сонячних фотомодулів за такої топології реалізовано в «стріггових» інверторах. Друга топологія заснована на використанні центральних потужних інверторів, при цьому фотоелектричні масиви об'єднуються на стороні постійного струму з використанням DC/DC перетворювачів, найчастіше понижуючого типу, які реалізують функцію відбору максимальної потужності.

В даній роботі запропоновано альтернативну топологію силового напівпровідникового перетворювача для потужної промислової сонячної електростанції, що заснована на використанні 29-рівневого каскадного перетворювача напруги. Відмінної особливістю даної схеми є відсутність силового трансформатора для передачі згенерованої електростанцією енергії до мережі живлення. Комірки інвертора послідовно об'єднуються в фази перетворювача на однофазному змінному струмі на необхідних рівень мережевої напруги.

Метою даної роботи є комп'ютерне моделювання потужної промислової сонячної електростанції на основі 29-рівневого каскадного інвертора напруги з використанням програмного середовища Matlab/Simulink для оцінки перспективи використання такого типу перетворювачів в фотоенергетиці.

## ІСНУЮЧІ КОНСТРУКЦІЇ ТА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКІВ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ В ЯКОСТІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

*Колодяжний С.В.*

*Науковий керівник – Форкун Я.Б., канд. техн. наук, доцент*

Сонячна енергія для побутових цілей використовується для гарячого водопостачання (ГВП); опалювання приміщень; отримання електроенергії. Інвестиції в геліосистему, зокрема в сонячну водонагрівальну установку, є вельми вигідним капіталовкладенням.

Аналіз конструкцій існуючих типів сонячних теплових колекторів, плоских та вакуумних трубчастих з тепловою трубкою свідчить, що при виборі колектора необхідно враховувати їхні відмінності, вартість, реальний ККД, область застосування, кліматичні дані і економічний ефект від впровадження. Важливою перевагою вакуумного колектора є те, що він здатний працювати при температурах до  $-45^{\circ}\text{C}$ , на відміну від плоских, які здатні видавати гарячу воду при температурах не нижче  $+15^{\circ}\text{C}$ . Підтримка вакууму в просторі між поглинаючою поверхнею абсорбера і світлопрозорим покриттям, застосування селективних покриттів істотно підвищує ефективність таких колекторів. Але для систем, що потребують гарячу воду лише влітку, економічно встановлювати плоскі колектори, які є більш дешевшими.

При розрахунку і підборі елементів системи ГВП на основі сонячних колекторів необхідно враховувати, що сонячний колектор не може забезпечувати постійної продуктивності; система сонячних колекторів розраховується як допоміжне джерело тепла; для ефективного використання сонячної енергії необхідно застосовувати ємкі баки-накопичувачі; весь контур сонячного колектора повинен бути розрахований для роботи при відповідних температурах; для забезпечення цілорічної експлуатації рекомендується використовувати закриті схеми з незамерзаючими рідинами на основі гліколів.

На першому етапі розрахунку визначаються з місцем і типом установки сонячних колекторів, а також з орієнтацією колектора. Якщо напрямку його на південь, (найбільш вигідний з погляду максимальної теплової енергії), дотримуватися неможливо, у величину теплової потужності сонячного колектора вносять відповідні поправки. Зазвичай, ці поправки використовують одночасно з поправками на кут нахилу сонячного колектора відносно горизонталі.

Для визначення необхідної площі сонячних колекторів для потреб ГВП використовують два методи: емпіричний метод та розрахунковий.

Емпіричний метод заснований на практичному досвіді, який свідчить, що у широтах центральної України для покриття потреби в гарячій воді житлового будинку з розрахунку 50 %, площа колекторів на 1 мешканця складає 1,0-1,5 м<sup>2</sup> у разі використання плоских колекторів та близько 0,8 м<sup>2</sup> у разі використання вакуумних. На практиці підбір здійснюється з готових колекторів, мінімальна площа яких приблизно 2 м<sup>2</sup>, саме тому мова не йде про повну відповідності з розрахунковими даними і цей метод є досить прийнятним.

При розрахунковому методі визначається необхідна кількість тепла на потреби ГВП по відомій формулі:

$$Q_n = m \cdot c \cdot t$$

де  $Q_n$  – необхідна кількість тепла на потреби ГВП, кВт;

$m$  – необхідна кількість гарячої води, л/добу;

$c$  – питома теплоємність води, 4,2 кДж /кг°С;

$t$  – різниця температур гарячої води на вході і виході колектора, °С.

Необхідна площа сонячних колекторів зазвичай визначається так:

$$F = (K_{op} \cdot \eta_n \cdot Q_n) / (\eta_e \cdot Q)$$

де  $K_{op}$  – коефіцієнт поправки на орієнтацію колектора;

$\eta_n$  – коефіцієнт покриття за рік;

$\eta_e$  – коефіцієнт ефективності використання за рік;

$Q$  – енергія сонячного випромінювання на одиницю поверхні за рік, кВт·год / м<sup>2</sup> рік.

У кліматичній зоні України коефіцієнт  $\eta_n$  повинен бути не меншим за 50 %. Коефіцієнт ефективності є емпіричною величиною і залежить від типу колектора, довжини труб, товщини ізоляції, наявності зовнішніх і внутрішніх забруднень колектора, кліматичних умов (для плоских сонячних колекторів цей показник приймають на рівні 0,35).

Таким чином, використання сонячних теплових колекторів в тепловому водопостачанні та опаленні є перспективним напрямом. При виборі сонячного колектора треба враховувати завдання, які він повинен вирішувати та наявність економічних ресурсів для його встановлення та підключення. Для прискорення впровадження цих пристроїв у ЖКГ України потрібні економічні стимулюючі заходи, що зроблять встановлення теплових сонячних колекторів привабливим для населення нашої країни.



## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ НА БАЗІ LiFePO<sub>4</sub> АКУМУЛЯТОРІВ

**Поберій В.В.**

*Науковий керівник - Шкурпела О.О., канд. техн. наук, асистент*

Проблема випадкового характеру вироблення електроенергії системою розподіленої генерації з відновлюваними джерелами енергії досі значно знижує темпи впровадження таких систем в промисловості, а саме промисловість є основним споживачем електроенергії в державі. Застосування накопичувачів енергії на базі літійових акумуляторних батарей дозволяє в значній мірі забезпечити безперервне електропостачання, проте призводить до суттєвого збільшення вартості електроенергії та як наслідок збільшення терміну окупності.

Світовий досвід показує на постійне зростання об'ємів промислових накопичувачів та впровадження нових. На теперішній час встановлена потужність накопичувачів енергії в світі становить близько 122 ГВт. Найбільшого поширення вони отримали в США - близько 20% від всієї встановленої потужності накопичувачів в світі. Так, на початку 2013 року штат Каліфорнія (США) законодавчо визначив, що до 2020 р, оператори мережі повинні встановити накопичувачі енергії загальною потужністю 1325 МВт. У Великобританії в 2016 році компанією National Grid закуплено 201 МВт систем накопичення енергії, які вже кілька років представлені на ринку потужності країни. У Китаї накопичення енергії - одна з 8 головних сфер розвитку енергетики і до 2021 року планується введення 46 ГВт систем накопичення. У Німеччині так само був оголошений державний проект вартістю 25 мільйонів євро для розвитку накопичувачів енергії. В Ірландії (Південний Дублін) в 2016 році введена в експлуатацію система зберігання енергії, гібрид хімічної батареї та суперконденсаторів. Система має встановлену потужність 300 кВт і ємність 150 кВт · год. За оцінкою на основі даних агентства Navigant Research, глобальний ринок систем накопичення енергії до 2025 року складе 80 млрд дол. США.

Для дослідження інтеграції системи накопичення енергії до енергосистем розглянемо типову спрощену конструкцію накопичувача на базі літій-іонних акумуляторів виробництва TESLA – PowerPack, що складає основу акумуляторної станції Hornsdale Power Reserve, що знаходиться у південній Австралії.

Структурна схема промислового накопичувача представлена на рисунку 1.

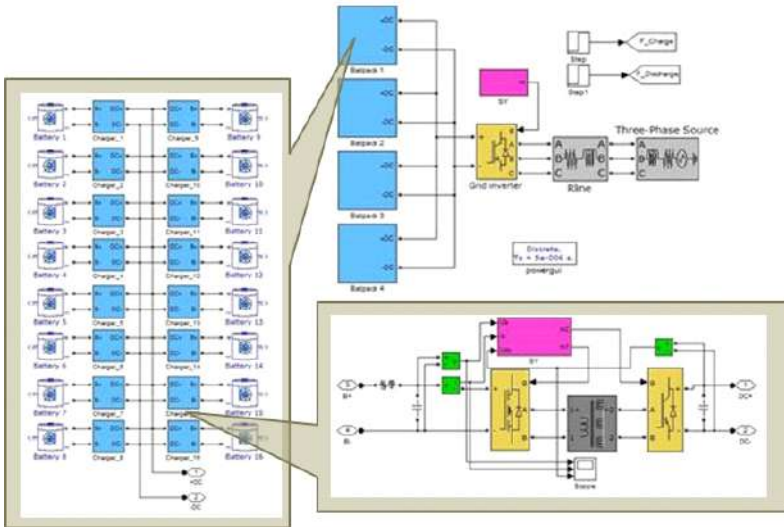


Рисунок 1. Схема накопичувач на базі Li-Ion акумуляторів.

Накопичувач має модульну конструкцію, що дозволяє легко масштабувати його до потрібних показників потужності та ємності. Він складається з трифазного мережевого інвертора, що забезпечує близько 600 кВт потужності (в залежності від кількості підключених акумуляторних модулів) та виконує перетворення постійної напруги від акумуляторних модулів у змінну 380 В промислової частоти. Кожен акумуляторний модуль має потужність близько 50 кВт та складається з 16 ізолюваних акумуляторних збірок, що складаються з 13 послідовно з'єднаних літій іонних акумулятори. Пристрій заряду-розряду забезпечує реалізацію режимів розряду-заряду з урахуванням технічних характеристик акумуляторів та узгодження рівня вихідної напруги на рівні 550 В DC для подальшого перетворення її мережевим інвертором.

В ході аналізу конструкції даного типу накопичувачів зроблено висновок, що перспективними рішеннями є модульність конструкції, гальванічне ізолювання дозволяє підвищити безпеку при виході з ладу однієї або декількох акумуляторних збірок, легке масштабування за потужністю та ємністю. Подальше вдосконалення бачиться у використанні акумуляторів типу  $\text{LiFePO}_4$ , дозволить збільшити термін експлуатації, що потребує більш детального дослідження.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНИМ ТРЕКЕРОМ

*Ситник Д.В.*

*Науковий керівник - Шкурпела О.О., канд. техн. наук, асистент*

Підвищення ефективності використання енергетичного обладнання є актуальною проблемою для сектору використання відновлюваних джерел енергії (фотоенергетика). Особливо гостро це питання постає при малих потужностях енергоустановки. Використання спеціальних МРРТ контролерів заряду на даний час вже стало «нормою» навіть в малій енергетиці. Це відбувається завдяки постійному зменшенні вартості інтелектуального обладнання. Технічними рішеннями, що дозволяють в значній мірі збільшити вироблення енергії малою енергоустановкою на базі сонячних фотомодулів є використання сонячного трекеру.

Відомо, що найбільше вироблення електроенергії сонячний модуль має при перпендикулярному положенні його робочої площини до напрямку падіння сонячних променів, а оскільки положення Сонця постійно змінюється, в наслідок обертання нашої планети, забезпечення оптимального положення робочої площини сонячних модулів і є завданням сонячного трекеру. Існує дві великі різновиди сонячних трекерів: ті, що забезпечують корегування положення сонячних модулів у одній (горизонтальній) площині та двох. Перші, хоча і мають значно простішу конструкцію, однак вимагають ручного встановлення вертикального положення сонячних модулів, яке відповідає літньому та зимовому положенню Сонця, що підвищує експлуатаційні затрати та помилки при ручному зміні положення. Двохосьовий трекер хоча й має більш складну конструкцію позбавлений цих недоліків.

Окремо слід вказати на принципову різницю у підходах до визначення оптимального положення сонячного модуля. Перший заснований на використанні світлочувливих датчиків освітлення та системи регулювання, що забезпечує корегування положення сонячного модуля на найбільш освітлений напрямок, що відповідає перпендикулярному його положенню до Сонця. Серед недоліків такого підходу слід вказати – високу чутливість до рівня освітленості, великі похибки регулювання у вечірні та ранкові години та особливо у хмарну погоду, що призводить до зменшення вироблення енергії. Другий підхід заснований на астрономічних співвідношеннях взаємного положення Землі та Сонця. Для точного визначення напрямку на Сонце достатньо знати точне положення на поверхні Землі (широту та довготу) і точний час. Далі, використовуючи астрономічні розрахунки система точно позиці-

онує сонячний модуль на Сонце. Перевагами даної системи є незалежність від рівня освітленості, відсутність датчиків освітленості, що значно підвищує надійність такої системи. Недоліками її є вимога найбільш точного початкового налаштування та знання точного часу. Зазвичай використання сучасних систем геопозиціонування (GPS) дають точність близько 2-3 м, що є достатньою. Найбільш вагомим недоліком є вимога визначення точного часу.

## **МЕТОДИ І ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

*Соронін С.М.*

*Науковий керівник – Маляренко В.А., д-р техн. наук, професор*

Досягнення в галузі мікропроцесорної техніки дозволяють на новому, якісному рівні вирішувати завдання забезпечення нормального, ефективного функціонування систем електропостачання промислових підприємств (СЕПП).

Метою роботи є аналіз сучасного стану методів і засобів автоматизації СЕПП. Основними особливостями цих систем є: одночасність генерування і споживання електричної енергії; неминучість аварійних станів; зміна параметрів режиму системи.

Розрізняють три режими роботи СЕПП: нормальний, аварійний і післяаварійний.

Аварійний режим зазвичай супроводжуються короткими замиканнями (КЗ), які характеризуються проходженням великих струмів і глибоким зниженням напруги. Вони виникають і розвиваються в дуже короткий час. Важливо по можливості швидко (протягом десятих і навіть сотих часток секунди) виявити і відокремити місце пошкодження від неушкодженої частини.

Виконання цього завдання покладено на пристрої релейного захисту, які є основними видами електричної автоматики СЕПП. Але релейного захистом забезпечується лише швидке і надійне відділення місця пошкодження. Наслідки ж аварії усуваються оперативним персоналом і дією спеціальних пристроїв протиаварійної автоматики.

Час, що витрачається персоналом на ліквідацію нескладних аварій після автоматичного відключення пошкодженого обладнання релейного захистом, обчислюється хвилинами, якщо персонал знаходився на щиті управління підстанції і був готовий до екстрених дій. На ліквідацію складних аварій йдуть як мінімум десятки хвилин. За швидкістю дії і точності визначення характеру пошкодження автоматичні пристрої набагато перевищують дії, що виконуються оператив-

ним персоналом. Тому на сучасному етапі розвитку широке застосування знайшли пристрої протиаварійної автоматики, що дозволяють протягом секунд усувати аварійні режими і відновлювати схеми електропостачання споживачів, виключаючи в ряді випадків втручання персоналу.

У нормальному режимі роботи СЕПП процес виробництва, передачі і розподілу електроенергії також динамічний і підвержений випадковим коливанням навантаження, які призводять до зміни параметрів режиму мережі.

Крім того, в нормальних режимах СЕПП за деяких обставин може відключатися один з паралельно працюючих трансформаторів або одна з ліній живлення. Наприклад, на підстанції з двома трансформаторами при відключенні одного другий перевантажується і може пропрацювати обмежений час. Таку ситуацію потрібно відстежувати і при необхідності відключати частину навантаження.

З огляду на викладене, можна відзначити, що надійне і економічне функціонування СЕПП в нормальних, аварійних і післяаварійних режимах можливо тільки за умови широкої її автоматизації і телемеханізації.

Аналіз сучасних методів і засобів автоматизації СЕПП дозволяє виділити наступні системи: систему автоматичного керування нормальними режимами; систему протиаварійної автоматики; систему пристроїв телемеханіки.

Автоматика керування нормальними режимами забезпечує: автоматичну підтримку на заданому рівні напруги, частоти і реактивної потужності в системі; автоматичне регулювання коефіцієнта трансформації трансформаторів з пристроями регулювання під навантаженням; автоматичне регулювання реактивної потужності статичних конденсаторів; автоматичне регулювання збудження синхронних машин - синхронних компенсаторів і синхронних двигунів;

Протиаварійна автоматика має забезпечити стійкість функціонування системи електропостачання в аварійних і післяаварійних режимах. Перш за все вона повинна ліквідувати пошкодження.

Пристрої телемеханіки призначені для управління нормальними режимами системи електропостачання і вони є складовою частиною автоматизованих систем управління (АСУ).

Для функціонування АСУ необхідний безперервний потік інформації про режими виробничого процесу, особливо про значення напруги, струму, потужності, частоти і стан обладнання. До складу СЕПП входить велика кількість електротехнологічного обладнання. Тому необхідні автоматичні інформаційні пристрої, що забезпечують збір та

передачу інформації від контрольованих пунктів (підстанцій) на диспетчерський пункт, де знаходяться АСУ і диспетчерський персонал.

Загальний підхід до проблеми автоматизації систем електропостачання ПП, а також використання мікропроцесорної техніки дозволяють значно розширити функції і можливості розосереджених по системі електропостачання автоматичних пристроїв, які здійснюють контроль і управління системою як в нормальних, так і в аварійних і післяаварійних режимах.

## **ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

*Перхун О.Л.*

*Науковий керівник – Маляренко В.А., д-р техн. наук, професор*

Ретроспективний аналіз розвитку світової економіки показує зростаючу роль енергозберігаючих технологій у забезпеченні ефективності господарювання. Динамічні зрушення, які відбулися на світових ринках енергоносіїв за останні 20–30 років, показали, що енергетичні кризи можуть докорінно змінювати структуру народного господарства країн, їх роль і місце у світовому ринку. У зв'язку з цим економічна політика країн світу значною мірою формується залежно від наявних запасів енергоресурсів, їх можливостей задовольняти потреби народного господарства.

Україна належить до енергодефіцитних країн і задовольняє свої паливно-енергетичні потреби за рахунок власних ресурсів менш ніж на 50 %. Енергоємність валового внутрішнього продукту (ВВП) в Україні в 2 рази перевищує енергоємність ВВП розвинутих країн світу. Тому важливою стратегічною лінією державної політики розвитку економіки і соціальної сфери є енергозбереження, що реалізовується шляхом розробки нових енергозберігальних, маловідходних і безвідходних технологій; ефективних систем і засобів контролю за енерговикористанням і захистом довкілля від забруднення та впровадження інтегрованого енергетичного та економічного менеджменту.

Першим кроком в організації енергетичного менеджменту на підприємстві є енергоаудит. Енергетичний аудит – вид діяльності, спрямований на виявлення можливості зниження витрат за споживані суб'єктами господарської діяльності енергоресурси і розробку технічно й економічно обґрунтованих пропозицій, рекомендованих для впровадження з урахуванням їх пріоритетності. Енергетичний аудит є основною частиною програми енергетичного менеджменту будь-якої організації, що бажає контролювати свої витрати на енергію. Побудова повної і деталізованої програми енергетичного аудиту є складною,

трудомісткою, але необхідною процедурою для визначення основних видів виробничих процесів, що використовують енергію. Енергетичний аудит як самостійний напрямок у сфері підвищення ефективності має свою нормативно-правову базу, свої правила і методику проведення.

На тлі змін, що відбуваються у господарському механізмі енергетики, проблема зниження втрат електроенергії в електричних мережах не тільки не втратила своєї актуальності, а навпаки висунулася в одне із завдань забезпечення фінансової стабільності енергопостачальних організацій.

Втрати електроенергії в мережах (включаючи трансформатори) становлять у середньому 4–7 % від загального обсягу споживаної підприємством електроенергії і залежать від багатьох факторів, зокрема:

- рівня електричного навантаження підприємства;
- конфігурації та розмежування загальнозаводських і внутрішньо цехових мереж, їх перетину і довжини;
- режиму роботи трансформаторів;
- значення середньозваженого коефіцієнта потужності підприємства;
- місця встановлення компенсаційних пристроїв.

Втрати електроенергії в лінії електричної мережі складають значну частину сумарних втрат у всій системі електропостачання.

Для розв'язку проблем визначення втрат електроенергії в електричних мережах існують декілька варіантів рішення:

- Одним із заходів щодо зменшення втрат у лініях є включення в роботу всіх ліній: у схемі не повинно бути ліній тільки резервних.
- Втрати електроенергії в електричних мережах підприємств складаються із втрат електроенергії в цехових і загальнозаводських мережах, трансформаторних підстанцій.

Для визначення втрат, кВт·год, необхідно знати: максимальний струм навантаження, активний опір лінії або кабелю, час роботи лінії за рік.

– Один із можливих варіантів економії електроенергії – переведення мережі на більш високу напругу.

– При заміні проводів на проводи іншого перерізу, ми також можемо економити електроенергію.

– Включення під навантаження резервних ліній знижує втрати в два рази, коли параметри основної та резервної лінії однакові.

– трати електроенергії в мережах за рахунок низького коефіцієнта потужності від  $\cos \varphi_1$  до  $\cos \varphi_2$ .

Робота силових трансформаторів характеризується наявністю втрат, що збільшуються в періоди неробочого часу, в основному через зростання втрат холостого ходу (активні втрати потужності трансформатора в сталі, кВт) і зниження навантаження відносно номінального за рахунок збільшення споживання реактивної енергії (активні втрати в міді обмотки трансформатора).

Для розрахунку втрат електроенергії в трансформаторах необхідні такі вихідні дані:

- номінальна потужність трансформатора,  $S_n$ , кВт;
- втрати холостого ходу (хх) за номінальної напруги,  $\Delta P_{хх}$ , кВт;
- втрати короткого замикання (кз) із номінальним навантаженням  $\Delta P_{кз}$ , кВт;
- кількість електроенергії ( $E_a$ , кВт·год;  $E_p$ , кВар·год), обчисленої за розрахунковий період за лічильниками, які встановлюють на стороні високої напруги знижувального трансформатора;
- повна кількість годин роботи трансформатора  $\tau_n$ , що беруть за: квітень, червень, вересень, листопад – 720 годин на місяць; лютий – 672 години на місяць (696 годин у високосний рік), в інші місяці – 744 години на місяць;
- кількість годин роботи трансформатора на номінальному навантаженні  $\tau_{роб}$ , яке беруть: в однозмінному режимі роботи – 200 годин, у двозмінному – 450 годин, у тризмінному – 700 годин на місяць.

На підставі цих даних визначають середньозважений коефіцієнт потужності та  $\cos \varphi$  (зі співвідношення  $\operatorname{tg} \varphi = E_p/E_a$ ).

У тих випадках, коли відсутні лічильники реактивної енергії замість  $\cos \varphi$  беруть фактичний коефіцієнт ступеня компенсації реактивної потужності, який використовують для розрахунків за компенсацію реактивної потужності:  $\operatorname{tg} \varphi = Q_M/P_M$ , який переводиться у вираз  $\cos \varphi_n \approx \cos \varphi_{ср}$

Втрати електроенергії в електричних мережах стали одним з важливих показників економічності роботи енергопостачальних компаній, характерним показником технічного стану електромереж.

Обсяг втрат електроенергії в електричних мережах – найважливіший показник економічності їхньої роботи, наочний індикатор стану системи обліку електроенергії, ефективності енергозбутової діяльності енергопостачальних організацій. Цей індикатор чітко свідчить про проблеми, які вимагають невідкладних рішень у розвитку, реконструкції й технічному переозброєнні електричних мереж, удосконаленні методів і засобів їхньої експлуатації й керування, у підвищенні точності обліку електроенергії, ефективності збору коштів за



спожиту електроенергію тощо.. В умовах розвитку ринкових відносин в електроенергетичній галузі держава має проводити моніторинг технічного стану електричних мереж. Моніторинг повинен виступати не лише як система збору, зберігання та поширення звітної інформації, а і як одна з функцій управління, що забезпечує зворотний зв'язок для перевірки відповідності фактичних результатів. Тобто оцінювання технічного стану електричних мереж може виступати одним з критеріїв ефективності роботи.

Стає усе очевиднішим, що різке загострення проблеми зниження втрат електроенергії в електричних мережах потребує активного пошуку нових способів її вирішення, нових підходів до вибору відповідних заходів, а головне, до організації роботи зі зниження втрат.

Список джерел :

1. Маляренко В. А. Енергозбереження та енергетичний аудит : навч. посібник/ В. А. Маляренко, І. А. Неміровський. – Харків : НТУ «ХП», 2010. – 341 с.

Маляренко В. А. Конспект лекцій « Енергоменеджмент і енергетичний аудит систем електропостачання»: для студентів 5 та 6 курсу денної форми навчання освітнього рівня « магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, за освітньою програмою «Електротехніка та електротехнології» / В. А. Маляренко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018.– 149 с.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ КОМПЕНСУЮЧИХ БАТАРЕЙ В ЗАМКНЕНІЙ ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ**

***Бузький М.Р.***

*Науковий керівник – Ягуп В.Г., д-р техн. наук, професор*

При оптимізації режимів електричних мереж важливою задачею є розміщення батарей конденсаторів, що компенсують реактивну потужність в системі електропостачання. Результатом розв'язання такого завдання є міста розміщення батарей та величини їх ємностей. Досягнення оптимального варіанту дозволяє значно покращити умови електропередачі і суттєво знизити втрати енергії, що розвантажує електричну мережі. Поставлене завдання вирішується в системі електроенергетичних моделей SimPoerSistem.

Модель системи складається з типових елементів. Батареї конденсаторів розміщуються у заданих вузлах мережі. При необхідності точки вмикання батарей можна змінювати. Прогон поділу системи протягом періода дозволяє визначити всі необхідні струми і напруги за допомогою віртуальних вимірювачів. Користуючись цими показниками, можна скласти обчислення цільової функції в залежності від конкретних вимог, що вони обираються за вимогами оптимізації. Величина

цільової функції використовується далі в робочому просторі вбудованою функцією оптимізації. По завершенню процесу оптимізації можна перевірити, наскільки знайдений режим відрізняється за показниками завдяти вмиканню батарей конденсаторів з знайденими ємностями. Програма успішно справляється з випадками завдання навантажень як комплексними провідностями, так і заданими потужностями.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ УЗАГАЛЬНЕНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ**

*Гапонов Д.С., Сантуженко В.В*

*Науковий керівник – Ягуп В.Г., д-р техн. наук, професор*

Узагальнена система електропостачання складається з синхронного генератора, лінії електропостачання та навантаження. Останнє в більшості випадків має індуктивний характер і споживає реактивну потужність. Реактивна потужність також споживається лінією електропередачі і внутрішнім опором генератора. Поставлено завдання розрахувати параметри поперечного компенсувального пристрою ємнісного характеру, який забезпечує повну компенсацію реактивної потужності в системі електропостачання. Цей режим і являється оптимальним, що забезпечує найкращі енергетичні показники системи. При розв'язанні завдання виходимо з того, що струм генератора повинен співпадати з фазою напруги генератора. Амплітуда цього струму є першою невідомою змінною. Далі будуємо векторну діаграму таким чином, щоб вектор струму конденсатора був перпендикулярним до вектора напруги конденсатора. Ємність конденсатора є другою змінною оптимізації. Критерієм оптимізації є виконання умов закону Кірхгофа для струмів в системі. Задля знаходження оптимального рішення використана надбудова «Пошук рішення» електронних таблиць MS Excel. Програма відрізняється наочністю, високою точністю і простою реалізації.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ЗА ДОПОМОГОЮ КРУГОВИХ ДІАГРАМ**

*Баранов Д.С., Кривцов В.Є.*

*Науковий керівник – Калюжний Д.М., канд. техн. наук, доцент*

Кругові діаграми потужності ліній електропередачі (ЛЕП) є одним з інструментів аналізу режимних властивостей системотворчих мереж. Їх зручно використовувати, коли необхідно одержати представлення про зміну модулів і аргументів комплексів повних потужностей на початку  $\underline{S}_1$  й наприкінці  $\underline{S}_2$  лінії зв'язку при зміні лише кута здвигу векторів напруг  $\delta$  по її кінцях.

У якості розрахункової моделі ЛЕП для побудови кругових діаграм вибирають чотириполосник (рис. 1) або його еквівалент у вигляді П-образної схеми заміщення, яка зображена на рис. 2.

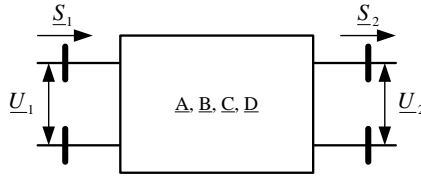


Рисунок 1 - Схема заміщення ЛЕП у вигляді чотириполосника

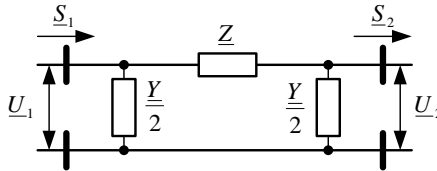


Рисунок 2 - П-образна схема заміщення ЛЕП

Потужності на початку й наприкінці лінії описуються наступними рівняннями:

$$\underline{S}_1 = \underline{\gamma}_1 - \rho \cdot e^{j(\delta + \psi_B)}; \quad (1)$$

$$\underline{S}_2 = -\underline{\gamma}_2 + \rho \cdot e^{j(-\delta + \psi_B)}, \quad (2)$$

де  $\underline{\gamma}_1$ ,  $\underline{\gamma}_2$ ,  $\rho$  та  $\psi_B$  - складові, що залежать винятково від параметрів схеми заміщення ЛЕП і модулів напруг  $\underline{U}_1$  та  $\underline{U}_2$  по її кінцях.

При незмінних модулях напруг  $\underline{U}_1$  і  $\underline{U}_2$  у вираженнях (1) і (2) перемінною величиною є тільки параметр  $\delta$ . Виходячи із цього, при зміні кута  $\delta$  кінці векторів  $\underline{S}_1$  і  $\underline{S}_2$  ковзають по дугах відповідних

окружностей (рис. 3), що дозволяє для кожного кута  $\delta$  визначити потужності  $\underline{S}_1$  й  $\underline{S}_2$ , а також складові цих потужностей  $P_1, P_2$  і  $Q_1, Q_2$ .

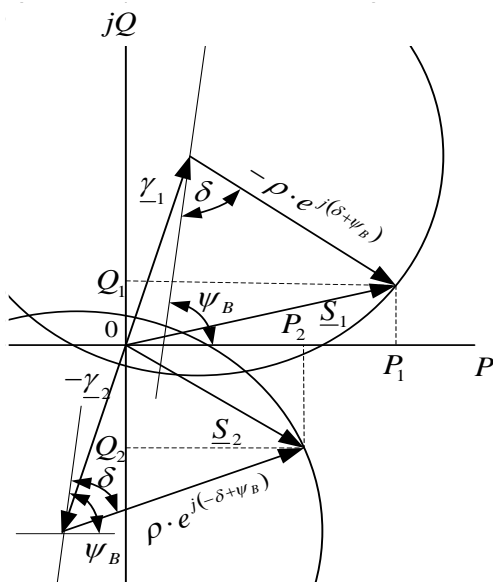


Рисунок 3 – Кругові діаграми потужності

На практиці, для аналізу режимних параметрів ЛЕП за звичай задається не кут  $\delta$ , а деяка з активних потужностей  $P_1$  ( $P_2$ ), що відповідає завданню диспетчерських графіків перетікань активної потужності відповідно до умови її балансу у зв'язаних електропередачою системах. За значенням потужності  $P_1$  ( $P_2$ ) визначається кут  $\delta$  між векторами напруг  $\underline{U}_1$  і  $\underline{U}_2$  й інші параметри режиму системотворчої передачі:  $P_2(P_1), Q_1, Q_2, \underline{S}_1, \underline{S}_2, \Delta \underline{S}_1, \Delta \underline{S}_2$ .

## КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

*Сливник О.О.*

*Науковий керівник – Охріменко В.М., канд. техн. наук, доцент*

Серед електроспоживачів промислових підприємств (ПП) значну долю складає обладнання з низьким значенням коефіцієнта активної потужності ( $\cos\varphi$ ). Негативними наслідками такого стану є: збільшення плати за електроенергію; додаткові втрати в провідниках і зменшення пропускної здатності мереж; завищення потужності трансформаторів і перетину кабелів, відхилення напруги мережі від номіналу; зниження якості електроенергії.

Метою роботи є аналіз сучасного стану завдання компенсації реактивної потужності в системах електропостачання ПП.

Виконаний огляд методів і засобів компенсації реактивної потужності дає підставу зробити висновок, що одним з простих і дешевих способів усунення недоліків є компенсація реактивної потужності шляхом підключення конденсаторів в різних точках розподільних мереж ПП. Найбільш ефективними пристроями компенсації є автоматичні пристрої компенсації реактивної потужності (АПКРП), які дозволяють автоматично максимально зрівнювати споживану і вироблювану реактивну потужність в системі.

Сучасні АПКРП розробляється як розподілена інформаційно-управляюча система, розрахована на тривале функціонування. Вони призначені для автоматичного регулювання та оптимізації електротехнічних параметрів системи енергопостачання ПП та управління спеціалізованим електротехнічним устаткуванням, що входить до складу АПКРП. Застосування АПКРП на ПП дозволяє:

- знизити навантаження силових ланцюгів електропостачання шляхом компенсації реактивної складової струму навантаження;
- забезпечити нормовані значення коефіцієнта потужності ПП на введеннях головної підстанції шляхом регулювання величини компенсаційної реактивної потужності в залежності від зміни графіка навантаження;
- оптимізувати розрахунки за спожиту електроенергію;
- підвищити надійність роботи електротехнічного устаткування, збільшити термін його служби;
- забезпечити ефективну автоматичну компенсацію реактивної потужності в нормальних, перехідних і передаварійних режимах роботи;
- підтримувати на заданому рівні показники якості електричної енергії в системі електропостачання ПП;
- своєчасно подавати оперативному персоналу достатню та достовірну інформацію про стан і режими роботи системи енергопостачання ПП;

- забезпечити персонал ретроспективною інформацією в повному обсязі для аналізу, оптимізації та планування роботи устаткування та проведення ремонтно-профілактичних робіт.

## **АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ**

***Боровіков Д.А.***

*Науковий керівник – Перепечений В.О., канд. техн. наук, доцент*

У міських умовах найпоширеніший спосіб передачі електроенергії здійснюється за допомогою кабельних ліній (КЛ). Кабельні лінії не вимагають створення й обслуговування опор, які займають багато місця на вулицях і дорогах. Проте, за станом кабельних ліній, а також з'єднуючих їх муфт необхідно стежити, тому як при виникненні аварійної ситуації на КЛ споживач залишиться без електроенергії. При виникненні струму КЗ необхідно знайти місце витоку й усунути його. Це є не зовсім простим завданням, тому що кабелі можуть прокладати на відстані багатьох кілометрів під землею, у колекторах, тунелях, каналах.

Гарантійний строк ізоляції визначається з урахуванням передбачуваного впливу режимних факторів. Це характеризується складними проблемами й може бути вирішено тільки за рахунок визначення причин їхнього виникнення шляхом вивчення законів пошкоджуваності й старіння електричної ізоляції при роботі з урахуванням багатофакторних впливів. До найбільш вивчених факторів можна включити вплив теплових і електричних полів. Незважаючи на великий обсяг робіт, виконаний у даній області, потрібно враховувати оцінку впливу й інших факторів, з якими зіштовхуються при експлуатації, хоча вони можуть мати незначний вплив на процес старіння ізоляції. Питанням, що стосуються прийнятих конструктивних і експлуатаційних рішень, помилок персоналу, електродинамічним впливам, із впливом магнітної складової електромагнітного поля кабелю на формування часткових розрядів, пробою ізоляції й впливам корозії, приділено мало уваги. Ці фактори, діючи разом з електричними й тепловими полями, можуть поряд з режимом роботи приводити до прискорення старіння ізоляції. Проблеми з оцінкою кожного з факторів несуть у собі складний, комбінований характер з безліччю конкуруючих процесів.

Збільшення терміну служби й надійності ізоляції КЛ буде можливо, якщо розробити ряд заходів щодо впровадження пристроїв по діагностиці силових кабельних ліній з оптимізацією конструктивних і експлуатаційних рішень. Необхідно врахувати той факт, що існуючі на даний момент методи діагностики силових кабельних ліній 110/6(10)

кВ не можуть забезпечити умов для повної селективності й протипожежної безпеки ізоляції кабелів без заміни основних кабелів. Це приводить до посилення впливу на ізоляцію режимних факторів при короткому замиканні (КЗ), особливо факторів, які пов'язані з магнітним полем кабелю. У той же час, на даний момент не досить інформації про наукові й експериментальні дані про поведінку кабелів при КЗ. Посилаючись на правила устаткування електроустановок, заплановані випробування КЛ підвищеною напругою, що шестикратно перевищує номінальне, також сприяють більше ранній відмові ізоляції. Відповідно до нормативної документацією до кабелів і кабельної арматури установлюються вимоги по електричній і пожежній безпеці.

Діагностика ймовірності старіння кабельних ліній 6(10) кВ на основі статистичних даних і прогнозування небезпечних зон для людини, з розвитком безпечних технологій проведення відбудовних робіт і методів монтажу КЛ поліпшать умови безпеки для їхньої роботи. Таким чином, дослідження шляхів подальшого підвищення експлуатаційної надійності й безпеки КЛ 6(10) кВ як основної ланки міської мережі в сполученні зі статистичними даними, ґрунту, погодних умов і електромагнітних параметрів, людського фактору й пристроїв РЗА є важливою науково-технічною проблемою.

Під час експлуатації впливає ціла група факторів, які впливають на ізоляцію: кліматична, електрична, теплова, механічні, вібрація, корозія. Коли ці фактори діють у комплексі, то відбувається процес старіння ізоляції, з нагромадженням необоротних змін, погіршення діелектричних і експлуатаційних властивостей кабелю, і саме вони визначають вимоги до стандартів ТС.

У роботах з фізики діелектриків говориться про те, що пробій ізоляції (у цьому випадку ізоляція КЛ) може бути викликаний безліччю факторів і сукупністю фізичних процесів: електричних, теплових, механічних, електрохімічних й тощо.

Відповідно до умов роботи КЛ у міських електромережах процес старіння ізоляції буде визначатися як режимними факторами, так і проектними рішеннями. Нагромадження негативних змін в ізоляції відбувається як у робочих, так і більш інтенсивно в аварійних режимах роботи (режим КЗ). Для підвищення надійності й безпеки кабельної продукції, необхідна розробка систем моніторингу для виявлення слабких ланок у комплексі КЛ із рішенням зворотного завдання для оцінки результативності прийнятих проектних, експлуатаційних і режимних факторів на стан ізоляції мереж 6(10) кВ.

## **ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ НОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРОВОДІВ**

*Левандовський Б.С.*

*Науковий керівник – Перепечений В.О., канд. техн. наук, доцент*

Підвищення пропускної здатності повітряних ліній обумовлено швидким ростом споживання електроенергії у всіх країнах світу. Ростає число мегаполісів, що вимагає забезпечення глибокого вводу потужності в центри міст і великих промислових підприємств. Занадто дорого стає земля під смуги відчуження ПЛ, підвищуються вимоги до економічності й екології, зниженню строків будівництва ПЛ, безпеці й захисту від електромагнітних полів і перешкод від них, що вимагає нових підходів до спорудження повітряних каналів передачі електроенергії. Застосування нових технологій в електроенергетиці й електротехнічній промисловості дозволяє вирішити ці завдання.

Важливим завданням при будівництві повітряних ліній електропередачі є зниження витрат при передачі електроенергії. Цього можна досягти застосуванням нових марок проводів, сучасних типів ізоляторів, спорудженням компактних ПЛ, контролем температури й натягу проводів, будівництвом повітряних ліній електропередавання постійного струму.

Для підвищення техніко-економічних показників ЛЕП необхідно їхній розвиток у наступних напрямках:

- будівництво компактних ПЛ із застосуванням нових конструкцій опор, що дозволяють підвищити пропускну здатність ЛЕП;
- підвищення навантажувальної здатності й зниження прогину проводів ПЛ;
- підвищення номінальної напруги ПЛ;
- підвищення навантаження ПЛ із врахуванням метеоумов;
- заміна традиційних марок проводів на проводи з поліпшеними експлуатаційними характеристиками (термостійкі проводи, проводи зі зменшеним прогином);
- безперервний контроль пропускної здатності ПЛ.

Створення нових технологій і інноваційних рішень в області проводів для ЛЕП спрямовано на реалізацію наступних насущних завдань:

- збільшення кількості переданої електроенергії за рахунок використання існуючих високовольтних ліній;
- зменшення стріли прогину й збільшення відстані між опорами при будівництві нових ліній електропередачі;



- обмеження зледеніння ЛЕП у районах з високою вологістю й різкими перепадами температур;
- підвищення стійкості проводів до впливу більших механічних навантажень;
- забезпечення більше високого рівня надійності передачі електричної енергії при мінімізації загальних капіталовкладень у будівництво й реконструкцію ліній.

Для рішення цих завдань інноваційні види проводів можна класифікувати по 3 групам (рис. 1).

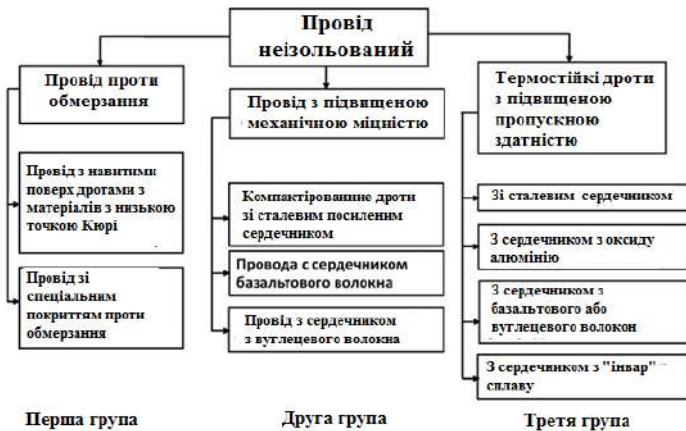


Рисунок 1 – Види неізолюваних проводів

У цей час спостерігається різке збільшення споживання електричної енергії як у промислової, так і в соціальній сферах. Це жадає від передавальних і розподільних електромережних компаній вести пошук нових рішень при реконструкції й будівництві ліній електропередавання.

## ВПЛИВ ЗНОСУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ НА НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

*Віщотенко А.О.*

*Науковий керівник – Перепечений В.О., канд. техн. наук, доцент*

В даний час в енергетичній системі в експлуатації знаходиться велика кількість зношеного обладнання, тобто обладнання, термін служби якого перевищує в 1,5-2 рази нормативний термін служби. В тому числі, частка силових трансформаторів, термін служби яких перевищує 25 років, становить 40% від загального числа експлуатованих силових трансформаторів. Під зношеним електроустаткуванням слід вважати те, що знаходиться в робочому стані, але за деякими параметрами близькі до максимальних значень згідно нормативно-технічної та конструкторської документації або рівню науково-технічного розвитку, при цьому, в разі вироблення тимчасового ресурсу амортизаційні відрахування на реновацію вже не нараховуються.

Вирішення питань реновації зношеного енергообладнання здійснюється на рівні акціонерних товариств, у яких, як правило, немає єдиної технічної і економічної політики, немає узгодженої системи управління фінансовими потоками, неможлива консолідація амортизаційних відрахувань на найважливіших об'єктах, що вимагають переозброєння. Індекс виробництва продукції по промисловості і сільськогосподарського виробництва різко знизився, тому відсутні достатні кошти для придбання нового енергообладнання.

Протягом останніх трьох десятиріч відбулося масштабне старіння основних фондів електричних мереж через недостатні обсяги інвестицій в мережеве будівництво, модернізацію та технічне переозброєння електричних станцій і підстанцій. Збільшується кількість пошкоджень силових трансформаторів напругою 35-110 кВ, 10/0,4 кВ. Більше 50% відмов викликані старінням і зволоженням ізоляції, ушкодженнями комплектуючих вузлів.

Розглядаючи сільськогосподарську галузь в контексті системи енергопостачання можна виділити наступні характерні особливості: розредоточеність районних підстанцій на великій площі, що ускладнює їх обслуговування, велика протяжність ліній електропередачі 10 кВ і 0,4 кВ і малий перетин провідників, недостатність інвестицій в реновацію енергопостачальної системи галузі, часті відключення, великий відсоток обладнання підстанцій, в тому числі трансформаторів, що працюють за амортизаційним терміном (в роботі знаходиться більше 90% трансформаторів з терміном експлуатації 25 років і більше). Очевидно, що існуючий стан створює тенденцію до виникнення явних і прихованих відмов обладнання в системі енергопостачання сільськогосподарських споживачів. Аварійні осередки виникають в першу чергу через тривале напрацювання і значний фізичний знос обладнання електричних мереж, в тому числі з-за експлуатації великої

кількості силових трансформаторів і вимикачів з фізично зношеними уведеннями.

Причинами пошкоджень силових трансформаторів, пристроїв регулювання напруги і вводів є дефекти конструкцій, виготовлення, монтажу і ремонту, недотримання правил і норм експлуатації, а також перевантаження і короткі замикання.

Понад 95% пристроїв релейного захисту та автоматики мереж складають застарілі електромеханічні пристрої, а понад 40% цих пристроїв експлуатується понад 25 років. Експлуатується велика кількість пристроїв протиаварійної автоматики, виконаних на базі релейної апаратури і виконавчих механічних систем морально і фізично застарілих. Вкрай незначна кількість підстанцій оснащено автоматизованими системами управління з неповним обсягом функцій контролю і управління, що мають локальний характер.

Одним з істотних факторів, що негативно впливає на функціонування обладнання трансформаторних підстанцій, є перегрів, який може бути викликаний як підвищеним навантаженням, неполадками в системі охолодження трансформатора, так і умовами навколишнього середовища. Підвищене нагрівання електроустаткування в більшості випадків набагато небезпечніше перегріву контактних з'єднань в наслідок того, що подальший розвиток дефекту електрообладнання (на відміну від дефектів контактних з'єднань) практично не піддається прогнозуванню, і неприйняття своєчасних заходів призведе до пошкодження обладнання та подальшого розвитку технологічного порушення. Дія перегріву, відповідно, посилюється фактом використання зношеного обладнання, схильного до виникнення прихованих відмов.

При експлуатації зношеного електрообладнання потрібно врахування великої кількості нових взаємопов'язаних показників, виявлення більш глибоких системних зв'язків режимів підсистем електроенергетичного комплексу та виробничого технологічного процесу.

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІДПОВІДАЛЬНИХ СПОЖИВАЧІВ ПРИ ВИБОРІ ПОТУЖНОСТІ І РЕАЛІЗАЦІЇ ВІДКЛЮЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ПО КОМАНДІ АЧР**

*Руденко Б.А.*

*Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент Перепечений В.О.*

Метою створення і розвитку всіх об'єднаних енергосистем полягає в забезпеченні надійного і економічного електропостачання споживачів. При цьому забезпечується максимально можлива реалізація переваг паралельної роботи об'єднаних енергосистем. Паралельна робота локальних енергорайонів в складі ОЕС сприяє суттєвому збільшенню числа вузлів і районів, які отримують потужність по зв'язках з іншими енергосистемами, проте все це не дозволяє виключити ймовірність локальних дефіцитів потужності.

У всіх електроенергетичних системах для підтримки номінального значення частоти за допомогою автоматичних засобів регулювання безперервно підтримується баланс активної потужності. Однак при аварійних відключеннях можуть виникати загальносистемні або місцеві, локальні дефіцитні енергорайони. Для запобігання неприпустимих знижень частоти повсюдно використовується автоматика обмеження зниження частоти (АОЗЧ), що складається зі спеціальної автоматики обмеження навантаження (САОН) і автоматичного частотно розвантаження (АЧР).

У теперішній час пристрої АЧР реалізують свої протиаварійні функції в мережі 10 кВ, а при необхідності і на більш високих рівнях напруги. При цьому забезпечується обмеження відхилень частоти в допустимих межах і збереження в роботі джерел генерації в енергосистемі. В результаті відключення частини навантаження в мережах 10 кВ не вдається зберегти на відключених фідерах хоча б невелику частину більш пріоритетної групи навантажень на напругу 0,4 кВ по соціально-економічним показникам і рівнями відповідальності і тим самим виключити деяку частину з найвищим збитком.

При розподілі окремих електроприймачів по чергах АЧР-1 і АЧР-2 враховується ступінь їх відповідальності, і відключення відбувається за категоріями, спочатку відключаються споживачі III-ї, потім- II-ї категорії надійності. Для забезпечення необхідного сумарного обсягу до АЧР допустимо підключати і приймачі I-ї категорії. Також з урахуванням характеру зниження частоти застосовується автоматика додаткового автоматичного розвантаження (ДАР) в обсягах і уставках за часом і частотою.

Згідно ПУЕ та діючої нормативно-технічної документації, особливо група електроприймачів виділяється з першої категорії по безпребійності живлення і вони не підключаються до системи АЧР. До неї відносяться деякі електроприймачі на промислових підприємствах і в містах. Зокрема, в містах до таких споживачам відносяться державні установи особливої відповідальності, вузли зв'язку, радіо і телецентри

державного призначення, операційні та реанімаційні відділення лікарень, а також деякі промислові підприємства тощо.

Відомо, що зниження частоти навіть поза межами запуску черг пристроїв АЧР приносить великої шкоди в залежності від глибини зниження частоти і її тривалості. З одного боку, завдяки прояву регулюючого ефекту потужність навантаження знижується, допомагаючи збалансувати споживану потужність з потужністю, що генерується. Однак чим більше глибина зниження частоти і її тривалість, тим більше величина економічного збитку споживачів. З іншого боку, при зниженні частоти нижче 46 Гц знижується продуктивність власних потреб теплових станцій, що додатково викликає дефіцит потужності в системі і загрожує лавиною частоти з повним погашенням споживачів.

Розвиток ринку електроенергії вже сьогодні і особливо в перспективі вимагає детального врахування енергозалежності сучасної інфраструктури побуту, корпоративних інформаційних систем безпеки і соціально значущих об'єктів при реалізації протиаварійних балансових відключень, здійснюваних пристроями спеціальною автоматикою обмеження навантаження (САОН), автоматичного частотного розвантаження (АЧР) і командами диспетчерів.

З метою підвищення надійності електропостачання споживачів і забезпечення зниження шкоди від перерви живлення допускається установка АЧР безпосередньо у споживачів. При цьому витрати на установку додаткової апаратури виправдовуються значним зниженням збитків від перерви електропостачання споживачів при роботі пристроїв АЧР.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ В МЕРЕЖУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МІСТ**

*Філімонов П.С.*

*Науковий керівник – Коробка В.О., ст. викладач*

Актуальність проблеми. Сучасна мережа електропостачання міст – це складний комплекс електротехнічного обладнання, розміщеного на значній території та об'єднаного єдиним режимом генерування, транспортування та споживання електроенергії. В цій мережі відбуваються постійні збурення, а також можуть виникати пошкодження та небезпечні режими, які мають істотний вплив на обладнання та роботу мережі взагалі. Одним з найнебезпечніших пошкоджень, які мають місце тут, є короткі замикання (КЗ), що можуть привести до руйнування пошкодженого елемента струмами КЗ, або дугою, яка може виникати в місці пошкодження. Отже, після виникнення КЗ необхідно якомо-

га швидше від'єднати пошкоджений елемент від джерел живлення. Цю актуальну задачу має виконувати релейний захист (РЗ).

Останніми роками в енергосистемі України широко впроваджуються пристрої релейного захисту, виконані на цифрових принципах.

Мета досліджень. Метою роботи є впровадження цифрових пристроїв релейного захисту в мережу електропостачання міст.

Основні матеріали досліджень. В літературі досить часто цифрові пристрої ще називають мікропроцесорними. На наш погляд це не зовсім вірно. Мікропроцесор – це є один з основних елементів багатьох пристроїв релейного захисту та автоматики. Але є пристрої, які виконані на основі мікроконтролерів. Є більш складні пристрої релейного захисту, автоматики, об'єднані в спільну інформаційну мережу, для організації якої використовують комп'ютери з потужними процесорами. Спільним для всіх цих технічних елементів є використання цифрових принципів їхнього функціонування. Тому доцільно всі ці пристрої називати цифровими пристроями релейного захисту (ЦПРЗ).

У порівнянні з традиційними електромеханічними та напівпровідниковими пристроями релейного захисту ЦПРЗ мають ряд суттєвих переваг, що робить їх застосування в енергосистемах на даний час практично безальтернативним. Основними з них є:

1. Більш висока точність відтворення заданих характеристик функціонування пристрою. В цілому, апаратна похибка цифрових захистів може досягати до 2%. Так, один з основних параметрів вимірювальних органів захисту – коефіцієнт повернення – може мати значення 0,99. Досягнення такого значення коефіцієнта на напівпровідникових та електромеханічних реле потребує складних технічних рішень.

2. Отримання характеристик будь-якої складності. Це особливо є актуальним для дистанційних захистів, вимірні органи яких можуть мати які завгодно характеристики і враховувати будь-які особливості режимів, що можуть виникати в енергосистемі. При цьому зміна форми характеристик не потребує ніяких додаткових технічних переробок – вона змінюється на алгоритмічному рівні.

3. Запам'ятовування координат режиму під час спрацювання цифрового пристрою. Практично всі цифрові захисти запам'ятовують координати режиму аварійного та доаварійного режиму, що дає змогу експлуатаційному персоналу здійснювати глибокий аналіз аварійних ситуацій, визначати причини аварії і на основі цього при необхідності уточнювати та змінювати характеристики захистів та автоматики.

4. Можливість змінювати конфігурацію пристрою. В процесі розвитку мережі може виникнути необхідність в зміні характеристик пристроїв захисту – змінити уставки, ввести або вивести з роботи деякі

функції тощо. Такі зміни не потребують ніяких технічних витрат, тому що вони здійснюються на програмному рівні.

5. Універсальність. Ця особливість цифрових пристроїв в більшій мірі стосується розробників, а не експлуатацію. Використовуючи універсальний процесорний модуль, відкоригувавши вхідні та вихідні кола, змінюючи алгоритм функціонування, можна створювати різні типи захистів та автоматики.

6. Значно менші габарити та менші затрати електротехнічних матеріалів. Один невеликий за розміром цифровий пристрій може замінити цілу групу складних реле, виконаних на напівпровідниках або електромеханічних елементах.

7. Можливість самодіагностики. Алгоритми функціонування сучасних цифрових пристроїв захисту, особливо складних, обов'язково включають функцію самодіагностики, яка періодично здійснює контроль справності всіх складових пристрою.

8. Простота експлуатації. Під час проведення планових профілактичних робіт перевіряються загальні характеристики функціонування.

Висновки. На основі виконаних досліджень пропонуємо ширше впроваджувати ЦПРЗ у тому числі і вітчизняних виробників таких як Київприлад (ЦПРЗ серії МРЗС), Релсіс (ЦПРЗ серії РЗЛ), Хартонінкор (ЦПРЗ серії Діамант) у мережу електропостачання міст. Це сприятиме сталому розвитку міст.

## **МОДЕЛЮВАННЯ УСТАЛЕНИХ РЕЖИМІВ В ТРЬОХ ФАЗАХ НА ОСНОВІ ОДНОЛІНІЙНОЇ ПОТОКОВОЇ МОДЕЛІ СТАЛОГО РЕЖИМУ**

*Чердиченко І.Д.*

*Науковий керівник – Дьяков Є.Д., канд. техн. наук, доцент*

Відмінною особливістю потокової моделі є те, що розрахунковий вектор, який визначається на кожній ітерації при вирішенні нелінійної системи рівнянь усталених режимів, включає потоки активної і реактивної потужності в умовних початкових гілках і модулях вузлових напруг. Принципова відмінність потокової моделі сталого режиму від моделі на основі рівнянь вузлових напруг - виключення з вектора шуканих змінних кутів напруги відносно базисного вузла. Розмірність розв'язуваної системи рівнянь більше, але її обумовленість і збіжність у порівнянні з методами на основі рівнянь вузлових напруг краще.

Другий закон Кірхгофа принципово дозволяє записати два контурних рівняння, якщо рівняння використовує тільки кути напруг. По аналогії може бути записано і рівняння для модулів напруги. Фактично

роль другого контурного рівняння виконує одне з рівнянь падіння напруги для ліній. Якщо всі гілки умовно розділити на пов'язані з деревом графа і на гілки, які утворюють замкнуті контури в графі електричної мережі, то рівняння падіння напруги для гілок, що утворюють замкнуті контури, і контурні рівняння для модулів напруги будуть лінійно залежні. Очевидно, що рівняння падіння напруги для лінії будуть простіше, ніж контурні рівняння, їх запис і використання простіше алгоритмизувати. З цієї причини використовуються тільки контурні рівняння для кутів напруг.

По суті запропонована модель сталого режиму висловлює перший і другий закон Кірхгофа через розрахунковий вектор невідомих  $X = \{P_n, Q_n, V\}$ . При цьому зберігається поділ на вузли навантаження, вузли генерації і балансуєчі вузли. Вихідними даними описаної задачі є активна і реактивна потужності для PQ вузлів або активна потужність і напруга для PV вузлів. Ці дані збігаються з даними для розрахунку встановлених режимів із застосуванням рівнянь вузлових напруг.

У якості початкових наближень активна і реактивна потужності початку гілок приймаються рівними нулю. Модулі напруг приймаються рівними номінальному значенню.

При таких початкових умовах ітераційна процедура має цікаву особливість. Результатом першої ітерації є розрахунок поточкорозподілу при номінальних напругах у відсутності втрат. Кожна наступна ітерація починає уточнювати значення напруг і потоки потужностей з урахуванням втрат. Цим пояснюється висока збіжність методу. Оскільки втрати як правило багато менше в порівнянні з потоками потужності по лініях, то результат першої ітерації близький до точки вирішення.

У якості режимної моделі потокова модель має низку переваг. Передача потоковою моделюванням не чутлива до неоднорідності параметрів схеми заміщення мережі, її система рівнянь істотно краще обумовлена. Це дозволяє враховувати зв'язок з нульовими опорами, без фіктивних топологічних змін схеми.

У запропонованій потокової моделі є і ряд недоліків.

По-перше, розмірність завдання розрахунку усталеного режиму на основі потокової моделі буде перевищувати розмірність завдання на основі рівнянь вузлових напруг.

По-друге, потрібно шукати замкнуті контури в графі мережі, що вносить додаткову складність в алгоритм складання рівнянь і уповільнює розрахунок. Однак на сьогоднішній день існують готові алгоритми пошуку замкнутих контурів в графі, у них є програмні реалізації,



тому пошук замкнених контурів не вносить складнощі в програмну реалізацію розрахунку встановлених режимів.

Пошук контурів в графі безумовно створює додаткове обчислювальне навантаження і буде сповільнювати розрахунок. При сучасному рівні розвитку обчислювальної техніки розглядати швидкість розрахунку одного режиму недоцільно, оскільки один режим електричної мережі вважається не більше декількох секунд.

## **ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА МІСЬКОМУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТІ**

*Сухін В.Е.*

*Науковий керівник – Карюк А.О., ст. викладач*

В даний час для живлення допоміжних ланцюгів рухомого складу міського електротранспорту використовуються лужні акумуляторні батареї (АБ) з номінальною напругою 24 В. Для постійної підзарядки АБ і живлення допоміжного електрообладнання використовуються машинні або статичні перетворювачі, потужність яких знаходиться в межах 2 - 3 кВт. Причому перетворювачі підключені до контактної мережі на протязі всього періоду роботи рухомого складу. При цьому витрата електроенергії на допоміжні потреби може становити до 10% від загальної витрати електрорухомим складом [1-2].

Необхідно відзначити, що постійний заряд АБ при постійній напрузі живлення не є оптимальним і може сприяти зниженню експлуатаційної надійності батареї. Існують і більш оптимальні способи заряду АБ, але через складність конструктивного виконання на рухомому складі вони не знайшли свого застосування [3].

При використанні імпульсних конденсаторів надвисокої енергоємності з'явилася можливість вдосконалення системи електроживлення допоміжного електроустаткування.

Імпульсні конденсатори надвисокої енергоємності (ІКЕ) з енергетичними і габаритними показниками займають проміжне положення між двома традиційними накопичувачами електричної енергії: електrolітичними конденсаторами великої місткості і хімічними джерелами струму (акумуляторними елементами і батареями). Ці конденсатори мають електричну ємність в межах від одиниць до сотень фарад, яка перевищує ємність відомих конденсаторів в сотні разів і більше.

Накопичена в ІКЕ енергія:

$$W = C U^2/2,$$

де  $C$  - ємність ІКЕ;  $U$  - напруга заряду ІКЕ.

Ця енергія вимірюється десятками і навіть сотнями кілоджоулів.

Накопичення енергії в традиційних конденсаторах здійснюється електричним полем в обсязі діелектрика, розташованого між різноманітними зарядженими обкладками. Існують також конденсатори, в яких роль діелектрика грає поверхневий контакт матеріалів з різними електрофізичними властивостями (тип і значення провідності, енергія виходу електрона), який може бути різних типів: метал-напівпровідник, метал – сильно легований напівпровідник, метал - скомпенсований напівпровідник.

В основі роботи ІКЕ лежить робота поверхневого контакту типу метал - інертний електроліт. Як інертний електроліт використовується молекулярна рідина, яка являє собою лужної або кислотний водний розчин. Можуть бути використані також неводні електроліти. Ці електроліти використовуються в парі з пористими металами, які володіють досить високою електронною провідністю. До них відносяться дисперсний вуглець, нікель Ренея, чернь платини, активовані високопористі вугілля. Найменший розмір пір металевого електрода обмежений значенням  $(5-10) \cdot 10^{-8}$  см і визначається молекулярними процесами роботи і товщиною подвійного електричного шару.

Температурний діапазон існування молекулярних рідин від мінус 100 до плюс 150 ° С. Струми витоку, обумовлені фоновими окислювально-відновними процесами, складають приблизно  $10^{-7}$  А/Ф, що дозволяє ІКЕ зберігати енергію протягом  $10^5 - 10^6$  с. Максимальна теоретична питома енергія елемента ІКЕ без урахування обсягу конструкції може досягати значень 50 Дж/см<sup>3</sup>.

Конденсатори високої енергоємності випускаються фірмами Matsushita Ind.S.Co, Nippon El.Co (Японія). Розробки подібних конденсаторів ведуться фірмами США.

Розглянуті ІКЕ отримали порівняно широке поширення в різних галузях промисловості, транспорту і сільського господарства.. Послідовне і паралельне з'єднання модульних ІКЕ дає можливість істотно розширити діапазон електричних характеристик; ІКЕ витримують струми розряду аж до струмів короткого замикання, не вимагають обслуговування в процесі експлуатації, розрахунковий термін служби їх становить 15-25 років, а конструкція не містить токсичних, горючих або вибухонебезпечних матеріалів. Внутрішній опір ІКЕ лежить в межах від одиниць до декількох десятків міліом [4].

У поєднанні з первинним джерелом живлення ІКЕ можуть використовуватися в буферних і накопичувальних системах для виконання таких основних завдань: електроживлення потужних імпульсних споживачів; поповнення енергії при заряді від первинного джерела в пау-

зах між імпульсами споживання енергії; стабілізація напруги живлення при коротких перервах і "провалах" напруги первинного джерела.

Очевидно, що якщо імпульсна потужність нижче середньої потужності, споживаємої пристроями, то застосування ІКЕ дає можливість істотно знизити потужність, вартість і розміри первинних джерел живлення.

Імпульсні конденсатори надвисокої енергоємності за своїми характеристиками найбільшою мірою відповідають вимогам по густині енергії і потужності, що пред'являються до накопичувачів електроенергії для транспортних засобів.

Структурна схема роботи допоміжних ланцюгів електрорухомого складу з використанням ІКЕ представлена на рис.1. У порівнянні з існуючими вона має такі переваги:

а) статичний перетворювач для заряду АБ не споживає електроенергію з контактної мережі а підключається до гальмівних опорів в період реостатного гальмування;

б) при роботі електрорухомого складу в режимах тяги і вибігання, заряд АБ і харчування допоміжних ланцюгів електрорухомого складу здійснюється від ІКЕ;

в) зниження споживання електроенергії рухомим складом в експлуатації до 10%;

г) більш раціональне використання енергії реостатного гальмування електрорухомим складом.

Використана література

1. Корягина Е.Е., Коськин О.А., Электрооборудование трамваев и троллейбусов. – М.: Транспорт, 1982. 296 с.
2. Ефремов И.С., Косарев В. Г., Теория и расчет электрооборудования подвижного состава городского транспорта. – М.: Высшая школа, 1976,473 с.
3. Акимов С.В., Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2001, 384с.
- 4.Сергеев Б.С., Чечулина А.Н. Источники электропитания аппаратуры железнодорожного транспорта. – М.: Транспорт, 1998. 280 с.

## **СУЧАСНІ МЕТОДИ БЕЗДРОТОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ДЛЯ ОБЛІКУ ВИТРАТ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ**

***Чорний Д.В.***

*Науковий керівник – Карюк А.О., ст. викладач*

Пропонується використати стандарт ZigBee, як найбільш ощадливий й надійний спосіб створення великої й простої бездротової мережі обліку витрат електроенергії.

Предлагается использовать стандарт ZigBee, как наиболее экономный и надежный способ создания большой и простой беспроводной сети учета расхода электроэнергии.

It is proposed to use the standard ZigBee, which is the most economical way to create a reliable and simple large wireless network keeping power consumption.

Облік електроенергії, яку споживають підприємства і приватні споживачі, є стратегічно важливим завданням, від вирішення якого залежить економіка країни. В останні роки, поряд з іншими напрямками комп'ютерних технологій, бурхливо розвиваються бездротові технології передачі даних, що дозволяють автоматизувати процес обліку [1].

Wi-Fi - це перший промисловий стандарт для організації бездротових локальних мереж на обмеженій території, коли декілька абонентів мають рівноправний доступ до загального каналу передачі даних. Основними перевагами цього стандарту є: простота використання готових модулів; легкість інтеграції з існуючими провідними мережами (LAN); висока швидкість передачі; безпека передачі інформації (64/128-бітне шифрування). Є і недоліки: висока (у порівнянні з іншими бездротовими мережами) ціна на встаткування; більше енергоспоживання; обмежений радіус дії [2].

Розглянемо використання ZIGBEE технологій. Мережі ZigBee називають мережами, які самі організуються й самовідновлюються, тому що ZigBee-пристрої при включенні живлення завдяки вбудованому програмному забезпеченню вміють самі знаходити один одного й формувати мережу, а у випадку виходу з ладу якого-небудь із вузлів вміють встановлювати нові маршрути для передачі повідомлень. Фрагмент мережі ZigBee наведений на рис. 1.

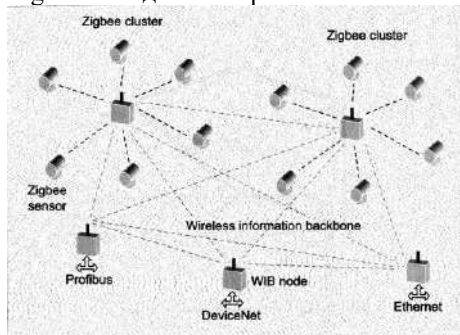


Рисунок 1 – Фрагмент мережі ZigBee

Бездротові ZigBee-системи дозволяють об'єднати безліч пристроїв у мережі з різною топологією, забезпечуючи при цьому прийнятний час доставки повідомлень, надійність і стійкість до різноманітних збоїв. У більшості випадків мережа є *скупченням скупчень*. Вона може приймати форму мережі або одиночного скупчення (рис.2) [3].

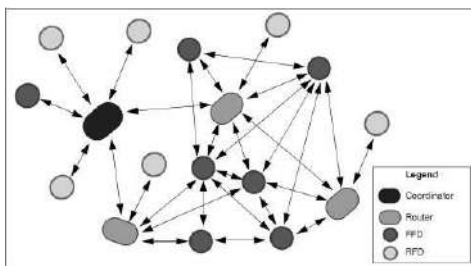


Рисунок 2 – Усілякі способи з'єднання осередків мережі

Радіус охоплення прийомопередавачів ZigBee в приміщенні вимірюється десятками метрів. Але зона покриття мережі ZigBee значно більша, тому що за рахунок ретрансляції повідомлень здійснюється нарощування мережі. ZigBee-мережі не призначені для передачі великих обсягів інформації. Вони найбільш ефективні для додатків, де потрібні не високі швидкості, а економічні показники, критичне енергоспоживання (час роботи) радіопередавача, наприклад, для збору й передачі показань лічильників, датчиків, дистанційного керування. Таким чином, технологія ZigBee займає нішу, яку раніше заповнювали або пристрої й технології з більш високими технічними параметрами (більш коштовні), або рішення з обмеженими можливостями побудови бездротової мережі. Промисловий стандарт ZigBee використовується в тих випадках, коли необхідно швидко зробити надійну мережу з дуже великою кількістю пристроїв, які підключені в цю мережу, з невеликим обсягом переданих даних і мінімальним споживанням електроенергії (для тривалої автономної роботи).

Приклад використання мереж ZigBee, - інтелектуальні лічильники електроенергії. За допомогою ZigBee-мережі лічильники електроенергії передають поточні дані на комп'ютер малопотужним сигналом на частоті 2.4 ГГц. Кожен з ZigBee-модулів може бути кінцевим пристроєм, або працювати маршрутизатором чи координатором з виходом в Ethernet. Є приклади використання в Росії лічильників води й електроенергії, які використовують ZigBee модулі [3].

Для скорочення часу проектування ZigBee модулів виробники електронних компонентів пропонують схемо-технічні приклади використання своєї продукції. Один з таких прикладів показаний на рис.3. Тут на базі радіочастотного модуля MRF24J40MA фірми Microchip реалізований трансівер, який разом з мікроконтролером складе основу ZigBee модуля.

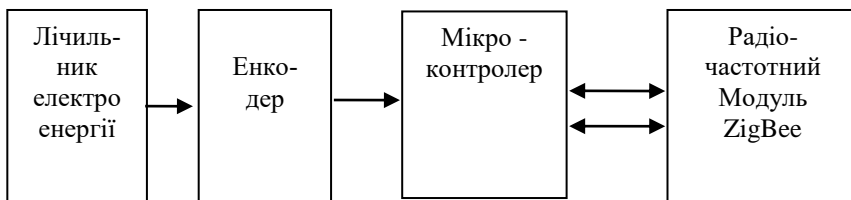


Рисунок 3 – Структурна схема окремого осередку

Привабливо виглядає перспектива використання ZigBee-технологій для обліку витрат електроенергії і в окремих квартирах багатоквартирних будинків.

Масове виробництво недорогих лічильників електроенергії з використанням ZigBee-технологій за кордоном уже налагоджене [2]. А далі - “справа техніки”. Можна також організувати облік води і тепла в одній мережі. Тоді мікропроцесор, встановлений у квартирі, одержує інформацію про витрати, обробляє її й передає на центральний комп’ютер (рис.4), або кожен мікропроцесор передає свою інформацію індивідуально.

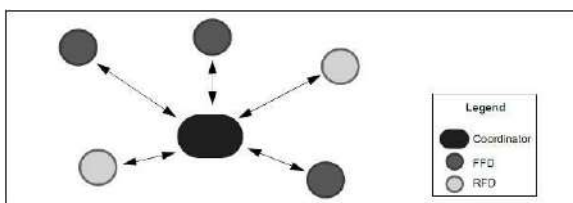


Рисунок 4 – Схема ZigBee-мережі окремої квартири

Автоматизований облік витрат електроенергії в мільйонах квартир нашої країни стимулює жителів до економії. Це сприяє також економії організаціями, які займаються енергопостачанням. У масштабах нашої держави впровадження в комунальне господарство міст ZigBee-технологій може привести до економії мільярдів гривень.

Співробітниками кафедри спроектовано і побудовано нескладні стенди для студентів на базі 16-розрядного мікроконтролера PIC24FJ64GA004 (рис.5), на якому передбачено радіочастотні модулі для вивчення бездротових технологій, в тому числі й для обліку витрат енергоресурсів [4,5,6].



Рисунок 5 – Стенди LMac PIC24-44, що працюють в режимі радіоканалу

Використана література

1. Козлов А. Промислові стандарти бездротової передачі даних.//“СНІР news-Україна”, №7, 2008., с. 18-21.
2. Скуснов А. ZigBee: огляд бездротової технології.// Компоненти й технології., 2005, №:3, с. 176.
3. Кривченко Т.И., Ловяго В. Технологія ZigBee: бойове хрещення в російських умовах.//Бездротові технології, 2008, №2, с.26.
4. <http://cyberleninka.ru/article/n/stand-dlya-izucheniya-mikrokontrollerov>
5. [www.grinnik.jimdo.com/микропроцессорные-системы/](http://www.grinnik.jimdo.com/микропроцессорные-системы/)
6. Гринчак Н. В.Кузьмичева Е.В. Стенд для изучения микроконтроллеров // Технологический аудит и резервы производства. Изд. Технологический центр (Харьков) ISSN: 2226-3780. - 2013. - №4 (14). - с. 15-17

## **ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ ПОДАЛЬШОГО ЗРОСТАННЯ ЧАСТКИ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ПРИ ПОКРИТТІ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ**

**Бекян Д.Г.**

*Науковий керівник – Щербак І.Є., канд. техн. наук*

Проблемним питанням функціонування систем енергопостачання України є нерівномірність графіка електричного навантаження (ГЕН) (рис. 1). Ця проблема характерна для будь-якої енергосистеми світу.



Рисунок 1 – Добові графіки електричного навантаження в період з 01.03.2021 – 07.03.2021 ОЕС України

Добовий графік навантаження енергосистеми має чергуючі між собою провали, підйоми, спади і піки, які визначають в цілому його нерівномірний характер. Це, по суті, сума добових графіків навантаження різних споживачів.

Ефективність покриття нерівномірності графіків навантаження енергосистеми, в першу чергу, визначається складом і характеристиками енергоблоків енергосистеми. Максимальний рівень потужності СЕС та ВЕС, яку може прийняти ОЕС України без серйозних відхилень в роботі складає 3000 МВт (рис. 2) [1].

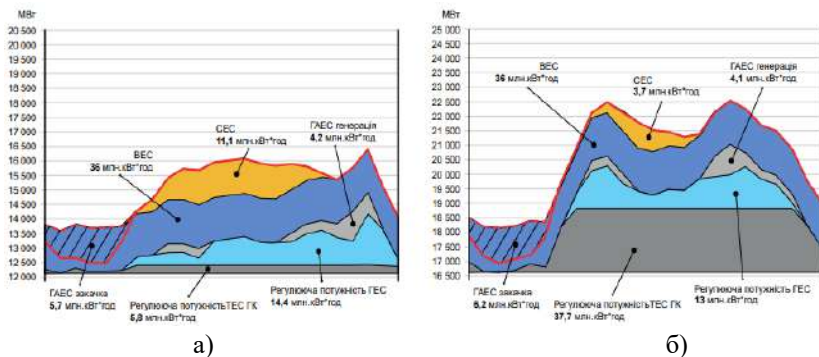


Рисунок 2 – Графік покриття робочого дня 2019 року (СЕС – 1500 МВт, ВЕС – 1500 МВт): а) літо; б) зима

Наразі покриття нерівномірної частини графіку навантаження ОЕС України забезпечується ГЕС/ГАЕС та ТЕС ГК. Для забезпечення зростання частки відновлюваних джерел енергії в енергобалансі необхідно збільшити маневрені потужності в структурі генерації.

Для забезпечення енергобалансу необхідно або обмежувати генерацію від відновлюваних джерел енергії на рівні 3000 МВт, або зменшувати базове навантаження АЕС та збільшувати його для ГК ТЕС та



використовувати їх як маневрові, або ввести нові високо маневрені балансуючі потужності.

Враховуючи відсутність в енергосистемі збалансованої структури генеруючих потужностей головною можливістю вирівнювання графіків є режимна взаємодія енергосистеми зі споживачами на основі адміністративних та економічних заходів.

Адміністративні полягають у примусовому обмеженні навантаження споживачів у певні години доби, що призводить до збитків, які можуть перевищити вигаши енергосистеми від ефекту вирівнювання добового графіка навантаження.

Шлях економічної зацікавленості споживачів електроенергії у вирівнюванні графіка навантаження найбільш дієвий. В результаті масового залучення споживачів до регулювання енергосистема зменшить свій грошовий збір за відпущену електроенергію (так звані доходи, що випадають), проте ці фінансові втрати виявляться компенсованими зниженням вартості її основних фондів, експлуатаційних витрат та інших витрат, які визначають в цілому рівні тарифів на електроенергію.

Одним із способів вирішення проблеми нерівномірності графіка навантаження є акумуляція надлишків енергії, що виробляється під час провалів навантаження, з подальшим використанням під час максимуму навантаження.

Існують різні типи акумуляторів енергії. В енергетиці найбільшого поширення набули акумулятори, що запасують механічну енергію (воздушні акумулятори, гідроакуючі електростанції), а також теплові акумулятори. Разом з тим, потрібні пошуки нових нетрадиційних методів вирішення проблеми вирівнювання графіків навантажень.

Так, широке застосування споживачів-регуляторів може бути дієвим рішенням вирівнювання графіків електричного навантаження.

Література:

1. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючи потужностей. Укренерго проєкт. 2018. 126 с.

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОКРИТТЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ОЕС УКРАЇНИ**

**Маляр Б.П.**

*Науковий керівник – Щербак І.Є., канд. техн. наук*

Головний закон функціонування будь-якої енергосистеми – безперервне забезпечення балансу попиту і пропозиції на електроенергію шляхом оперативного покриття графіка навантаження відповідним

виробленням електроенергії на генеруючих джерелах з гарантованою поставкою її у вузли споживання. У разі порушення цього закону в енергосистемі змінюються частота мережі змінного струму і розрахункові рівні напруги, що може призвести до виходу з ладу генеруючого, транспортуючого і розподільного обладнання та електроустановок споживачів або масових відключень споживачів.

Проблема, що розглядається: нерівномірність навантаження в об'єднаній енергосистемі України протягом доби, можливі шляхи вирівнювання графіку навантаження і покриття його пікових значень.

Проблема покриття нерівномірності графіків електричного навантаження може бути вирішена наступним чином:

1. Створенням оптимальної структури генеруючих потужностей енергосистеми;

Встановлена потужність електростанцій України представлена на рисунку 1 свідчить про низьку частку маневрених потужностей.



Рисунок 1 – Встановлена потужність електростанцій України

Дані за березень 2021 року свідчать, що атомні електростанції чітко забезпечують базове електричне навантаження, що становить 51,24 % від загального виробництва електроенергії. Теплові електростанції знаходяться на другому місці з виробництва електроенергії, що складає 30,92 %. Гідроенергетика забезпечує 13,67 % вихідної потужності. Відновлювані джерела енергії 4,17 % граючи незначну роль в електропостачанні країни.

2. Використанням перетоків з сусідніми енергосистемами.

Величина перетоків між енергосистемами суміжних країн (рис.2) свідчить про незначний їх рівень в розрізі питання регулювання графіків електричного навантаження ОЕС України.

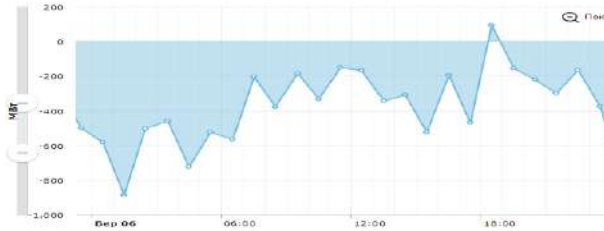


Рисунок 2 – Сальдо перетоків між енергосистемою України і енергосистемами суміжних країн (06.03.2021 р.)

3. Залученням споживачів до вирівнювання графіка навантаження енергосистеми за рахунок адміністративних (обмежувачих) і економічних (стимулюючих) заходів.

Аналіз структури споживання електричної енергії (рис. 3) свідчить про домінування споживання населенням, металургійною галуззю промисловості та комунально-побутовими споживачами.

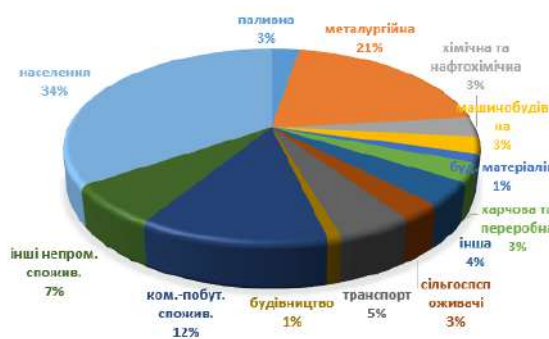


Рисунок 3 – Структура електроспоживання

Відповідно пошук шляхів регулювання графіків електричного навантаження насамперед повинен зосереджуватися в даних галузях.

Література:

1. УКРЕНЕРГО Диспетчерська інформація URL: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosityemy-ukrayiny/>

## ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДАЧІ ТА ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

*Кривенко А.О.*

Основною метою функції зв'язку в процесі керування й контролю – досягнення максимальної системної достовірності, що забезпечує ідентичність між фізичним станом змінних процесу виробництва електричної енергії і їх представленням в базі даних систем телемеханіки.

Ця кінцева мета іноді не може бути досягнута повністю, оскільки інформація про стан процесу запізнюється, а зовнішні перешкоди або uszkodження елементів можуть її спотворювати. Система зв'язку повинна забезпечувати високий ступінь узгодженості всієї системи. Тому метод передачі даних повинен мати високу надійність і ефективність, особливо для коротких і термінових повідомлень. Оскільки припустима ширина смуги частот у каналі зв'язку обмежена, то обсяги зібраної та переданої інформації повинні бути чітко регламентовані і приймаються згідно рекомендацій.

Комунікаційні мережі в енергетиці поділяються на *комунікаційні мережі систем автоматизації управління та систем обліку електроенергії* з відповідними вимогами до інформаційного забезпечення.

Комунікаційні мережі системи автоматизації керування рекомендується вибирати виходячи із забезпечення енергетичних об'єктів необхідними каналами телефонного зв'язку для потреб оперативно-Проектування і упровадження засобів зв'язку повинно здійснюватися на підставі визначення обсягу і потоків інформації для кожного рівня управління.

Передбачувані проектом засоби зв'язку повинні забезпечувати можливість розвитку системи даного рівня на перспективу.

Засоби зв'язку на об'єктах електричних мереж повинні вибиратися з урахуванням вимог надійності і швидкодії.

На підстанціях 110/35/10 кВ, 110/10 кВ і 35/10 кВ передбачається:

- центральна аварійна і попереджувальна сигналізація, яка забезпечує місцеву сигналізацію на підстанції;

- засоби зв'язку, пристрої телемеханіки, імпульсні лічильники електроенергії, а на підстанціях з постійним черговим персоналом – засоби відображення інформації ПЕОМ чергового;

- можливість організації диспетчерського і місцевого зв'язку, диспетчерського контролю устаткування, технологічного контролю споживання електроенергії і, за необхідності, управління комутаційним устаткуванням;

- охоронна сигналізація.

При цьому обсяги засобів системи збирання і передавання інформації повинні прийматися згідно з рекомендаціями.

Електропередавальні підприємства та їх структурні підрозділи повинні мати диспетчерські пункти (ДП), оснащені пристроями відоб-

раження інформації та комплексом засобів зв'язку, телемеханіки, що забезпечують оперативно-диспетчерський контроль і управління основним устаткуванням, яке знаходиться у безпосередньому оперативному підпорядкуванні диспетчера.

- пункти автоматичного введення резерву (АВР);
- розподільні пункти (РП) - 10 кВ;
- закриті трансформаторні підстанції (ЗТП) 10/0,4 кВ;
- вузлові закриті трансформаторні підстанції (ВЗТП) 10/0,4 кВ, у перспективі й споживчі ТП.

Вибір об'ємів телеінформації для оперативно-диспетчерського контролю й керування на ДП РЕС проводиться з урахуванням перспективи розвитку електричних мереж і впровадження прогресивних форм оперативно-технічного обслуговування енергооб'єктів.

Підстанції напругою 35-110 кВ, що оперативно обслуговуються персоналом підприємства ЕС або РЕЭС, телемеханізуються з урахуванням виду оперативного обслуговування: постійне чергування "на дому" або централізоване обслуговування ОВБ ПЕС (РЕС).

В оптимальний об'єм телемеханізації для оперативно-диспетчерського контролю й керування знижувальною підстанцією 35 (110) кВ без постійного оперативного персоналу повинні входити:

- а) телекерування комутаційним обладнанням підстанції;
- б) телесигналізація положення комутаційного обладнання підстанції;
- в) аварійно-попереджувальна телесигналізація в обсязі до 24 сигналів:
  - робота захистів - один загальний сигнал;
  - робота автоматичного повторного включення (АПВ) і автоматичного введення резерву (АВР) - один загальний сигнал;
  - робота автоматичного частотного розвантаження (АЧР) – один сигнал;
  - аварія трансформатора (робота газової й диференціальної захистів на відключення) - один загальний сигнал для всіх трансформаторів;
  - несправність трансформатора (перевантаження, робота першого ступеня газового захисту, перегрів, зниження рівня масла) – один загальний сигнал з кожного трансформатора;

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**

*Носенко І.Л.*

Навантаження визначають необхідні технічні характеристики елементів електричних мереж: перерізу і марки провідників і струмопроводів, потужності і типи трансформаторів. Перебільшення очікуваних навантажень приводить до перевитрати дротів і кабелів, завищенню потужності трансформаторів, а зменшення – до зайвих втрат у мережах, перегріву провідників і трансформаторів, підвищеному тепловому зносові і скороченню нормального терміну їхньої роботи [1].

У першому і другому випадках приведені витрати, що є критерієм економічності прийнятих проектних рішень і визначають собівартість передачі, зростають, тому очікувані електричні навантаження бажано визначати при проектуванні точніше.

Однак, внаслідок недостатньої повноти, точності і вірогідності вихідної інформації про всі численні випадкові фактори, що формують навантаження, вони не можуть бути визначені з високою точністю.

Проводились порівнюючи значення за трьома розрахунковими методами [1-2], а потім проаналізували отримані результати. Зміна розрахункового навантаження при збільшенні кількості електроприймачів від 50 до 350 штук відбувається у відповідності отриманих залежностей, показаних на рисунку 1. На вертикальній осі позначено активне навантаження в кВт. Розрахунки проводились за допомогою програмного забезпечення Matlab. При малих кількостях електроприймачів до 70 шт., значення по активній потужності значно перевищує розраховане по методу впорядкованих діаграм в порівнянні із статистичним методом та методом коефіцієнту розрахункової потужності. Це перевищення складає при кількості електроприймачів 10-20 шт. до 35%. Тому при розрахунку в цьому діапазоні статистичним методом та методом коефіцієнту розрахункової потужності, навантаження буде занижено на це значення, що приведе до зменшення вибраних перетинів кабелів, а це зрештою збільшить втрати потужності в запроектованій мережі.

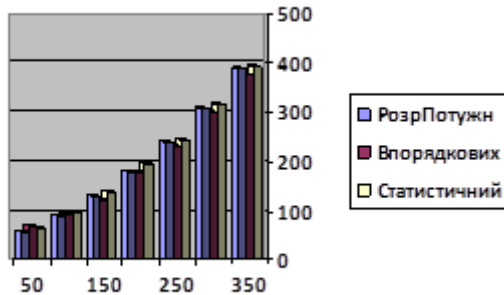


Рисунок 1 – Порівняння розрахункових навантажень по активній потужності, отриманих методом впорядкованих діаграм, статистичним методом та методом з урахуванням коефіцієнту розрахункової потужності  $K_p$ , де коефіцієнт має різне значення при використанні різних ступенів електропостачання.

Це підтверджується і іншими розрахунковими значеннями (повного навантаження, розрахунковому струму). Але при збільшенні кількості електроприймачів, метод з урахуванням коефіцієнту розрахункової потужності  $K_p$  і статистичний метод майже дає один і той же результат.

#### Література

1. Харченко В. Ф. Конспект лекцій з курсу «Електропостачання міст та промислових підприємств» (для студентів усіх форм навчання: бакалаврів, спеціалістів та магістрів галузі знань 14 – Електрична інженерія, спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, професійного спрямування «Електротехнічні системи електроспоживання») / В. Ф. Харченко, О. А. Якунін, В. Г. Воропай; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 241 с.

2. Національний стандарт України. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. ДСТУ - Б Н В.2.5. – 80: 2015 Видання офіційне. Київ, Мінрегіон, 2016.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ НАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ

**Ширшова О.В.**

*Науковий керівник – Плюгін В.Є., д-р техн. наук, професор*

У наш час потреба в автоматизації постійно збільшується. Відмінною рисою системи водопостачання є практично випадкове зміна навантаження на мережу водоспоживання. Для кожної окремої системи відомий приблизний графік споживання протягом доби, проте він

дозволяє дотримуватися лише деякого середнього значення подачі води, який, як правило, не відповідає реальному водоспоживанню. В такому випадку відбуваються коливання тиску в магістралях системи. Підвищення тиску призводить до проривів трубопроводів і зниження терміну служби системи, а також зменшення тиску води у водопроводі для споживачів висотних будівель і погіршення якості водопостачання в цілому. Таким чином, задача поліпшення якості водопостачання актуальна.

Поліпшення якості водопостачання вирішується за рахунок впровадження системи автоматичного керування насосним агрегатом системи водопостачання та оцінка енергоефективності перехідних процесів системи за допомогою імітаційного моделювання.

Моделювання перехідних режимів насосного агрегату, які виникають при пуску приводного асинхронного двигуна від перетворювача частоти, виконано в пакеті Mtalab/Simulink. Спочатку в програмі Matlab створюється скрипт, в якому задаються та розраховуються параметри двигуна та приводу. Далі розробляється модель частотного пуску асинхронного двигуна у програмі Simulink (рис. 1).

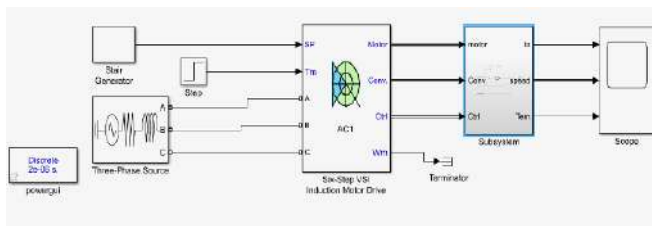


Рисунок 1 – Модель частотного пуску асинхронного двигуна

Результатом моделювання (рис. 2) є графіки: а) залежності струму фази статора від часу; б) частота обертання (вихідної з частотного перетворювача та фактичної); в) електромагнітного моменту на валу двигуна від часу. Отримані залежності співпадають з отриманими експериментально на лабораторному стенді.



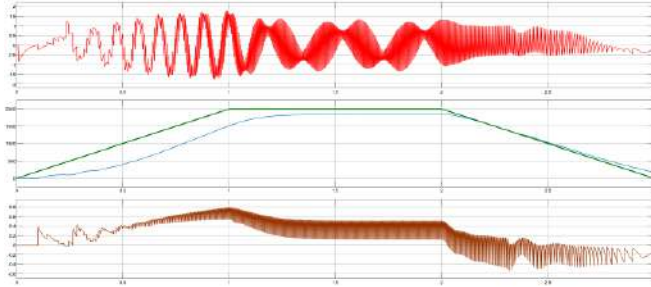


Рисунок 2 – Перехідні характеристик асинхронного двигуна в Simulink при управлінні від перетворювача частоти

Регулювання швидкості обертання насоса використовуючи частотно-регульований електропривід дає можливість розширити діапазон регулювання продуктивності насосного агрегату за суттєвого зменшення споживання його двигуном електричної енергії. Базуючись на отриманих розрахункових даних за допомогою програмного середовища MATLAB Simulink побудовано схему насосної установки та виконано моделювання її роботи. Це дає змогу проаналізувати стан основних змінних системи.

Виходячи з результатів моделювання видно, що при перехідних процесах в системі спостерігається деяке незначне пере-регулювання при відпрацюванні заданих значень, що пов'язано з нерівномірним навантаженням гідравлічної системи. В роботі виконано аналіз вищих гармонічних складових струму двигуна та оцінено їх вплив на мережу живлення, що дало змогу оцінити їх вплив на мережу живлення.

Отримані в результаті імітаційного моделювання перехідні характеристики двигуна при управлінні від перетворювача частоти збігаються з зафіксованими в експерименті, це дає змогу оцінювати поведінку системи в різних режимах роботи з високим рівнем достовірності. Розроблена система керування та програма керування процесом легко адаптується під необхідні задачі користувача та налаштовується на довільні вихідні дані системи.

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ШЛЯХОМ СЕКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖІ**

***Будко А.В.***

*Науковий керівник – Гаряжа В.М., ст. викладач*

Одним з найпоширеніших заходів підвищення надійності електропостачання є секціонування радіальних мереж і автоматичне резервування ліній з двостороннім живленням. Секціонування в поєднанні з АПВ дозволяє відключати ділянки радіальних ліній при стійких пошкодженнях на них, залишаючи в роботі неушкоджені, та зберігаючи безперебійність електропостачання частини споживачів.

Мережеве резервування ліній застосовується для з'єднання двох ліній (або двох кінцевих ділянок ліній), які живляться від різних джерел. У разі відключення одного з них лінія може отримати живлення від іншого за наявності пункту АВР в точці поточкорозподілу.

Апаратами автоматичного секціонування можуть бути: плавкі запобіжники; вимикачі, обладнані релейним захистом і пристроєм АПВ та здатні відключати струми короткого замикання; вимикачі навантаження і автоматичні відділювачі, які відключаються тільки в безструмову паузу, що настає після відключення пошкодженої лінії головним вимикачем.

Плавкі запобіжники для секціонування повітряних ліній 10 кВ практично не застосовуються. Автоматичні відділювачі поки не знайшли широкого застосування через відсутність серійної апаратури.

На рисунку 1,а наведена принципова схема секціонування радіальної розподільчої мережі. Лінія приєднується до шин підстанції вимикачем Q1. У точці секціонування ТС (в даному випадку вона прийнята на магістральній ділянці лінії) встановлений секціонуючий апарат – вимикач Q2. При короткому замиканні за точкою установки вимикача Q2 останній спрацьовує і у випадку неуспішного АПВ відсікає пошкоджену частину повітряної лінії. Споживачі, розташовані ближче до підстанції, тобто між вимикачами Q1 і Q2, залишаються в роботі і живляться від шин підстанції. В цьому випадку при секціонуванні лінії в одній точці надійність споживачів, розташованих до неї, підвищується, а надійність споживачів, розташованих за нею, не змінюється. Тому при протяжних мережах приймають кілька точок секціонування, в тому числі і на початку довгих відпайок.

На рисунку 1, б показана принципова схема живлення двох повітряних ліній від різних джерел. У місці з'єднання взаємно резервуючих ліній встановлений пункт з двостороннім АВР. У нормальному режимі вимикач Q2 пункту АВР відключений, і живлення кожної лінії W1 і W2 здійснюється від свого джерела живлення (відповідно підстанцій А і В). При відключенні одного з джерел живлення, наприклад А, вмикається вимикач Q2 пункту АВР і живлення лінії здійснюється від резервного джерела - підстанції В. Резервування споживачів лінії W2 від

підстанції В виконується аналогічно, за умови відключення вимикача Q3, щоб уникнути подачі напруги на шини підстанції при дії АВР.

Взаємне резервування ліній може бути виконане також у поєднанні з секціонуванням цих ліній.

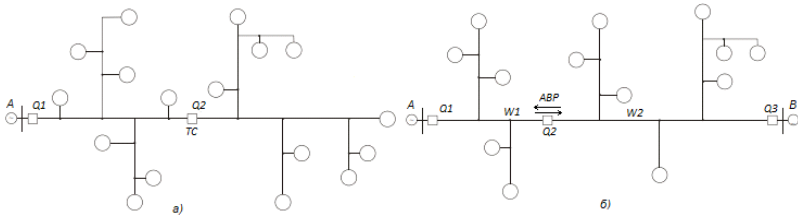


Рисунок 1 – Схема мережі з секціонуючим пунктом (а) і пунктом АВР (б) W1, W2 – взаємно резервовані повітряні лінії;  
Q1, Q3 – вимикачі на головних ділянках живильних ліній;  
Q2 – секціонуючий вимикач

Найсучаснішим апаратом, який дозволяє реалізувати принцип децентралізованої автоматизації мережі, є вакуумний реклоузер, що об'єднує:

- вакуумний вимикач;
- систему первинних перетворювачів струму і напруги;
- автономну систему оперативного живлення;
- мікропроцесорну систему релейного захисту та автоматики;
- систему портів для підключення пристроїв телемеханіки;
- комплекс програмного забезпечення.

Реклоузер має практично всі види протиаварійного захисту та автоматики, які застосовуються в розподільчих мережах, тому впровадження реклоузерів в розподільні мережі 10 кВ є перспективним, технологічно виправданим заходом. Реалізація в Україні електричних мереж із застосуванням реклоузерів дозволить в недалекому майбутньому вивести розподільні мережі середньої напруги на новий рівень автоматизації і управління.

## **АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ**

**Беляєв А.А.**

*Науковий керівник – Ковальова Ю.В., канд. техн. наук, доцент*

В даний час відновлювальна енергетика динамічно розвивається з технологічних і економічних позицій і впроваджується по всьому світу.

Переваги такого виду енергії очевидні: сонячне світло і вітер як енергоносії – доступний в будь-якій точці земної кулі. Технології його перетворення в електричну енергію були вивчені ще в кінці минулого століття і весь час модернізуються і здешевлюються, а також термін служби і простота експлуатації дозволяють використовувати сонячні і вітрові установки навіть в локальних масштабах.

Будь-яка автономна система працює незалежно від мережі централізованого енергопостачання. У цих умовах вітрові електроустановки (ВЕУ) можуть функціонувати самостійно, використовуватися як дублер будь-якого іншого генератора або застосовуватися в поєднанні з іншими енергетичними установками як компонент комбінованої системи енергопостачання. Такі системи використовуються для електропостачання будинків, ферм або виробничих приміщень малих підприємств.

Пріоритетним напрямком розвитку вітроенергетики в нашій країні на найближчий час буде автономне використання малих і середніх ВЕУ.

Оптимальною є робота паливного генератора в якості резерву в комбінованій системі електропостачання на основі відновлюваних джерел енергії. Таким чином, вітроустановка або система електропостачання (СЕ) працює при наявності вітру (ясної погоди), заряджаючи акумулятори або видаючи потужність споживачеві. Як тільки вітроустановка (СЕ) перестає видавати необхідну потужність, включається дизель-генератор і поповнює нестачу. Така схема електропостачання має ряд переваг:

- надійність системи електропостачання;
- екологічність;
- безшумність (дизель-генератор включається в той час, коли це зручно і працює незначний час).

Таким чином, гібридні автономні системи електропостачання, що виконані на базі сонячних і вітрових електростанцій, а також традиційних джерел енергії мають широкі перспективи.

## **АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН**

***Железняк Б.К.***

*Науковий керівник – Ковальова Ю.В., канд. техн. наук, доцент*

Областю застосування даної методики діагностики є електро-технічне обладнання номінальної напруги вище 3 кВ, що знаходиться під робочою напругою в експлуатації, або виведене в ремонт.

Повний цикл діагностики включає наступні основні етапи: по-перше, експрес-контроль електрообладнання, що знаходиться в роботі, на наявність або відсутність ЧР з  $n_i(Q_i)$  і Р вище встановленої межі, в результаті обстежене електрообладнання ділиться на дві групи:

- перша група – робоче із задовільним станом ізоляції, яке не вимагає відносно частого контролю при нормальних умовах експлуатації, і для якої можна не проводити профілактичний ремонт і випробування підвищеною напругою – «норма»;

- друга група – з незадовільним станом ізоляції, яка вимагає більш частого періодичного контролю, причому з вимірюванням кількісних характеристик ЧР  $n_i(Q_i)$  спеціальними аналізаторами – «погіршений стан».

Для здійснення першого етапу діагностики вимірювальний пристрій (аналізатор, осцилограф і т.д.) з відповідним вимірювальним елементом підключається до об'єкта випробувань, до його металевої оболонки. При перевищенні первинної уставки параметрів ЧР ( $Q$ ,  $n$ ) проводиться класифікація технічного стану електрообладнання.

Періодична діагностика електрообладнання під робочою напругою (другий етап) полягає у вимірюванні кількісної характеристики ЧР  $n_i(Q_i)$  за допомогою спеціального аналізатора, з подальшим перерахуванням на комп'ютері цієї залежності в параметр інтенсивності:

$$P = \int_a^{Q_0} Q \cdot n(Q) dQ, \quad (1)$$

за яким оцінюється стан ізоляції і динаміка його зміни.

При пошуку місць дефектів в ізоляції статорних обмоток слід враховувати те, що сигнал, що виник в одній частині обмотки може «перенестись» на інші елементи обмотки. Наприклад, при розташуванні джерела імпульсів (ЧР) в нижній частині обмотки великого гідрогенератора сигнал перенаводиться:

- на сусідні стрижні інших фаз через конструктивні ємності;
- проходить по власному стрижню в верхню частину обмотки.

Далі сусідні стрижні передають сигнал також «вгору», у верхній частині імпульси «біжать» через ємності між головками або переходять на обвідні шини. Отже, аналізуючи величини сигналів «перенаводок» на лінійні фази і нуль, можна припустити, де розташоване місце ЧР.

Проведена діагностика для великого гідрогенератора з  $U_{\text{ном}}=13,5$  кВ. Випробування фази А,  $U_{\text{вип}}=12$  кВ. При вимірах за допомогою аналізатора потоку імпульсів на розподілі  $p(Q)$  зафіксовані мо-ди. При цьому сигнали з  $n = 10 \div 15$  вип/пер. мають місце на лінійних виводах, а також на двох луп-антенах, встановлених по обидва боки від нульових виводах на гілках С1/1 і С1/2 Сигнали з сенсорів: С1/1 (80 паз) – 18 мВ; С1/2 (269 паз) – 16 мВ.

Амплітуди приблизно рівні, це означає, що джерело ЧР при-близно на рівній відстані від луп-антен. Таке можливо, якщо ЧР між С1/1 і С1/2, тобто в районі пазів 160-200. Сигнали з лінійних виводів (паз 60): фаза «А» – 500 мВ; фаза «В» – 600 мВ.

Зазначені сигнали практично рівні між собою, але в 10 разів менше, ніж на нульовому вводі. Це означає, що сигнал з точки ЧР поширився до ділянки лінійних виводів, при поширенні «перенавівся» на все обвідні шини, на початку яких і знаходяться лінійні вводи.

З урахуванням даних обставин можна сказати, що місце дефек-тку в районі – паза на обвідній шині або місці приєднання шини до лінійного виводу в даній ділянці.

Після приблизного з'ясування місць дефектів за сигналами пе-ренаводок відбувається процедура детального пошуку, тобто виявлен-ня номерів стрижнів з дефектом. При цьому використовують луп-антену, встановлену на оперативній штанзі відповідної напруги і підк-лючену до аналізатору потоку імпульсів. Луп-антену по черзі підно-сять до всіх стержнів фази. Для кожного стержня будується  $p(Q)$ , по максимуму  $Q$  і потужності ЧР визначається місце дефекту.

Таким чином, в проблемі електродинамічних випробувань в сучасних умовах склалася ситуація, яка полягає в тому, що увага до питань електродинамічної стійкості силових трансформаторів послаб-люється за умови, коли відбувається щорічне збільшення кількості трансформаторів, які відпрацювали понад 25 років. Крім того, частка потужних і надпотужних трансформаторів і особливо автотрансформа-торів з урахуванням сучасних тенденції розвитку електроенергетики країни значно зростає.

## **УМОВИ ПАРАЛЕЛЬНОЇ РОБОТИ ВЕУ І ЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ**

*Миргородський Р.В., Денчик І.А.*

*Науковий керівник – Гузенко В.В., канд. техн. наук, асистент*

*(Харківський національний технічний університет сільського госпо-дарства ім. П Василенка, м. Харків)*

*Постановка задачі.* Вітроенергетика на Україні останнім часом швидко розвивається. Вже сьогодні в складі об'єднаної енергосистеми України працюють одинадцять вітрових електростанцій загальною потужністю понад 90 МВт, що налічує взагалі 760 вітроенергетичних установок (ВЕУ). До 2030 року планується збудувати ряд вітроелектростанцій сумарною потужністю до 11290 МВт.

*Мета досліджень.* Проведення аналізу вибору головних схем електричних з'єднань ВЕУ для паралельної роботи з централізованою електроенергетичною системою України.

*Основні матеріали досліджень.* Усі діючі ВЕУ на Україні побудовані з використанням асинхронних машин з короткозамкнутим ротором в якості електричного генератора. Застосування асинхронних генераторів дозволяє виключити з головної схеми ВЕУ синхронізуючі пристрої, однак потребує встановлення компенсуючих пристроїв, а також керованих тиристорних вентилів для «м'якого» підключення їх до мережі. Внаслідок встановлення ВЕУ з одиничною номінальною потужністю не більше 600 кВт, визначені головні схеми електричних з'єднань – радіальні. Радіальні схеми підключення можуть бути використані і для ВЕУ на базі двошвидкісних асинхронних генераторів і асинхронних генераторів з фазним ротором і регулюванням ковзання. Однак такі електричні машини частіше застосовуються в складі більш потужних ВЕУ, що мають індивідуальні підвищувальні трансформатори.

*Висновки.* В результаті проведення аналізу головних схем електричних з'єднань сучасних мережних ВЕУ і чинників, що впливають на вибір схем, визначено, що їх одиничні потужності незначні, що і визначає найбільше поширення радіальних схем електричних з'єднань, тоді як у світі спостерігається тенденція до збільшення одиничної потужності ВЕУ до 4,0..5,0 МВт.

## **КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ І АГРЕГАТИВ РУХОМОГО СКЛАДУ МЕТ**

***Пахомов Я.С.***

*Науковий керівник – Хворост М.В., д-р техн. наук, професор*

Під час роботи рухомого складу міського електричного транспорту (МЕТ) в різних умовах експлуатації та при різній кваліфікації водіїв потреба в технічному обслуговуванні та характер розподілення робіт за поточним ремонтом неоднакові. Фактично, за даними підприємств, об'єми робіт і затрати на обслуговування та ремонт за окремими агрегатами відрізняються у два – три рази.

Для нормального функціонування вузлів і агрегатів рухомого складу періодично повинна проводитися комп'ютерна діагностика. Це пов'язано з збільшенням частки електронних компонентів (датчиків, мікросхем) у їх конструкції. Перевірити працездатність, виявити помилки в їх програмному забезпеченні можливо тільки за допомогою застосування комп'ютерної техніки.

Актуальність дослідження полягає в необхідності впровадження та застосування сучасних засобів комп'ютерної діагностики рухомого складу МЕТ. Комп'ютеризація і автоматизація – це неминучі явища, що супроводжують технічний прогрес. Електронна діагностика дозволяє істотно знизити витрати на утримання рухомого складу.

Метою роботи є обґрунтування необхідності впровадження та застосування комп'ютерної діагностики на підприємствах МЕТ.

Саме своєчасне виявлення відхилень і несправностей на ранньому етапі – запорука стабільної роботи і довговічності рухомого складу. Для досягнення цієї мети проводиться комп'ютерна діагностика. Це широкий спектр діагностичних заходів, що проводяться за допомогою комп'ютерної техніки, спрямованих на виявлення несправностей шляхом зчитування інформації з розташованих на основних вузлах датчиків рухомого складу.

На сьогодні на сучасному транспортному засобі практично усі системи оснащуються електронними чіпами управління і датчиками контролю. Комп'ютерна діагностика систем транспортних засобів не зможе повністю замінити візуальний огляд – вони повинні доповнювати один одного. Комп'ютерна діагностика – це процес зчитування інформації та подальшого розшифрування кодів помилок з електронних засобів контролю і керування. З цією метою до систем підключаються спеціалізовані комп'ютерні стенди – сканери, портативні та багатофункціональні пристрої.

Комп'ютерна діагностика несправностей рухомого складу дозволяє в режимі реального часу зчитувати і виявляти найменші несправності в роботі систем. Вся інформація відображається на дисплеї сканера або на моніторі комп'ютера або ноутбука.

Основна функція діагностичних засобів – вимірювання діагностичних параметрів. Розробляють методи для вимірювання діагностичних параметрів при роботі об'єкта діагностики (вузла) в заздалегідь заданому режимі. Отримані результати обробляються оператором або логічним пристроєм.

Інформація про зміну технічного стану буває двох типів. Можно розпоряджатися лише статистичними даними про моменти виникнення відмов. В цьому випадку закономірності зміни технічного стану



можна відслідити, якщо вивчити зміну інтенсивності та параметра потоку відмов. До другого типу може бути віднесена інформація, яка керується крім статистичних даних про моменти виникнення відмов ще й даними про закономірності зміни вихідних (діагностичних) параметрів, які пов'язані зі зміною технічного стану.

Доцільність практичного застосування того або іншого методу і відповідних засобів діагностики можна оцінити точністю вимірювання, технологічністю операцій діагностування і економічною ефективністю впровадження.

Отже, одним з найбільш важливих напрямків робіт з істотного підвищення продуктивності праці, скороченню витрат на зберігання та експлуатацію тролейбусів, як найбільш масового виду міського електричного транспорту, в умовах ресурсних обмежень, є удосконалення технологічних процесів на основі застосування сучасної комп'ютеризованої техніки, здійснення заходів щодо механізації та автоматизації технічного обслуговування і ремонту тролейбусів на базі експлуатаційних підприємств МЕТ.

## **КОНТРОЛЬ І МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ДІАГНОСТИКИ СПРАВНОСТІ ОБЛАДНАННЯ**

***Ковалик М.М***

*Науковий керівник – Бабічева О.Ф., канд. техн. наук, доцент*

Прогнозування неполадок в тягових електроприводах (ТЕП) є актуальним завданням міського електротранспорту (МЕТ), рішення якого допомагає визначати перспективу можливого зносу компонентів обладнання. Оскільки ТЕП відносяться до найбільш навантаженого обладнання МЕТ з точки зору комплексного впливу на них теплових, електричних, механічних та кліматичних чинників, то рівень пошкоджуваності їх в експлуатації залишається досить високим.

Отримання експериментальної інформації вимагає присутності в ТЕП засобів вимірювання температури і додаткових електронних пристроїв для аналізу вимірюваної величини в експлуатаційних режимах. Детальну інформацію про температурне поле ТЕП можна отримати теоретичним шляхом на основі рівняння теплопровідності. Коректні математичні моделі забезпечують повну картину поля, якщо є надійні відомості про розподіл витрат, властивості матеріалів та перебігу процесів охолодження тощо. Рішення таких завдань за допомогою сукупності обчислювально-програмних засобів в свою чергу вимагає оснащення рухомого транспорту відповідною технікою.

Таким чином актуальними є синтез технічних засобів дистанційного контролю параметрів і діагностування справності силового електрообладнання, що дозволяють виявляти очікувані неполадки в силовому електромеханічному обладнанні при його експлуатації.

Метою цієї роботи є моделювання теплових процесів в ТЕП і пошук шляхів реалізації засобів дистанційного контролю пріоритетних параметрів на рухомому транспорті для синтезу пристрою діагностики технічного стану тягового електроприводу в реальному часі.

При змінних величинах потужності на валу ТЕП процес тепловіддачі електродвигуна залежить від припливу холодного повітря і ефективності роботи реальної системи вентиляції. Тому для електродвигунів з само- і примусовою вентиляцією доцільно враховувати коефіцієнт погіршення умов охолодження  $V_{\beta}$  силового електрообладнання. Середні значення коефіцієнта  $V_{\beta}$  при пуску, гальмуванні, змінних умов руху на міських дорогах з урахуванням факторів навколишнього середовища часто використовують табличні дані або результати спеціальних досліджень.

Розглядаючи цикл роботи ТЕП для  $T_{cp} = const$ , коли кількість теплоти, що акумульована в електромашині, приймається дорівнюючою нулю, можна відоме рівняння теплового балансу (3) представити наступною залежністю

$$\int_0^{T_u} \Delta P \cdot dt = A \cdot T_{cp} \cdot T_u, \quad (1)$$

звідки отримаємо вираз

$$T_{cp} = (1/A \cdot T_u) \int_0^{T_u} \Delta P \cdot dt = \Delta P_{cp} / A, \quad (2)$$

де  $\Delta P_{cp} = (1/T_u) \int_0^{T_u} \Delta P \cdot dt$  – середні витрати потужності за цикл.

Якщо на окремих інтервалах циклу  $T_{cp}$  рівень навантаження прийняти величиною постійною, то середні витрати потужності на тепло визначається виразом

$$\Delta P_{cp} = (\Delta P_1 \cdot t_1 + \Delta P_2 \cdot t_2 + \dots + \Delta P_n \cdot t_n) / (t_1 + t_2 + \dots + t_n) \quad (3)$$

На підставі (3) очевидно, що даний метод цілком придатний, якщо час роботи двигуна з максимальним навантаженням менше його постійної часу нагріву  $T_H$ , тому що в іншому випадку буде відбуватися значне перевищення допустимої температури нагріву обладнання. Чим більше значення  $T_H$  буде перевищувати величину  $T_{max}$

$$T_H > T_{\max}, \quad (4)$$

тим інтенсивніше відстань між параметрами  $T_{cp}$  і  $T_{\max}$  буде скорочуватися, негативно впливаючи на технічний стан компонентів ТЕП. Найбільш ефективний контроль температури для діагностичного аналізу, як показали експерименти, повинен здійснюватися з точністю, не менше  $\pm 0,5-0,25^\circ\text{C}$ .

На рисунку представлені спектрограми інформаційних повідомлень від одного (а) і декількох (б) перетворювачів температури, які отримані за допомогою лабораторного приймально-передавального пристрою з експериментальним спектроаналізатором.



Рисунок 1 – Експериментальний спектроаналіз перетворювача:  
 а – інтерфейс програми контролю інформаційного сигналу;  
 б – інформаційні сигнали від різних джерел

Застосування отриманих результатів в експериментальному комплекті приладу для діагностичного контролю ТЕП за допомогою спектрографа (рис.2) ілюструють надійність використання експериментального комплекту діагностичного приладу в умовах перешкод від різних джерел. Ілюстрація на рисунку отримана при рівні інформаційного сигналу  $-13,7\text{dB}$ , що відповідає умовам, коли перешкоди в 5,3 рази переважали над корисним сигналом.

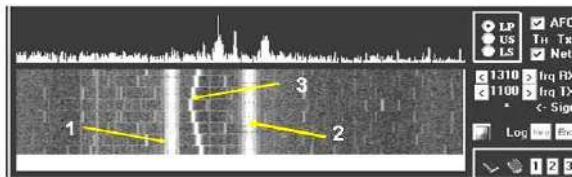


Рисунок 2 – Спектрограма контролю температури з електронними мітками прийнятого допустимого інтервалу варіювання параметра: 1, 2 – мітки нижнього і верхнього рівнів;  
 3 – контрольований параметр

## **ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

**Семещук О.С.**

*Науковий керівник - Шавкун В.М., канд. техн. наук, доцент*

З усього різноманіття засобів діагностування в електротехніці найбільше застосування в даний час знаходять апаратні засоби для визначення працездатності та справності окремих складальних одиниць електричного обладнання. Програмні та програмно-апаратні засоби діагностування широко впроваджуються у міру поширення мікропроцесорних систем та обчислювальної техніки.

Важливість забезпечення надійності електричних машин міського електротранспорту на основі застосування методів і засобів діагностики висуває до останніх високі вимоги.

При проектуванні та експлуатації засобів діагностування ці вимоги характеризуються:

- номінальними і допустимими значеннями вхідних і вихідних сигналів;

- статичною та динамічною точністю їх вимірювання;
- глибиною діагностування (числом діагностованих сигналів);
- достовірністю діагностування;
- технічною і метрологічною надійністю;
- способом зв'язку з об'єктом діагностування;
- формою представлення результатів.

Перераховані показники взаємопов'язані і повинні бути узгоджені між собою. Технічні засоби діагностування можуть мати похибку вимірювання, що задовольняє ряду  $\pm 5$ ;  $\pm 2,5$ ;  $\pm 1$  %.

На величину похибки впливають:

- вид сигналу (аналоговий або дискретний);
- спосіб і форма передачі інформації;
- статичні і динамічні характеристики контрольованих параметрів електричних машин.

Таким чином, під час виконання діагностування, можна підвищити достовірність одержаних результатів за оцінкою стану об'єкту. Це завдання може бути вирішено повторним виконанням тієї або іншої операції та порівнянням результатів.

## **СУЧАСНІ ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТРОЛЕЙБУСІВ З АВТОНОМНИМ ХОДОМ**

**Ткач А.В.**

*Науковий керівник – Доманський В.Т., д-р техн. наук, професор*

Тролейбус займає особливе місце серед міського пасажирського транспорту. Доведено, що це найбільш екологічний вид транспорту після метро. Це малOSHумний вид громадського транспорту. Сучасні тролейбуси за рівнем комфорту не поступаються автобусам і навіть перевершують їх.

Тролейбусні системи розглядаються як більш гнучкі в плані експлуатації. Серед переваг можна також відзначити: відсутність забруднення повітря продуктами згоряння; тривалий термін служби рухомого складу тролейбуса; витрати на обслуговування тролейбусного парку менше, ніж, наприклад, на обслуговування автобуса.

В даний час в світі більше 400 міст, які використовують тролейбуси як наземного транспорту і майже 40 000 тролейбусів курсують за своїми маршрутами, 75% з яких - в країнах Східної Європи. Тролейбуси з успіхом функціонують у багатьох великих містах планети, у тому числі у Ванкувері, Сан-Франциско, Женеві, Ліоні, Зальцбурзі, Афінах, Веллінгтоні - у багатьох з них тролейбуси складають основу міської транспортної системи. Найбільший тролейбусний парк в Європі (за винятком США) знаходиться в Афінах. Загальна протяжність контактної мережі більше 350 км.

Застосування нових гібридних тролейбусів дозволяє продовжити існуючі тролейбусні маршрути на 10-15 кілометрів та розширити тролейбусну маршрутну мережу за рахунок можливості пересування від однієї тролейбусної лінії до іншої. Новий тролейбус з можливістю автономного ходу крім екологічних дозволяє вирішувати проблеми забезпечення жителів віддалених мікрорайонів громадським транспортом. Це дає можливість обійтися без будівництва контактної мережі та тягових підстанцій, допоможе заощадити міський бюджет.

Але під час експлуатації рухомого складу виникають відмови різного характеру, зокрема, відмови силового електрообладнання, наприклад, тягових електричних двигунів (ТЕД). Багато у чому вони залежать від властивостей конструкції, матеріалів, режимів навантаження та умов експлуатації. Кількісно вони можуть оцінюватися імовірісно-статистичними характеристиками.

Елементна база ТЕД має значну кількість різного роду з'єднань між деталями, що утворюють вузли, якість яких визначається умовами виготовлення, а постійність характеристик - умовами експлуатації.

Аналіз статистичних даних відмов показав, що природа їх виникнення і наслідки залежать від складності структури, функціональних зв'язків параметрів ТЕД і різноманіття впливу експлуатаційних факторів.

У зв'язку з цим виникає завдання більш глибокого вивчення імовірно-статистичних властивостей відмов елементів системи, на підставі яких буде можливо отримати оцінки надійності системи, при раціональному підборі параметрів надійності елементів тягових електричних двигунів.

У процесі роботи електричного обладнання тролейбусів, зокрема тягових електричних двигунів, відбувається деградація параметрів ряду його елементів, що у кінцевому підсумку призводить до наступних найбільш значущих негативних наслідків:

- втрати працездатності тягових електричних двигунів (ТЕД);
- наявності на корпусі двигуна небезпечної для пасажирів і персоналу напруги;
- збільшеного проти природного темпу зношування окремих елементів тягового електричного двигуна;
- підвищених вібрацій з негативним впливом на комфортність поїздки і безвідмовність роботи інших елементів тролейбуса, що ушкоджуються вібрацією двигуна.

Таким чином, технічний стан ТЕД впливає на рівень обслуговування пасажирів, а саме на безвідмовність рухомого складу, комфортність, електробезпеку, економічні показники тощо.

Одним з більш важливих напрямків роботи з істотного підвищення продуктивності праці, скорочення витрат на утримання та експлуатацію тролейбусів є удосконалення технологічних процесів із застосуванням сучасних методів і засобів діагностування, сучасної нової техніки, тобто здійснення заходів щодо механізації та автоматизації технічного обслуговування і ремонту сучасних тролейбусів в умовах депо.

## **ПОКАЗНИКИ ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

*Лиман К.В.*

*Науковий керівник – Далека В.Х., д-р техн. наук, професор*

Надійність рухомого складу закладається при його проектуванні і доведенні дослідного зразка, забезпечується в процесі виробництва і як одне з найважливіших експлуатаційних властивостей проявляється і підтримується в експлуатації. Тому розрізняють конструктивну, виробничу і експлуатаційну надійність рухомого складу.

У теорії надійності розглядаються у взаємозв'язку різні питання і методи створення та експлуатації рухомого складу: теорія фізико-хімічного старіння, статистична теорія надійності (методи оцінки та

розрахунку надійності, збору і аналізу даних, про відмови і несправності), методи виробництва рухомого складу (методи оцінки якості деталей за показниками надійності, культура виробництва, економіка виробництва), методи забезпечення надійності в умовах експлуатації (обґрунтування режимів технічного обслуговування і ремонтів), економіка надійності рухомого складу.

Рішення складних проблем надійності сучасного рухомого складу потребує глибокого теоретичного вивчення фізико-хімічних процесів, що викликають знос і поломку деталей рухомого складу, і розробці на цій базі відповідних практичних рекомендацій по конструюванню, виробництву і експлуатації рухомого складу.

Надійність рухомого складу не залишається постійною всього терміну служби. У міру зношування деталей, накопичення в них необоротних процесів (втомних явищ, зношування, корозії) збільшується ймовірність появи несправностей і відмов. Новий рухомий склад має більш високу надійність в порівнянні з рухомих складом, що має великий пробіг або пройшли капітальний ремонт.

Для поліпшення експлуатаційних властивостей рухомого складу і підвищення техніко-економічних показників (безпека руху, продуктивність, економічність, рентабельність) необхідно знати причини і закономірності зміни його технічного стану, які залежать від надійності агрегатів, вузлів, систем і транспортних засобів в цілому.

Показники надійності транспортної техніки зазвичай визначаються до надходження її в експлуатацію. Однак відтворити умови реальної експлуатації в цей період неможливо. Тому дослідження продовжують і після надходження рухомого складу в депо. Систематично вивчаються технічний стан рухомого складу і зміни, що відбуваються в результаті експлуатації, виявляються необхідні конструктивно-технологічні доробки, оцінюються фактична надійність і розробляється комплекс заходів щодо її підвищення

Система збору та обробки інформації повинна забезпечити вирішення таких основних завдань:

- визначення причин виникнення відмов і несправностей;
- визначення фактичного рівня надійності рухомого складу в різних умовах експлуатації, а також розробка нормативів показників надійності рухомого складу;
- розробка та оцінка заходів, спрямованих на підвищення надійності рухомого складу як основи безпеки дорожнього руху та своєчасності виконання перевезень пасажирів;
- обґрунтування ресурсів і термінів служби рухомого складу і його агрегатів;

- обґрунтування режимів технічного обслуговування рухомого складу;
- обґрунтування норм витрат оборотних агрегатів, запасних частин матеріалів;
- розробка та вдосконалення технічних вимог до виробництва рухомого складу для підвищення надійності і поліпшенню експлуатаційної технологічності рухомого складу.

Надійність, як складне властивість включає в себе чотири основних властивості: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість.

Показники безвідмовності оцінюються теоретичними (точними) і статичними (наближеними) рівняннями для регламентованих умов експлуатації, технічного обслуговування, ремонту, зберігання і транспортування. На практиці зазвичай користуються статистичними рівняннями. Неминучі коливання якості матеріалів, виробничих факторів і умов експлуатації призводять до різноманітних проявів показників, що характеризують надійність рухомого складу. Внаслідок цього показники безвідмовності розглядають як імовірнісні статистичні величини, засновані на достатній інформації.

## **ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ВЕНТИЛЬНИХ ІНДУКТОРНО-РЕАКТИВНИХ ДВИГУНІВ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ**

*Камлук О.С., Каноненко О.А.*

*Науковий керівник – Петренко О.М., д-р техн. наук, доцент*

Вентильні індукторно-реактивні двигуни (ВІРД) є вельми перспективними перетворювачами електричної енергії в механічну, вони складають майбутню основу привода більшості механізмів, які використовуються наразі у всіх царинах людської діяльності.

ВІРД є відносно новим типом електромеханічного перетворювача енергії. Тому його просування на ринку відбувається досить повільно. Проте вже зараз багато електротехнічних фірм світу або розглядають можливість серійного випуску ВІРД або вже виробляють його. Так наприклад,

– англійська фірма Allenwest виготовляє загальнопромислові електроприводи потужністю 7,5–22 кВт;



- науково-виробниче об'єднання «Горные системы» виробляє ВІРД для проведення випробувань гідроагрегатів;
- американська фірма Magna Physics серійно виробляє електроприводи потужністю 10–1500 Вт;
- італійська фірма Sicme Motor сумісно з SRDL випускає серію приводів RELU–SPEED потужністю 9–140 кВт з частотою обертання 3000 об/хв;
- Emerson Electric Co щоденно випускає 2000 пральних машин, в котрих використовуються ці двигуни;
- АМС сумісно з NEC/Densai (Японія) випускає вентиляційно-індукторні двигуни для електротранспорту.

Такий прогноз ВІРД отримують завдяки надзвичайно вдалому сполученню комплексу експлуатаційних і конструктивних характеристик. Здатність легко змінювати частоту обертання з блоку комутатора, високий ККД, нескладний ремонт, технологічна простота виробництва з одного боку, і максимальна простота та відносно невелика ціна в сполученні з високою експлуатаційною надійністю та безпекою при мінімальному обслуговуванні – з іншого.

За останні десять років доля вживання ВІРД в регульованому електроприводі зросла у вісім разів і досягла 8%. Видно, ця цифра зростатиме.

Перспективи подальшого зростання ефективності електромеханічного перетворення енергії пов'язані з безпосереднім управлінням цим процесом, що обумовлює підвищений інтерес з боку електромеханіків до систем регульованого електроприводу. В даний час велика частина таких пристроїв реалізована на основі традиційних типів електричних машин. Система управління в них здійснює управління перетворенням енергії, але не є невід'ємною його частиною. Такі приводи орієнтовані на вживання у випадках різкозмінного характеру навантаження і не забезпечують універсального підвищення ефективності перетворення енергії. У певному значенні регульований електропривод з традиційними електричними машинами відображає еволюційний хід розвитку електромеханіки.

Якісний стрибок в цьому напрямі позначений розробкою інтелектуальних електромеханічних перетворювачів енергії, які одночасно здійснюють і перетворення енергії, і управління ним. Ці пристрої є з одного боку електричною машиною, а з іншої - інтегрованою системою регульованого електроприводу. Їх особливість полягає в тому, що система управління є невід'ємною частиною процесу перетворення енергії, що відкриває широкі можливості у сфері як розробки алгоритмів управління, так і використання принципово нових конструкцій елект-

ричних машин. Одним з інтелектуальних електромеханічних перетворювачів енергії є вентильний індукторно-реактивний двигун (ВІРД).

ВІРД є кроковим двигуном, що працює в режимі постійного обертання. Тому його можна віднести до класу синхронних реактивних машин. У світовій технічній літературі ВІРД має багато інших назв: керований вентильний реактивний двигун, комутований реактивний двигун із змінним магнітним опором, електронно-комутований двигун, безконтактний реактивний двигун, двигун з електромагнітною редукцією. Така різноманітність термінів для позначення одного об'єкту, пояснюється відносно малим віком даної електричної машини і складністю електромеханічного перетворення енергії в ній. Складність його настільки висока, що відобразити специфіку цього процесу в декількох словах назви практично неможливо.

Бурхливий розвиток ВІРД почався приблизно 20 років тому. В той же час слід зазначити, що сама концепція цієї електричної машини була сформульована ще в кінці тридцятих років ХІХ століття. Перший двигун був створений Девідсоном і використовувався на залізниці Глазго-Едінбург для приведення в рух локомотиву масою декілька тонн. Через недосконалість елементної бази (у першому ВІРД використовувався механічний комутатор) масового вживання ці електричні машини у той час не знайшли і про них забули більш ніж на сто років.

Друга половина ХХ століття характеризувалася з одного боку стрімким розвитком силової і інформаційної електроніки, а з іншої - все що зростають вимоги, пред'являються до електричних машин, яким традиційним типам електромеханічних перетворювачів енергії ставало все важчим і важчим задовольняти. Це створило передумови і забезпечило технічну базу для розробки і виробництва ВІРД. В даний час багато найбільших електротехнічних компаній світу або вже серійно виробляють ці електричні машини, або готуються до цього.

Останніми роками вентильно-індукторні двигуни (ВІРД) викликають підвищений інтерес. У іноземній літературі їх називають Switched Reluctance Motors (SRM). У багатьох випадках вони успішно конкурують з синхронними, вентильними і асинхронними двигунами, хоча і відносяться до класу реактивних машин, що мають порівняно невисокі показники для традиційних виконань. Причиною цього є наступні достоїнства ВІРД:

- підвищені магнітні індукції в повітряному проміжку;
- підвищені лінійні навантаження завдяки розміщенню простих котушкових обмоток на периферії статора;
- проста конструкція статора і ротора;

- прості комутатори, що забезпечують циклічне однополярне підключення фазних обмоток до джерела постійного струму;
- низька вартість.

ВІРД інтенсивно упродовжуються в системи електроприводів в промисловості і на транспорті, в медичну і побутову техніку. Розвиток цього нового класу машин відбувається як у напрямі поглиблення їх теорії, методів розрахунку і проектування, так і в на-правлінні пошуку нових модифікацій, що володіють загальними і специфічними достоїнствами стосовно різних областей техніки.

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ ЧОТИРЬОХКОЛІСНОЇ ПЛАТФОРМИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ**

*Далецька І.П.*

*Науковий керівник – Донець О.В., канд. техн. наук, доцент*

Застосування електроприводу дозволяє найбільш ефективно вирішити проблему підвищення екологічної безпеки АТС. Основною перешкодою на шляху широкого впровадження електроприводу на автомобільному транспорті (АТ) є недосконалість традиційного джерела електричної енергії і електронної системи його управління. Застосовувані технології проектування електромобіля пов'язані з високими матеріальними і фінансовими витратами. У нашій країні і за кордоном ведеться пошук оптимальних рішень по створенню принципово нових транспортних силових установок. У ситуації, що склалася необхідні нові стимулюючі економічні механізми практичної їх реалізації.

Досягнуті результати провідних зарубіжних фірм дозволили вирішити концептуальні технічні проблеми електричного приводу. Достовірні відомості матеріальних і фінансових витрат складають стратегічну комерційну таємницю. Настав важливий комерційний етап практичної реалізації електричного приводу, пов'язаний з переходом від витратного методу фінансування до механізму, орієнтованого на зворотні інвестиції Промисловість і великі приватні компанії виявляють підвищену цікавість до фундаментальних розробок в автомобілебудуванні, істотно підвищують конкурентоспроможність електричного приводу на автомобільному транспорті.

Широка реалізація електричного приводу на автомобільний транспорт, що має стратегічне значення для сучасного індустріального суспільного розвитку, пов'язана з підвищеними фінансовими і матеріальними витратами індивідуального споживача високотехнологічної продукції. Актуальним завданням на даному етапі є розробка методу

оцінки економічної та соціально-екологічної ефективності результатів застосування електроприводу на автомобільному транспорті.

Електронна система управління виконує в електричному автомобілі кілька функцій, спрямованих на забезпечення безпеки, енергозбереження і комфорт пасажирів:

- управління високою напругою;
- регулювання тяги;
- забезпечення оптимального режиму руху;
- управління плавним прискоренням;
- оцінка заряду акумуляторної батареї;
- управління рекуперативним гальмуванням;
- контроль використання енергії.

Конструктивно система об'єднує ряд вхідних датчиків, блок управління і виконавчі пристрої різних систем електромобіля. Вхідні датчики оцінюють становище педалі газу, педалі гальма, селектора перемикачів передач, тиск в гальмівній системі, ступінь заряду акумуляторної батареї. На підставі сигналів датчиків блок управління забезпечує оптимальне для конкретних умов рух електромобіля. Основні параметри роботи електромобіля (споживання енергії, відновлення енергії, залишковий заряд акумуляторної батареї) візуально відображаються на панелі приладів.

Одна з найсерйозніших проблем експлуатації електромобіля його невисока ступінь автономності. Величина пробігу електромобіля без підзарядки залежить від багатьох факторів: ємності акумуляторної батареї, характеру і умов руху, стилю водіння, ступеня використання допоміжних систем. В даний час середня дальність використання електромобіля складає близько 150км при швидкості руху 70км /год. При русі з більшою швидкістю, пробіг різко зменшується, наприклад, при швидкості 130км/год (нормальна шосейна швидкість) він становить вже 70км. Саме тому електромобіль в більшості своїй позиціонується як транспортний засіб для міських поїздок.

Сучасні технології дозволяють збільшити ступінь автономності електромобіля до 300 і більше км, серед яких слід відзначити систему рекуперативного гальмування (повертає до 30% енергії, що витрачається), акумулятори підвищеної ємності, електронна оптимізація процесів руху.

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВАГОНА МЕТРО В РЕЖИМІ ГАЛЬМУВАННЯ**

***Криволап С.В.***

*Науковий керівник – Донець О.В., канд. техн. наук, доцент*

Втрата електроенергії на тягу при імпульсному безреостатному пуску й рекуперативно-реостатному гальмуванні тягових машин складається із втрат: на тягових підстанціях і в контактній мережі, у тиристорних перетворювачах, зубчастих передачах, на подолання основного опору руху.

На тягових підстанціях метрополітену встановлюють випрямні агрегати УВКМ-5М, УВКМ-6, коефіцієнт корисної дії яких при випрямленому струмі 1600-3200А становить 97,5%. З урахуванням втрат у зрівнювальних реакторах к.п.д. тягової підстанції може бути прийнятий 0,95.

Втрати в контактній мережі являють собою різницю між енергією, що надійшла від підстанції, і енергією, споживаної електропоїздом. Енергопостачання вагонів здійснюється від контактної рейки, що має площу перерізу 6600 мм<sup>2</sup> і питомий опір 0,122- 0,134 Ом · мм<sup>2</sup>/м. Повний опір тягової мережі являють собою суму опорів контактної рейки, рейкової колії, що живлять і відсмоктують кабелів.

Втрати потужності в тяговій мережі:

Середній к.к.д. тягової мережі метрополітену при напрузі 825В становить 0,92 – 0,94.

Втрати в тягових машинах складаються із втрат: електричних, у сталі, механічних і додаткових. Як відомо, електричні втрати в обмотках тягової машини:

Додаткові втрати для машин постійного струму при номінальному навантаженні приймають при відсутності компенсаційної обмотки рівними 1% підведеної потужності. Для інших навантажень ці втрати перераховують пропорційно квадрату струму навантаження. У машинах постійного струму потужність до 500 кВт механічні втрати становлять відповідно близько 0,2 – 1% номінальної потужності машини. Механічні втрати складаються із втрат: у підшипниках, на тертя щіток об колектор і вентиляційних.

Втрати в сталі складаються із втрат на гістерезис і вихрові струми.

Тому що неврахування втрат у сталі, механічних і додаткових втрат у процесі розгону до виходу на природну характеристику повного збудження здатний змінити витрата енергії на тягу не більше ніж на 3% (при реально очікуваних технічних швидкостях), а їхній наближений облік у цьому діапазоні швидкостей не може дати відчутних погіршень, припустимо враховувати залежність втрат у сталі й механічних втратах від швидкості руху квадратичною параболою:

При використанні для пуску тягових машин імпульсного регулятора напруги із силового кола вагона пускові резистори виключаються. Однак це не означає, що втрати при пуску зменшилися на значення

втрат у пускових резисторах. Тиристорно-імпульсний регулятор не є ідеальним перетворювачем, що не має втрат. В елементах перетворювача (тиристорах, діодах, конденсаторах, реакторах) у процесі їхньої роботи виділяється енергія, що перетворюється в цих елементах у теплову. Для виключення неприпустимого нагрівання елементів перетворювача необхідно, щоб перетворювач мав гарну вентиляцію.

У розроблених для вагонів метрополітену перетворювачах число  $n$  робочих тиристорів включених послідовно, і зворотних діодів однаково, а число  $m$  паралельних вентилів вибирається таким чином, щоб середній струм через прилад не перевищував припустимого значення. У цьому випадку для спрощення розрахунків втрати в робочих тиристорів і зворотних діодів, обтічних струмом у плині частини періоду, можна дорівняти до втрат в умовній групі напівпровідникових приладів, по яких протікає струм  $I$  протягом усього періоду.

## **УЗАГАЛЬНЕНИЙ КРИТЕРІЙ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ**

***Васенко В.О.***

*Науковий керівник – Шавкун В.М., канд. техн. наук, доцент*

Існує відомий ряд критеріїв, які використовуються для кількісної оцінки ефективності діагностування. Проте вибір того або іншого критерію представляє досить складне завдання, що пояснюється необхідністю одночасного обліку якості функціонування діагностичної апаратури, техніко-економічних можливостей і економічної доцільності здійснення діагностування. Зазвичай до обраного критерію висовуються наступні вимоги:

1) необхідність обліку технічних показників як об'єкту, так і засобів діагностики;

2) можливість порівняння різних діагностичних засобів і визначення шляхів підвищення їх технічних показників;

3) простота обчислення при виконанні інженерних розрахунків.

Більш за все цим вимогам задовольняє так званий узагальнений критерій ефективності діагностики ( $E_{ef}$ ), який враховує вплив усіх складових діагностичного комплексу: оператора (О), об'єкту діагностики (ОД) і технічних засобів діагностики (ТЗД). На рисунку 1 представлено структуру діагностичного комплексу.

В якості узагальненого критерію вибирається імовірність  $E_{ef}$  виконання об'єктом поставлених перед ним завдань. Згідно з загальною структурою діагностичного комплексу (ДК) (рис. 1):

$$E_{эф} = W_d \rho_1, \quad (1)$$

де  $W_d$  - імовірність правильного визначення стану об'єкту;

$\rho_1$  - імовірність відсутності несправностей в неконтрольованій частині (НКЧ) об'єкту діагностування (ОД) впродовж часу  $T_1$ .

У свою чергу, імовірність  $W_d$  залежить від засобів діагностики (ЗД) і діяльності оператора (О):

$$W_d = V_1 V_2, \quad (2)$$

де  $V_1, V_2$  - імовірності правильної оцінки стану об'єкта, які визначаються відповідно технічними засобами і діяльністю оператора.

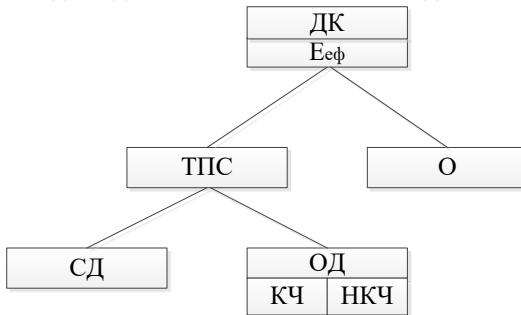


Рисунок 1 - Структура діагностичного комплексу:

ДК – діагностичний комплекс; ТПС – технічна підсистема;

Еэф – критерій ефективності діагностики; О – оператор; ОД – об'єкт діагностики; СД – система діагностики; КЧ – контрольована частина; НКЧ – неконтрольована частина

Такий підхід до оцінки ефективності процесу діагностування дозволяє побудувати ієрархічне дерево показників, враховуючи вплив на ефективність усіх компонентів діагностичного комплексу. Подібне дерево приведене на рис. 2 і має шість рівнів (I-VI).

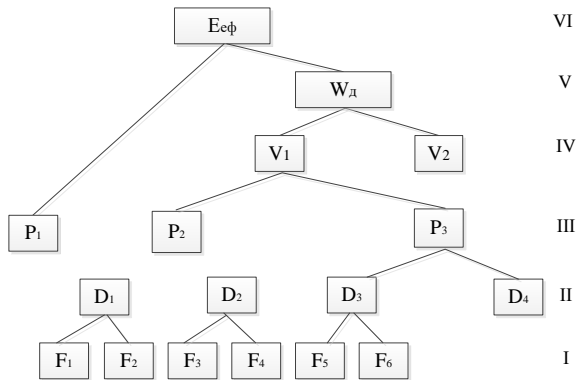


Рисунок 2 – Ієрархічне дерево показників ефективності діагностики

Кожна із складових  $V_i$  може залежати від декількох величин. Так, наприклад, величина  $V_1$  визначається достовірністю результату діагностування і якістю функціонування засобів, що застосовуються, тобто

$$V_1 = \rho_2 \rho_3, \quad (3)$$

де  $\rho_2$  - достовірність результату діагностування;

$\rho_3$  - імовірність правильного функціонування технічних засобів у період здійснення контролю за станом об'єкта.

Кожна з  $\rho_R$  також визначається декількома величинами. Так достовірність результату діагностування:

$$\rho_2 = D_1 D_2, \quad (4)$$

де  $D_1$  і  $D_2$  - методична та інструментальна достовірність діагностування

Таким чином, імовірність правильного функціонування технічних засобів  $\rho_3$  визначається показниками безвідмовності і готовності використовуваних у процесі діагностування технічних засобів. Аналогічно кожен з показників  $D_m$  розчленовується на окремі складові  $F_i$  характеризуючі окремі їх сторони.

Наприклад, методична достовірність діагностування:

$$D_1 = F_1 F_2, \quad (5)$$



де  $F_1$  і  $F_2$  – достовірність алгоритму і методу діагностування.

Природно, що кількість показників і їх сенс можуть змінюватися залежно від специфіки діагностичного комплексу. Проте істотним є те, що подібний підхід може бути використаний для оцінки ефективності діагностування практично при будь-якому технічному об'єкті.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ВІД СТРУМІВ ВИТОКУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

*Ізмалкін А.В.*

*Науковий керівник – Закурдай С.О., канд. техн. наук, доцент*

Основою забезпечення електробезпеки пасажирів і обслуговуючого персоналу є підтримка на заданому рівні технічного стану ізоляції електричного обладнання тролейбуса. З огляду на те, що в експлуатації відбувається старіння і руйнування ізоляції, необхідний систематичний контроль струму витоку і усунення несправностей ізоляції як при планових ремонтах і технічних обслуговуваннях, так і при роботі на лінії. Контроль за технічним станом електричної ізоляції тролейбуса здійснюється при:

- щоденному обслуговуванні (ЩО) і технічному обслуговуванні першого обсягу (ТО-1) за рахунок контролю струму витоку;
- технічне обслуговування другого обсягу (ТО-2). Проводиться вимір опору ізоляції за елементами, визначається струм витоку;
- середніх ремонтах (СР). Проводиться візуальне обстеження стану ізоляції електрообладнання та поелементні заміри опору ізоляції високовольтного і низьковольтного устаткування, вимірюється загальний опір ізоляції, а також визначається струм витоку.

Велика кількість випадків ураження людини струмом витоку при зіткненні з корпусом тролейбуса в умовах його роботи на лінії привело до необхідності безперервного дистанційного контролю сили струму витоку в процесі експлуатації. У великому різноманітті пристроїв безперервного контролю струмів витоку існуючих на сьогодні, жодна з них не знайшла широкого поширення по ряду причин. Одним із загальних недоліків існуючих пристроїв є те, що вони не можуть бути використані в ізольованій системі електропостачання. Тому створення універсального пристрою, що відповідає всім пропонованим до них вимогам є пріоритетом при вирішенні задач електробезпеки.

Метою кваліфікаційної роботи є вирішення актуальної проблеми оцінки і розрахунку інтегральної величини струму витоку тролейбуса на основі комплексного підходу при аналізі електромагнітних процесів з

урахуванням фізичних властивостей ізоляції силових ланцюгів електроу-  
статкування тролейбуса і електричної мережі в різних режимах роботи, а  
в прикладному плані розробка методики безперервного дистанційного  
контролю сили струму витoku тролейбуса і створення на її основі при-  
строю безперервного дистанційного контролю сили струму витoku тро-  
лейбуса.

Актуальність роботи полягає в створенні методів і засобів, що  
дозволяють виключити випадки поразки електричним струмом па-  
сажирів і персоналу.

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ ПЛАВНОГО ПУСКУ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА**

*Мануїлова Е.Г.*

*Науковий керівник – Донець О.В., канд. техн. наук, доцент*

Електропривод - електромеханічний пристрій для приведення в  
рух механізму або машини, в якому джерело механічної енергії - елек-  
тричний двигун. У електричний привід входять також передатний ме-  
ханізм, преобразовательное пристрій і апаратура управління. У авто-  
матизованому електричному приводі управління здійснюється з вико-  
ристанням засобів автоматики, у тому числі мікропроцесорної техніки.

Електропривод найчастіше використовується для здійснення ба-  
гатооборотного обертального руху робочих органів машин.

Асинхронний електродвигун - асинхронна електрична машина,  
працююча в руховому режимі. Найбільш поширений трифазний асин-  
хронний електродвигун (винайдений в 1889 М.О. Доливо-  
Добровольским). Асинхронні електродвигуни відрізняються відно-  
сною простотою конструкції і надійністю в експлуатації, проте мають  
обмежений діапазон частоти обертання і низький коефіцієнт потужно-  
сті при малих навантаженнях. Потужність від доль  $Vm$  до десятків  
 $MVm$ .

Одній з актуальних проблем теорії і практики електроприводу  
являється створення масового регульованого електроприводу змінного  
струму, у тому числі на основі короткозамкнених асинхронних двигу-  
нів. Ця тенденція обумовлена тим, що сучасні технологічні процеси  
пред'являють усе більш високі вимоги до керованості електроприводу,  
до показників якості його роботи в перехідних режимах, що встанови-  
лися. В той же час основним типом масового електроприводу є нере-  
гульований електропривод на базі асинхронного двигуна. Асинхронні  
двигуни потужністю до  $20\text{ кВт}$  складають більше 90% від загальної  
кількості використовуваних асинхронних двигунів, споживаючи біль-  
ше 75% електроенергії, що припадає на частку асинхронних двигунів.

Частотне управління двигуна, забезпечуючи якісне і економічне регулювання швидкості асинхронних електроприводів (ЕП), вимагає для своєї реалізації відносно дорогих і складних перетворювачів частоти (ПЧ). Наладка і експлуатація таких ЕП, особливо при невисокій кваліфікації обслуговуючого персоналу і складних умовах роботи ЕП, пов'язана з певними труднощами.

Порівняння імпульсного, квазічастотного і фазового управління швидкістю асинхронного електроприводу

Асинхронний електропривод з керованим моментом принципово дозволяє виконати умову  $M_D = M_C$  при заданій швидкості двигуна, тобто забезпечити роботу в режимі, що встановився, при різних значеннях  $\omega$  реалізуючи таким чином регулювання швидкості двигуна. При використанні тиристорного перетворювача напруги (ТПН) можливі такі методи регулювання швидкості, як імпульсне регулювання (системи з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ) не розглядаються), квазічастотне регулювання і фазове регулювання в замкнутих системах із зворотним зв'язком за швидкістю. Вказані способи, не відрізняючись високими енергетичними показниками, характеризуються відносною простотою реалізації, що дозволяє успішно застосовувати їх при управлінні різними механізмами.

Відомо, що найбільш економічним і ефективним способом регулювання швидкості АД є частотний спосіб. Структури ТПН можуть стати основними для створення простих ПЧ з мінімальною кількістю вентилів. Найпростішим ПЧ являється маловентильний одинімпульсний безпосередній перетворювач частоти (БПЧ) з бестрансформенним живленням від промислової мережі, що забезпечує одноразове перетворення електроенергії. При застосуванні маловентильних БПЧ покращуються массогабаритные і надійнісні показники системи електроприводу, але при цьому має місце погіршення енергетичних і регулювальних характеристик. Схема силових кіл простого одинімпульсного БПЧ з природною комутацією є схемою неререверсивного ТПН. Залежно від алгоритму управління тиристорами ТПН-БПЧ реалізується або фазове, або так зване «квазічастотне» управління (КЧУ).

У неререверсивних ТПН, що виконують функції БПЧ, регулювання вихідної частоти можливе, очевидно, тільки у бік її зменшення відносно частоти мережі шляхом завдання певної послідовності незалежній (статор АД сполучене в зірку з нулем) або залежній (статор АД сполучене в зірку без нуля) природній комутації тиристорів у фазах, а регулювання вихідної напруги забезпечується зміною кута  $\alpha$ .

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМИ РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ ТРАМВАЙНО-ТРОЛЕЙБУСНИХ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ м. МАРІУПОЛЯ**

***Кошкош О.І.***

*Науковий керівник – Донець О.В., канд. техн. наук, доцент*

З усіх споживачів електроенергії найбільш енергоємними є підприємства, житлові та громадські будівлі. Передача та розподіл електричної енергії між споживачами залежно від величини і місцевих умов міста здійснюється за відповідною системою електропостачання.

На сьогоднішній день слід констатувати той факт, що розвинена на найвищому рівні галузь, що має обладнання світового рівня, великі можливості з експорту електроенергії, переживає один з найбільш тяжких періодів розвитку.

Проблеми, що накопичувалися роками, сьогодні сконцентрувалися і з'явилися в усьому обсязі і вирішувати їх необхідно дуже швидко і ефективно.

Електрична енергія є єдиним видом продукції, для переміщення якого від місць виробництва до місць споживання не використовуються інші ресурси. Для цього витрачається частина самої переданої електроенергії, тому її втрати неминучі, завдання полягає у визначенні їх економічно обґрунтованого рівня. Зниження втрат електроенергії в електричних мережах до цього рівня - один з важливих напрямків енергозбереження.

Протягом усього періоду з 1991р. по 2003р. сумарні втрати в енергосистемах України росли і в абсолютному значенні, та у відсотках відпуску електроенергії в мережу. Зростання втрат енергії в електричних мережах визначено дією цілком об'єктивних закономірностей у розвитку всієї енергетики в цілому. Основними з них є: тенденція до концентрації виробництва електроенергії на великих електростанціях; безперервне зростання навантажень електричних мереж, пов'язаний з природним зростанням навантажень споживачів і відставанням темпів приросту пропускної здатності мережі від темпів приросту споживання електроенергії і генеруючих потужностей.

У зв'язку з розвитком ринкових відносин у країні значимість проблеми втрат електроенергії істотно зросла. Розробка методів розрахунку, аналізу втрат електроенергії та вибору економічно обґрунтованих заходів щодо їх зниження ведеться у ВНПЕ вже більше 30 років. Для розрахунку всіх складових втрат електроенергії в мережах всіх класів напруги АО-енерго і в обладнанні мереж і підстанцій та їх нормативних характеристик розроблено програмний комплекс, що має

сертифікат відповідності, затверджений ЦДУ ЄЕС України, Головного енергонаглядом України та Департаментом електричних мереж РАО "ЄЕС України".

У зв'язку зі складністю розрахунку втрат і наявністю істотних похибок, останнім часом особлива увага приділяється розробці методик нормування втрат електроенергії.

Методологія визначення нормативів втрат ще не встановили. Не визначені навіть принципи нормування. Думки про підхід до нормування лежать в широкому діапазоні - від бажання мати встановлений твердий норматив у вигляді відсотка втрат до контролю за "нормальними" втратами за допомогою постійно проведених розрахунків за схемами мереж з використанням відповідного програмного забезпечення.

За отриманими нормам втрат електроенергії встановлюються тарифи на електроенергію. Регулювання тарифів покладається на державні регулюючі органи ФЕК і РЕК (федеральну і регіональні енергетичні комісії). Енергопостачальні організації повинні обґрунтувати рівень втрат електроенергії, який вони вважають за доцільне включити в тариф, а енергетичні комісії - аналізувати ці обґрунтування і приймати або коригувати їх.

У даній роботі розглянута проблема розрахунку, аналізу і нормування втрат електроенергії з сучасних позицій; викладені теоретичні положення розрахунків, наведений опис програмного забезпечення, що реалізує ці положення, і викладено досвід практичних розрахунків.

## **ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

*Семещук О.С.*

*Науковий керівник – Шавкун В.М., канд. техн. наук, доцент*

З усього різноманіття засобів діагностування в електротехніці найбільше застосування в даний час знаходять апаратні засоби для визначення працездатності та справності окремих складальних одиниць електричного обладнання. Програмні та програмно-апаратні засоби діагностування широко впроваджуються у міру поширення мікропроцесорних систем та обчислювальної техніки.

Важливість забезпечення надійності електричних машин міського електротранспорту на основі застосування методів і засобів діагностики висуває до останніх високі вимоги.

При проектуванні та експлуатації засобів діагностування ці вимоги характеризуються:

- номінальними і допустимими значеннями вхідних і вихідних сигналів;
- статичною та динамічною точністю їх вимірювання;
- глибиною діагностування (числом діагностованих сигналів);
- достовірністю діагностування;
- технічною і метрологічною надійністю;
- способом зв'язку з об'єктом діагностування;
- формою представлення результатів.

Перераховані показники взаємопов'язані і повинні бути узгоджені між собою. Технічні засоби діагностування можуть мати похибку вимірювання, що задовольняє ряду  $\pm 5$ ;  $\pm 2,5$ ;  $\pm 1$  %.

На величину похибки впливають:

- вид сигналу (аналоговий або дискретний);
- спосіб і форма передачі інформації;
- статичні і динамічні характеристики контрольованих параметрів електричних машин.

Таким чином, під час виконання діагностування, можна підвищити достовірність одержаних результатів за оцінкою стану об'єкту. Це завдання може бути вирішено повторним виконанням тієї або іншої операції та порівнянням результатів.

## **АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТРОЛЕЙБУСІВ**

*Труш О.Б.*

*Науковий керівник – Шавкун В.М., канд. техн. наук, доцент*

Тролейбусне господарство міста Харкова являє собою сукупність усіх технічних засобів троллейбусного транспорту, куди входять рухомий склад, депо, швидка технічна допомога, лінійні ремонтні пункти, тягові підстанції, кабельна і контактна мережа тощо.

Задачі з підвищення ефективності роботи міського електричного транспорту, зокрема троллейбусів, мають велике значення і повинні бути спрямовані на зниження трудомісткості технічного обслуговування рухомого складу, ощадливій витраті ресурсів і безперебійне обслуговування пасажирів. Важливу роль у вирішенні цих задач відіграє технічна діагностика систем і агрегатів рухомого складу.

Метою роботи є обґрунтування необхідності впровадження та застосування сучасних засобів і методів технічного діагностування рухомого складу електричного транспорту на підприємствах МЕТ.

Встановлено, що умови експлуатації рухомого складу електричного транспорту істотно впливають на працездатність як окремих його

систем і агрегатів так і рухомої одиниці у цілому. Аналіз умов експлуатації полягає в оцінюванні сукупності зовнішніх факторів, які істотно впливають на працездатність систем тролейбусів. До таких факторів належать температура навколишнього середовища, вологість, атмосферний тиск, вібрації тощо. У процесі роботи можливі зміни умов експлуатації.

Енерго- і ресурсозбереження вимагає забезпечення оптимального режиму роботи електротранспорту, його систем, вузлів та агрегатів. Отже, важливим є своєчасний технічний контроль відповідних параметрів.

Діагностування повинно бути складовою частиною процесу керування технічним станом рухомого складу електричного транспорту з метою збереження високої надійності (довговічності і безвідмовності) під час експлуатації при мінімальних затратах.

При діагностуванні визначають, яким діам необхідно піддати обладнання для запобігання відмов і відновлення рівня його працездатності. До таких дій належать операції, скеровані на підвищення або відновлення ресурсу окремих деталей і вузлів, зокрема систем, що забезпечують безпеку руху.

При застосуванні нової форми системи планово-попереджувальних ремонтів (ППР) за даними діагностування можна використовувати такі показники як: напрацювання між діагностуваннями, допустимі без технічних дій відхилення параметрів стану, похибка вимірювання, залишковий ресурс.

Потрібно відзначити, що швидкість зміни параметрів стану навіть одного і того ж елемента в різних системах різна, бо вона відбиває вплив технології виготовлення, режимів роботи і умов експлуатації. У зв'язку з цим на практиці завжди спостерігається розкид значень, параметрів.

На основі обробки статистичних даних та у результаті проведеного аналізу характеру відмов основних систем обладнання тролейбусів та порівняльного аналізу експлуатаційних показників надійності за останні роки, зроблено висновки, що доцільно впровадження та застосування сучасних засобів технічного діагностування основних вузлів і агрегатів систем, що забезпечують безпеку руху, а саме контролювати відповідні параметри. Це підвищить експлуатаційну надійність та економічну ефективність рухомого складу та знизить затрати на його обслуговування.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ГІБРИДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

*Хуружа Д.М., Закурдай В.О.*

*Науковий керівник – Закурдай С.О., канд. техн. наук, доцент*

Гібридний транспортний засіб – це автомобіль, який використовує два або більше двигуна, тобто електродвигун і звичайний двигун (бензиновий або дизель). Електричний двигун працює на більш низьких швидкостях, а двигун внутрішнього згорання – на більш високих.

Гібридні автомобілі стають все більш популярними і більш поширеними. Гібриди – це якісно новий виток еволюції автомобільної техніки, яка вже давно чекала інновацій. Проте, деякі стверджують, що гібриди – це майбутнє автомобільного світу, а інші – просто не визнають автомобіль, який може використовувати в якості палива щось інше, крім дизельного пального або бензину.

Комбінування роботи електричного і звичайного двигуна дозволяє істотно збільшити тягові можливості транспортного засобу. Разом з тим, електронна система управління практично всіх гібридних моделей передбачає перемикання між режимом електроживлення і повноцінного гібридного приводу.

Головна мета створення «гібрида» – допомогти власнику транспортного засобу заощадити паливо і зменшити шкідливі викиди в атмосферу в ті моменти, коли це не відбивається на ходових характеристиках його машини.

Сучасні гібридні автомобілі є високоінтелектуальні пристрої, які здатні в процесі руху самостійно перемикатися з однієї силової установки на іншу.

Актуальність дослідження: Тенденція до переходу на гібридний тип приводу, обумовлена, в першу чергу, намаганням провідних країн світу зменшити власну залежність від постачальників енергоносіїв. Другим важливим чинником є екологічні аспекти, які стають все більш критичними із збільшенням числа транспортних засобів у світі та ростом їх доступності.

Мета дослідження: Вибір вдосконаленої системи керування електроприводу гібридного транспортного засобу.

Порівняння тягових електроприводів з різними типами електричних двигунів (постійного струму, асинхронного, вентильного та ін.) показує, що найбільш перспективним для приводу транспортних засобів є вентильний двигун зі збудженням від постійних магнітів, який в 2...3 рази легше, ніж інші типи двигунів, має максимальний ККД і кращі регульовальні характеристики.

Основна задача тягового електричного двигуна в приводі автомобіля полягає у формуванні необхідної тягової характеристики з необхідними енергетичними показниками.



З точки зору ефективності експлуатації визначені три принципи побудови гібридних силових установок: економічний, енергетичний, екологічний.

Економічний принцип передбачає побудову гібридної силової установки у бюджетному сегменті зі співвідношенням потужності електричного двигуна до потужності ДВЗ у межах  $1/3 \dots 1/2$ , при цьому всі позитивні якості гібридного транспортного засобу, такі як рух у режимі «тільки електрика», заряд блоку ТАБ від зовнішнього джерела енергії, зберігаються. Енергетичний принцип розглядає рух гібридного транспортного засобу з точки зору оптимальної витрати енергії (бензину та електроенергії) з урахуванням ефективного ККД ДВЗ та електричного двигуна. При цьому співвідношення потужності електричного двигуна до потужності ДВЗ складає в межах  $1/2 \dots 1/1$ .

Екологічний принцип характеризує властивість транспортного засобу здійснювати рух за рахунок екологічно чистого двигуна, який отримує живлення від екологічно чистого джерела енергії. При побудові гібридної силової установки за екологічним принципом рух відбувається переважно у режимі «тільки електрика», а система ДВЗ – генераторна установка підключається при вичерпанні енергії у блоці ТАБ. Для здійснення екологічного принципу необхідно використовувати електричні двигуни високої потужності, тому співвідношення потужності електричного двигуна до потужності ДВЗ може бути у межах  $1/1 \dots 2/1$ .

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**Чуриков Д.В.**

*Науковий керівник – Шавкун В.М., канд. техн. наук, доцент*

Діагностування є складовою частиною процесу керування технічним станом електричного транспорту з метою збереження високої надійності (довговічності і безвідмовності) обладнання під час експлуатації при мінімальних затратах. При діагностуванні визначають, яким діям необхідно піддавати обладнання для запобігання відмов і відновлення рівня його працездатності.

Фізико-хімічні процеси зміни властивостей і розмірів деталей та вузлів рухомого складу підпорядковуються певним законам і їх технічний стан можна прогнозувати з певним ступенем точності.

Прогнозування технічного стану обладнання, тобто процес передбачення зміни параметрів в майбутньому, є досить важким технічним завданням та представляє собою актуальність досліджень.

Метою роботи є обґрунтування необхідності впровадження систем діагностування рухомого складу міського електротранспорту.

Існуючі методи прогнозування не дають можливості передбачати раптові відмови, які характеризуються стрибкоподібною зміною параметрів стану деталі або вузла обладнання до граничного значення. Прогнозувати з певним ступенем точності можна поступові відмови, які характеризуються поступовою зміною параметрів технічного стану і зумовлені зносом або старінням матеріалу деталей або вузлів обладнання. Процеси зносу і старіння деталей і вузлів в основному містять детерміновану (визначальну) і випадкову складові, кожна з яких може мати переважаючий вплив для кожного конкретного випадку, що відбивається на характері процесів зносу або старіння.

Основним завданням прогнозування є визначення залишкового ресурсу елементів систем і агрегатів рухомого складу. Завданнями прогнозування під час експлуатації обладнання є скорочення трудомісткості і вартості робіт при поточних ремонтах, бо їх проводять тільки за необхідності, тобто при повному вичерпанні ресурсів деталей і вузлів; визначення строків регульовальних і ремонтних робіт, а при повному виробітку ресурсу – строків заміни обладнання; визначення потрібної кількості запасних частин; скорочення строків перебування обладнання в ремонті, бо будуть відомі елементи і вузли, які підлягають ремонту або заміні; встановлення строків (періодичності) проведення діагностування; перевірка якості виконання регульовальних і ремонтних робіт.

Показники надійності прогнозують за різними критеріями (наприклад, за зниженням міцності від стомлення, динамікою процесу спрацьовування, віброакустичними показниками, показниками вартості й трудовими витратами тощо).

Методи прогнозування поділяють на три основні групи:

1. Методи експертних оцінок, суть яких зводиться до узагальнення, статистичної обробки й аналізу думок спеціалістів.

2. Методи моделювання, що ґрунтуються на основних положеннях теорії подібності й складаються з формування моделі об'єкта дослідження, проведення експериментальних досліджень і перерахування добутих значень із моделі на натуральний об'єкт.

3. Статистичні методи, з яких найширше застосовується метод екстраполяції. У його основі лежать закономірності зміни прогнозованих параметрів у часі. Для опису цих закономірностей підбирають за можливості просту аналітичну функцію з мінімальною кількістю змінних.

Найпоширеніші методи статистичного моделювання, коли як базові матеріали використовують результати технічної діагностики. В цьому разі прогноз треба розглядати як імовірнісну категорію.

У даній роботі розглядається прогнозування залишкового ресурсу. Найпростішим, наближеним методом його реалізації є лінійне прогнозування, коли зміну параметра залежно від напрацювання вважають лінійною.

Погрішності прогнозування можуть бути викликані недостатньою повнотою інформації, її неоднорідністю, низькою точністю вимірювальних інструментів і приладів тощо.

Припустимі межі погрішностей визначають залежно від потрібної точності прогнозування. Щодо прогнозування залишкового ресурсу підвищення міцності досягають, збільшуючи періоди спостережень за зміною діагностичного параметра в міру збільшення наробіток. Економічну оцінку прогнозування роблять на основі витрат матеріальних засобів на дослідження за період прогнозування. Ефективність прогнозування визначають за зміною показника надійності в результаті впровадження.

## **ВИКОРИСТАННЯ МОДУЛЬНИХ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ДЛЯ НАДІЙНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ**

*Івах Ю.С.*

*Науковий керівник – Лукашова Н.П., ст. викладач*

Модульна комплектна тягова підстанція (МКТП) (рис. 1) – це комплексне рішення для надійного електропостачання контактної мережі електричного транспорту. Вона може використовуватися в якості пересувних або стаціонарних розподільних пунктів електричної енергії.

Модульна комплектна тягова підстанція належить до класу напруги 10 (6) кВ і призначена для роботи в автоматичному режимі без необхідності постійної присутності чергового персоналу. Вона оснащена системами робочого і аварійного освітлення, обігріву, вентиляції, кондиціонування, охоронною сигналізацією, системою пожежної сигналізації та системою пожежогасіння.



Рисунок 1 – Модульна комплектна тягова підстанція

### Основні особливості MKТП

*Безпечність.* Блокування і захисту гарантують високий рівень безпеки експлуатації обладнання для обслуговуючого персоналу

*Екологічність.* У виробництві використовуються матеріали, що відрізняються мінімальним впливом на навколишнє середовище. Матеріали утилізовані, і безпечні для людей не тільки при експлуатації, але і по закінченню терміну служби обладнання.

*Мобільність.* Мобільність і можливість переміщення на нове місце експлуатації автомобільним і залізничним транспортом.

#### *Переваги:*

- забезпечення мінімального обсягу будівельних робіт на місці установки;
- високий ступінь готовності до введення в експлуатацію;
- швидкий монтаж (просте підключення первинних і вторинних ланцюгів);
- можливість конфігурації різних схем;
- захист від зломів і демонтажу;
- зручний доступ до обладнання;
- застосування найсучаснішого обладнання;
- відповідність міжнародним вимогам і стандартам.

#### Умови експлуатації:

Робота модульної комплектної тягової підстанції забезпечується при наступних кліматичних умовах:

- висота над рівнем моря до 1000 м;
- граничні робочі значення температури навколишнього повітря: верхнє - плюс 45° С; нижнє - мінус 40° С.

Модулі ТП можуть транспортуватися на платформах автомобільним і/або залізничним транспортом. Конструкцією модулів передбачено пристосування для використання вантажопідйомних механізмів. Внутрішнє обладнання з модулів не демонтується. Окремо транспортуються викатні елементи розподільних пристроїв, сходи, водостік, зовнішній блок системи кондиціонування.

Така установка надає можливість швидкого монтажу, демонтажу і переміщення на нове місце експлуатації, що дозволяє в значній мірі скоротити терміни і обсяг робіт, необхідні для введення модульної комплектної тягової підстанції в експлуатацію. Конструкція забезпечує просте підключення зовнішніх комунікацій.

## **АВТОМАТИЗОВАНІ ПРИВОДНІ ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННІ СИСТЕМИ**

*Малостенко В.Є.*

*Науковий керівник – Павленко Т.П., д-р техн. наук, професор*

У промисловості широко й успішно застосовуються автоматизовані електроприводи з програмним керуванням. Сучасне виробництво висуває до них необхідні вимоги, що пов'язані з надійністю їх роботи. Наявність таких приводів дає змогу, використовувати переваги промисловості і вирішувати нові задачі, а також створювати ефективні технологічні машини і успішно автоматизувати різноманітні технологічні процеси.

У сучасних системах електромехатроніки існує декілька типів комплектних електропневматичних позиційних приводів, призначених для застосування в різноманітних галузях промисловості та створених на базі сучасних принципів мехатроніки. Такі приводи відрізняються компактністю, механічною міцністю, високою надійністю й великим ресурсом. Вони здатні працювати в жорстких умовах експлуатації, володіють хімічною стійкістю. Ці властивості досягнуті внаслідок ретельного підбору та органічного поєднання прецизійних пневмомеханічних і мікроконтролерних елементів, а також застосування сучасних інформаційних і обчислювальних технологій та методів автоматичного управління. Безперечними перевагами пропонованих мехатронних приводів є висока гнучкість комп'ютерного управління рухом і здатність забезпечити ефективну інтеграцію приводів у складні автоматично діючі технологічні системи.

Для жорстких умов експлуатації застосовуються позиційні приводи з пристроями дистанційного керування. Вони виконані на основі

високотехнологічних і надійних пневмоциліндрів, що відповідають вимогам стандартів DIN/ISO 6431.

Залежно від необхідної точності та швидкодії у якості електропневматичного регулювального пристрою може виступати п'ятиканальний трипозиційний електропневматичний розподільник дискретної дії із закритою центральною позицією. Він має групу клапанів або пропорційні електропневматичні пристрої. Команди мікроконтролера перемикають регулювальний пристрій у такий спосіб, що поршень завжди рухається в бік зменшення неузгодженості.

Можливість ефективного застосування електроприводів у складних технологічних системах підтверджена великим позитивним досвідом їх промислової експлуатації. Це дає змогу впевнено рекомендувати такі приводи для широкого використання в новостворених і модернізованих системах автоматизації.

## **СУЧАСНІ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННИХ СИСТЕМ**

***Чернов О.О.***

*Науковий керівник – Павленко Т.П., д-р техн. наук, професор*

Сучасною тенденцією проектування та виробництва електромехатронних комплексів і систем є використання блочно-модульного принципу. Такими модулями є електромехатронні модулі руху – синергетична сукупність механічних (гідромеханічних, пневмомеханічних), електротехнічних, електронних компонентів та інформаційних і програмних засобів, які реалізують досягнення заданого керованого руху. Це дає змогу проводити декомпозицію складних систем, зменшуючи кількість ступенів вільності, та отримати їхню необхідну ієрархічну структуру.

Останнім часом у побудові електромеханічних комплексів нового покоління спостерігаються направлення передачі все більшої кількості функцій від механічних вузлів до інтелектуальних (електронних, комп'ютерних, інформаційних).

З інтелектуальних функцій складається система керування електромехатронним комплексом. Інтелектуальні вузли комплексу легко перепрограмуються під нове завдання, що розширює його функціональні можливості. Разом з розвитком техніки вузли елементів комплексу мають різну фізичну природу (механічні, електричні, електромеханічні, електронні, інформаційні). Але це не заважає їм поступово об'єднуватися в єдине конструктивне коло.

Наприклад, у основі ключового елемента електромехатронних систем є модуль руху, який об'єднує в одному комплексі приводний

електричний двигун і редуктор. Це підвищує надійність роботи електричних машин та спрощує їх розробку.

Направлення мініатюризації засобів силової і керуючої електроніки дала можливість конструктивно об'єднати з електромеханічними вузлами ще й електронні. З'явилися інтелектуальні мехатронні модулі у вигляді двигунів і мотор-редукторів з силовими перетворювачами (перетворювачами частоти) на борту. Подібні пристрої завдяки наявності в їх складі обчислювальних пристроїв здатні автономно виконувати переміщення робочих органів машин без постійного контролю з боку системи автоматизації верхнього рівня.

В цілому керування сучасними системами та комплексами базується на роботі мікропроцесорів та мікроконтролерів, які широко застосовуються в енергетиці, транспорті, промислового виробництва та інших галузях.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОНІВ У ТЕПЛОВИХ ДІАГНОСТИЧНИХ ЗАСОБАХ ОЦІНКИ СПРАВНОСТІ УСТАТКУВАННЯ**

*Акіншин Д.О.*

*Науковий керівник – Єсаулов С.М., канд. техн. наук, доцент*

Сучасна цифрова техніка з кожним роком набуває все більшої і більшої популярності в системах діагностичного контролю (СДК) справності різного технологічного обладнання. Популярність обумовлена постійно зростаючими функціональними перевагами електронних інтелектуальних пристроїв, можливістю реалізувати їх в компактних варіантах безпосередньо в діючому обладнанні та перспективою подальшого вдосконалення електронних блоків за допомогою штучних нейронних мереж (ШНМ).

З огляду на особливості муніципальних об'єктів, очевидно, що технічна діагностика можливих неполадок за допомогою інтелектуальних експертів дуже залежить від якості вимірювання контрольованих величин, тому що незначні помилки можуть істотно спотворювати відомості про події та приводити до поломки дорогих пристроїв. Таким чином, завдання синтезу діагностичного експерта для ідентифікації несправностей по тепловому контролю є *актуальним*, яке передбачає отримання достовірних вихідних даних придатних для ідентифікації технічного стану обладнання в один із відомих можливих станів або у новостворений виявлений варіант.

*Метою цієї роботи є моделювання та дослідження компонентів перетворення вихідних даних за допомогою штучного нейрона, прина-*

тних для ідентифікації можливих неполадок, що виникають при нагріванні частин електромеханічного обладнання в реальному часі.

При тепловій діагностиці неполадок тема апроксимації вихідних даних відноситься до найбільш важливого завдання, яке за технічною реалізацією набуває особливого змісту, тому що становить базову основу можливого синтезу електронного діагностичного експерта.

Для масивів вихідних даних  $\pm M_n$  вибір виду апроксимації завжди визначає кількісні характеристики і якісні властивості опису теплових подій. Для досягнення необхідного узгодження прийнятих гіпотетичних описів спостережуваних результатів вимірювань температури з теоретичними наслідками моделі важливо отримати задану точність між цими величинами, яка визначається допустимою помилкою. Для вирішення поставленого завдання застосовувався алгоритм (рис. 1) придатний не тільки для порівняння, але і вибору найкращого методу з усіх можливих для реалізації його за допомогою мікроконтролера.

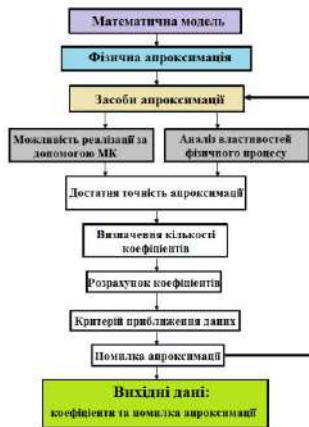


Рисунок 1 – Алгоритм апроксимації масивів даних

Алгоритмом апроксимації даних  $\pm M_n$  (рис. 1) передбачалося: використання степеневих, поліноміальних, трансцендентних функцій і сплайнів; вибір ефективного шляху застосування математичного опису обчислювальними засобами з обмеженими функціональними можливостями; варіювання точності апроксимації і числа використовуваних коефіцієнтів; використання розрахункових коефіцієнтів в форматі *int*; визначити критерій наближення даних з урахуванням точності й складності моделі; отримати параметри для реалізації моделі апроксимації із заданою помилкою.



Таким чином попередньо в середовищі матричної системи *MATLAB* були отримані результати реалізації алгоритмів експериментальних моделей теплових процесів. В результаті пошуку коефіцієнтів моделей для досягнення найкращого результату збігу розрахункових величин з цільовими даними без обмеження цього процесу в часі дозволили зробити висновок, що при заданій помилці з рівнем 0,01 логістична функція досягла результат швидше, ніж при використанні гіперболічного тангенсу. Після апроксимації сама модель b-функції і отримані коефіцієнти були визнані більш придатними для реалізації за допомогою мікроконтролеру.

Аналітичним шляхом в середовищі програми MS Excel було виконано перевірочне експериментальне моделювання та визначено вихідні величини для змінних теплових подій.

Аналіз отриманих сигмоїд підтвердив можливість використовувати отримані залежності як для графічної інтерпретації теплових процесів, так і для ідентифікації за їх допомогою відповідних неполадок в різних частинах *електромеханічного обладнання* (ЕМО).

Привабливість ШН в техніці теплової діагностики справності електричних машин дозволила запропонувати модель нейрона в якій міститься два прийомних елемента ПП з'єднані з відповідними граничними пристроями. При реалізації моделі ШН роль ПП можуть виконувати оптичні елементи, за допомогою яких можна коректно відтворювати фізичні величини, забезпечуючи при цьому гальванічну ізоляцію технологічного об'єкта і вхідних ланцюгів електронного вимірювального пристрою.

Експериментальні дослідження окремих режимів робочих циклів ЕМО з відповідними вхідними параметрами, дозволили отримати тарувальну характеристику діагностичного експерта з ШН (рис. 2).

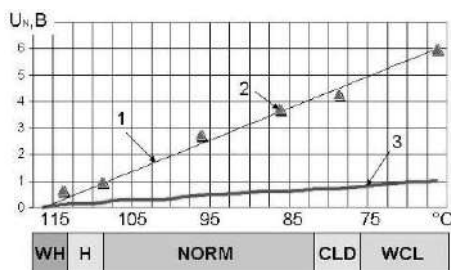


Рисунок 2 – Тарувальна характеристика справного ЕМО 1 – розрахунок  $U_{Mn}$ ; 2 – дослідні дані  $U_{Mn}$ ; 3 –  $U_{оп}$ ; WH – неприпустимий нагрів; H – небезпечний нагрів; NORM – нормальний нагрів; CLD – холодний; WCL – небезпечно холодний

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛООВОГО ДІАГНОСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ СПРАВНОСТІ ОБЛАДНАННЯ

**Воловод М.В.**

*Науковий керівник – Єсаулов С.М., канд. техн. наук, доцент*

Теплова діагностика електричних машин, що раніше отримала популярність, продовжує розвиватися, тому що для її застосування істотно розширився асортимент термічних датчиків, особливо, безконтактного виконання з електронними засобами дистанційної передачі вимірних величин в реальному часі. Дистанційні варіанти вимірювальних приладів матимуть відмінні переваги, головний з яких – можливість контролювати теплові режими при реальних навантаженнях в умовах навколишнього середовища, складно відтворювані на стаціонарних стендах.

Метою цієї роботи є моделювання та дослідження компонентів перетворювача температури, що дозволяють підвищити ефективність формування вихідних інформаційних повідомлень.

Експериментальні дані, отримані при реалізації наборів вхідних параметрів, що представляють оригінальні умови робочого циклу (РЦ) електричної машини, в подальшому добре апроксимувались поліномом  $S_{TЧ_p}$  виду

$$\begin{aligned} S_{TЧ_p} = & b_0 + b_1 I + b_2 U + b_3 R + b_4 V + \dots + b_n N + \dots + b_{12} I U \\ & + \dots + b_{(n-1)n} N_{n-1} N_n + b_{11} I_1^2 + b_{22} U_2^2 + \dots + b_{nn} N_n^2 + \dots \end{aligned} \quad (1)$$

де  $I$ ,  $R$  – величини струмів ТЕД і електрогальм, відповідно;

$U$  – напруга на клеммах електроприводу;

$V$  – швидкість потоку охолоджуючого повітря;

$S_{TЧ_p}$  – розрахункова частота вихідного сигналу перетворювача «температура-частота».

Результати варіювання дослідних даних на кожній дільниці РЦ, вимірювані з помилкою  $\pm 0,08$  °С, були використані для аналітичного визначення середньої швидкості зміни цієї величини.

Залежності дослідних  $T$  і розрахункових  $dT$  величин ілюструє рисунок 1.

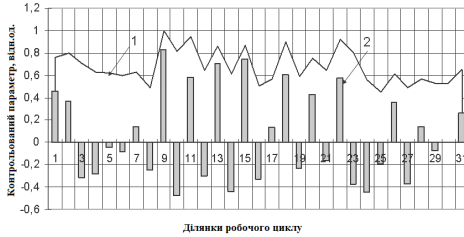


Рисунок 1 – Зміна температури рівня і швидкості нагріву ЕД при реалізації робочого циклу: 1 – температура нагріву ЕД; 2 – швидкість зміни температури нагріву

З графіка (рис.1) процесу нагріву ЕД величини температури  $T$ , що зберігають завжди зі зрозумілих причин позитивні значення, супроводжуються швидкістю зміни цього параметра  $dT$ , що відрізняється значними рівнями.

Хаотично мінливі дискретні величини  $S_{TЧ}$  вихідного сигналу розглядалися набором вихідних величин, що потребують спеціальної їх обробки. Алгоритм *Start* розроблявся з урахуванням відомих реальних умов експлуатації електромеханічного обладнання (ЕМО) і припускав виконати селективний відбір вихідних даних з потоку можливих вимірів контрольованого параметра (рис. 2). На початковому етапі *Start* передбачає введення всіх випадкових величин  $S_{TЧi}$  (Input), які порівнюються з нормованим значенням  $S_{TЧ0}$ , що задається тепловими умовами технічної експлуатації ЕМО і відрізняється певними властивостями  $T_{K0}$ .

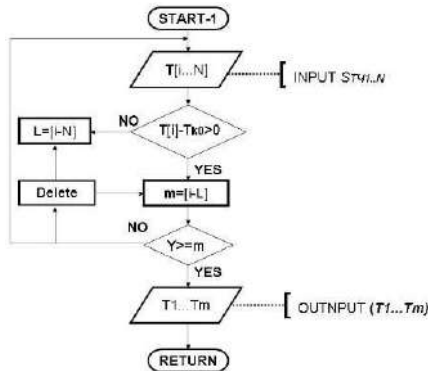


Рисунок 2 – Алгоритм *Start* фільтрації вихідних даних

В результаті цієї операції непряним шляхом визначається реальне відхилення температури нагріву обладнання  $\Delta T_i = T_i - T_{K0}$  і напрямок зміни  $\pm S_{T\varphi_i}$ , що відноситься до процесу нагріву  $\Delta T_i > 0$  або охолодження  $\Delta T_i < 0$ , відповідно.

Беручи до уваги швидкість зміни температури, що отримується шляхом розрахунку, доцільно застосувати алгоритм для визначення цієї змінної з можливістю реалізації всіх етапів електронними засобами. Для цього розглядалися кілька алгоритмів, з яких було обрано варіант, коли при чисельному диференціюванні  $k$ -го порядку таблично задану змінну величину в деякій точці  $x = x_i$  зручно представляти її у вигляді лінійної комбінації заданих значень.

Позитивні результати дозволили зробити висновок, що пропонуваній алгоритм для визначення рівнів інформаційного сигналу  $U_{mi} = f(\pm dT_i)$  при  $i = 1 \dots n$  придатний для реалізації різних технічних і програмних засобів. Результати реалізації алгоритму математичного моделювання формувача виконані за допомогою доступних популярних програмних продуктів.

Моделювання вихідних сигналів, залежних від швидкості теплових процесів, дозволило переконатися в можливості застосовувати отримані математичні описи та алгоритми для обробки масивів даних  $\pm M_n$ , використовуючи електронні обчислювальні засоби з мікроконтролерами, що мають обмежені функціональні можливості.

## **СОНЯЧНИЙ ТРЕКЕР ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНОЇ ЗАРЯДНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

***Гнатова Г.А.***

*Науковий керівник – Дзюбенко О.А., канд. техн. наук, доцент  
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)*

Транспортна політика країн ЄС націлена на різке зменшення залежності від імпорту нафти, а викиди вуглекислого газу на транспорті до 2050 р. планується знизити на 60 %. Для міського транспорту передбачається застосування екологічно чистих транспортних засобів та видів палива. До 2030 р. рух автомобілів на традиційних видах палива у містах буде скорочено на 50 %, а до 2050 року буде повна заборона їх застосування у містах. В свою чергу це призведе до різкого збільшення споживання електричної енергії і можливого її дефіциту в майбутньому. Одним зі способів запобігання цьому – використання альте-

рнативних джерел електроенергії при розбудові інфраструктури зарядних станцій електромобілів.

Мета роботи – підвищення ефективності сонячних електростанцій за рахунок реалізації сонячних трекерів фотоелектричних панелей.

Питання енергетичного потенціалу планети є пріоритетним, тому розробляються енергетичні програми, здійснення яких потребує і зусиль, і матеріальних витрат. Структура світового енерговиробництва склалася таким чином, що 80 % кВт виробляється при спалюванні палива або при використанні запасеної в ньому хімічної енергії, при перетворенні її в електричну на теплових електростанціях. Способи спалювання палива стали набагато складнішими і досконалішими, що підвищило їх ефективність, але паливо є обмеженим ресурсом і тому все більше вчених інженерів займаються пошуком і розвитком нетрадиційних джерел енергії, які могли б взяти на себе частину турбот по постачанню людства енергією.

Якщо порівнювати галузі енергетики за економічними, екологічними, ресурсними показниками, а також за показниками безпеки, то можна побачити, що сонячна енергетика, як довгострокова перспектива, має одне з першорядних значень.

В Україні існують достатньо сприятливі умови для використання сонячної енергії. Річний технічно досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні еквівалентний 6 млн. т. умовного палива. Його використання дозволить замінити біля 5 млрд. м<sup>3</sup> природного газу. Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що потрапляє на 1 м<sup>2</sup> поверхні, на території України знаходиться в межах від 1070 кВт·год/м<sup>2</sup> в її північній частині і до 1400 кВт·год/м<sup>2</sup> на півдні України.

На сьогодні сонячні електростанції в Україні, як і в усьому світі, набувають все більшої популярності, однак їх використання має і ряд недоліків, головним з яких є різке зниження ККД при зміні кута нахилу до сонячних променів відмінного від 90 град. Використання системи сонячних трекерів дозволяє підвищити ККД використання фотоелектричних панелей і нівелювати цей недолік.

Головне завдання сонячного трекера полягає в необхідності досягнення найбільш точного повороту платформи під прямим кутом до сонячних променів. Трекер відстежує сонячні промені і виконавчий механізм повертає платформу під сонячне світло і автоматично розташовує систему таким чином, щоб вона була максимально освітлена.

Проведено аналіз конструкцій кріплення сонячних панелей, який показав, що існують статичні і динамічні системи кожна з яких має свої переваги і недоліки, і використовується в залежності від пот-

реб споживача й технічних можливостей. Наприклад, статичні види кріплення актуальні для "обшивки" статичних поверхонь таких, як стіни будинків, дахи, дорожні покриття з фотоелементами тощо, але ефективність таких установок не перевищує 10 % через відсутність зміни кута нахилу до сонячних променів.

В якійсь мірі цих недоліків позбавлені динамічні системи кріплення – трекари, які стежить за Сонцем, що дозволяє значно підвищити ККД установки. Існує два різновиди трекарів: одновісні і двовісні. Управління поворотною платформою здійснюється за допомогою актуатора – універсального виконавчого пристрою, керованого система управління сонячним трекаром.

Представлено схему системи управління трекаром, схему алгоритму роботи одновісного трекара, і розглянуто принцип роботи і варіанти технічної реалізації.

## **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ**

*Гребенніков Д.О., Лисак І.О.*

*Науковий керівник – Дзюбенко О.А., канд. техн. наук, доцент  
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)*

В результаті аналізу аспектів дорожнього руху в містах, визначено ті, що спричиняють ускладнення дорожнього руху та призводять до виникнення заторів. Проведено аналіз конструкцій та функціональних можливостей автоматизованих систем управління дорожнім рухом, визначено їх недоліки, що ускладнюють їх встановлення на деяких транспортних розв'язках міст. Запропоновано створення АСУДР з бездротовим віддаленим доступом, що охоплює всі транспортні шляхи міста єдиною мережею управління.

Розглянуто технології віддаленого доступу та бездротової передачі даних, що використовуються для дистанційного моніторингу та управління різноманітними системами на транспорті, серед яких виділено технологію GSM-зв'язку, яка дозволяє виконувати передачу даних на необмежену відстань та за трьома різними видами передачі, передача через тоновий набір, через текстові повідомлення та через GPRS, що дає широкі можливості для її використання в пристроях автоматичних систем управління дорожнім рухом.

Для реалізації запропонованих функцій було розроблено функціональну, та електричну принципову схеми дорожнього контролеру з віддаленим доступом. Проведено вибір складових елементів, розраховано номінальні значення елементів схем. Виконано трасування дру-

кованої плати пристрою, проведено апаратну реалізацію для визначення адекватності запропонованих технічних рішень.

Проведене економічне обґрунтування та розрахунок витрат, на проектування і розробку пристрою показало, що дорожній контролер з віддаленим доступом має найбільш вигідну функціональну ціну серед існуючих аналогів.

## **ПНЕВМОРЕСОРНА СИСТЕМА ПІДВІШУВАННЯ ВАГОНА МЕТРОПОЛІТЕНУ**

*Камишуків А.В.*

*Науковий керівник – Скуріхін В.І., канд. техн. наук, доцент*

Метрополітен повинен забезпечувати високу надійність і безпеку руху; надання максимум зручностей для пасажирів при мінімальній вартості перевезень; високу швидкість повідомлення і достатню провізну спроможність; необхідну частоту і регулярність руху на лінії; гарну маневреність і високі тягово-динамічні властивості, як при відокремлених дорожніх пристроях, так і при роботі в загальному транспортному потоці; мінімальний шум, створюваний рухомим складом.

Важливою системою вагона є ресорне підвішування від якого залежить комфортність пересування пасажирів. На сучасних вагонах метрополітену використовується ресорне підвішування на циліндричних пружинах центральній та буксовій ступені. Але ж така підвіска має постійну жорсткість при різній вазі кузова вагона. В роботі пропонується пневматична підвіска, яка в залежності від ваги надресорної будови міняє свою жорсткість.

Виходячи з досліджень пневматичне ресорне підвішування має кращі показники в порівнянні з пружинним підвішуванням.

Значення коефіцієнтів динаміки з пневматичним підвішуванням  $K_{дп1,2}$  менше на 31,8-34,9% у порівнянні з пружинним підвішуванням, а для коефіцієнта динаміки  $K_{дп3,4}$  - на 32,6-30,5%.

Коефіцієнт плавності ходу для пневматичного підвішування візка 1 вагона метрополітену у всьому діапазоні швидкостей значення цього коефіцієнта менше на 9,2-15,6%, ніж для пружного підвішування, а для візка 2 – на 13,3-4,5%.

Таким чином, аналізуючи результати виконаних розрахунків можна рекомендувати пневматичне ресорне підвішування для використання у вагонах метрополітену.

В процесі досліджень було проведено експериментальні дослідження і проведено розрахунки пов'язані з аналізом пружинного та пневматичного ресорного підвішування. В ресорному підвішуванні,

що пропонується використовуються: на центральному підвішуванні елементи діафрагмового типу, а на буксовому – балонного.

Також проведено порівняльний аналіз пружинних та пневматичних елементів ресорного підвішування, доведено, що пневматичні ресори мають змінну жорсткість ресорної підвіски на відміну від пружинної; встановлено закономірність показників динамічних якостей вагона метрополітену від швидкості руху, а саме коефіцієнта плавності ходу та коефіцієнтів вертикальної динаміки, амплітуда коливань надресорної будови при використанні пневматичних ресор менша ніж при використанні пружин; обґрунтовано використання пневматичної підвіски на вагоні метрополітену та доведено, що дане ресорне підвішування забезпечує комфортність руху для пасажирів

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ РУХОМОГО СКЛАДУ**

*Коваль О.М.*

*Науковий керівник – Кульбашина Н.І., канд. техн. наук, ст. викладач*

Безпека перевезення пасажирів міським електротранспортом залежить від надійності роботи гальмівних систем. Особливої уваги заслуговує оцінка стану гальмівних систем під час роботи на лінії. Виявлення втрати працездатності гальмівного устаткування на найбільш ранніх стадіях дає змогу попередити виникнення необоротних відмов, здатних призвести до дорожньо-транспортних пригод і серйозних аварій. Тому встановлення на борту рухомого складу спеціальних приладів і установок, що автоматизують процес виявлення несправностей гальмівних систем є актуальним заходом.

Тому метою представленої роботи є розробка засобів модернізації пристрою для оцінки ефективності гальмівної системи для прилаштування її для роботи на трамвайному вагоні.

Розглянуті існуючі пристрої для оцінки стану гальм транспортних засобів в польових умовах. Широко використовують три головні способи вимірювання: пристрій «п'яте колесо», оптичний датчик та пристрій Ефект-02. Ці засоби мають певні переваги і недоліки – або високу вартість, або є дуже громіздкими. Головний недолік в тому, що їх використовують під час дорожніх випробуваннях після проведення технічного обслуговування і ремонту. Переваги пристрою Ефект-02 складаються в тому, що він достатньо компактний, легко встановлюється на транспортному засобі, його датчик прискорення кріпиться до колеса. Тому є всі підстави використовувати його як бортовий пристрій.



Конструктивно прилад складається з електронного блоку обробки і відображення інформації з органами керування і датчика сили. Модернізація пристрою Ефект-02, у разі встановлення його на трамвайному вагоні, обумовлена тим, що до керуючого блоку пристрою обов'язково треба заносити категорію транспортного засобу, тобто потрібно обов'язково внести дані про його вагу. Через те, що кількість пасажирів протягом доби на трамвайних вагонах змінюється, то це впливає на показники роботи гальмівної системи. Тому потрібно розробити пристрій, який мав змогу визначати вагу пасажирів.

Крім цього довжина гальмівного шляху залежить від коефіцієнту зчеплення. Якщо цей факт не враховувати, пристрій буде видавати хибне значення гальмівного шляху та інших показників оцінки гальмівної системи. Тому є необхідним встановлення пристрою для визначення поточного значення зчеплення.

У роботі для вимірювання маси пасажирів у трамвайному вагоні пропонується потенціометричний пристрій, який перетворює переміщення чутливого резистивного елемента в постійний струм за рахунок зміни свого електричного опору. Резистивний датчик встановлюється на гнучкій системі трамвайного візка. Корпус і движок реостата з'єднуються за допомогою двох рухомих кронштейнів. Наповнення салону трамваю оцінюється за зміною зазору між шкворневою і повздовжньою балками. За вимірювальну схему прийнято врівноважений міст.

Для визначення коефіцієнта зчеплення у роботі запропоновано пристрій для вимірювання та реєстрації кутової швидкості колісної пари вагона. Він складається із стандартного швидкостеміра, який кріпиться до кришки букси колісної пари, валик швидкостеміра через жорстко насажену на нього муфту отримує обертання від осі колісної пари. Взаємодія колісної пари і рейки під час гальмування викликає коливання кутової швидкості колісної пари, у разі погіршенні технічного стану рейкової колії зменшується поздовжня жорсткість рейкової колії, а період коливань збільшується. За графіком коливань визначається час пружної взаємодії колісної пари і рейок; вимірюється величина гальмівного моменту і далі обчислюється коефіцієнт зчеплення.

Отже модернізація пристрою Ефект-02 дасть змогу враховувати змінні фактори, які потрібні для достовірної оцінки ефективності гальмівної системи трамвая під час його роботи на лінії.

## ДИСТАНЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ РУХОМОГО СКЛАДУ

*Кіслянський С.Ф.*

*Науковий керівник – Кульбашина Н.І., канд. техн. наук, ст. викладач*

Протягом останніх років у роботі міського електротранспорту намітилася тенденція до погіршення показників якості та безпеки транспортного обслуговування. Це викликано значним фізичним зносом об'єктів міського електротранспорту, зокрема рухомого складу.

Враховуючи те, що значна частина дорожньо-транспортних пригод за участю міського електричного транспорту відбувається через несправність систем гальмування, існує необхідність діагностування цих систем та підвищення надійності їх функціонування.

Тому метою цієї роботи є розробка системи визначення ефективності механічних гальмівних систем рухомого складу за допомогою вбудованої системи діагностування з передачею інформації до центрального диспетчерського пункту.

Виявлені переваги діагностування стану механічних гальм під час роботи рухомого складу на лінії, а саме:

- своєчасне виявлення та усунення несправностей рухомого складу скорочує кількість дорожньо-транспортних пригод;
- отримання інформації про технічний стан гальм сприяє вдосконаленню системи планово-попереджувальних ремонтів;
- накопичення інформації про відмови гальмівних систем і зіставлення з різними експлуатаційними характеристиками є підставою для подальших досліджень, пов'язаних з удосконаленням систем гальмування.

З метою оцінки особливості розміщення необхідного обладнання на рухомому складі розглянуто види механічних гальм рухомого складу:

Розроблено вимірювальний засіб, який можна використовувати для вимірювання зусиль натискання між двома поверхнями, наприклад, при вимірах сили натискання гальмівних колодок до колеса в процесі гальмування транспортного засобу. Запропоновано використовувати фольгові тензодатчики, тому що вони мають велику сприйнятливості до деформацій об'єкта і забезпечують більшу точність вимірювань. Датчик виготовляють з константової фольги товщиною 10 мкм. Він містить пружний елемент з плоскими паралельними поверхнями і розташовану на одній площині мостову вимірювальну схему тензорезисторів Т1 - Т4. Додаткова перевага запропонованого датчика

полягає в тому, він має малі габарити і може використовуватися в гальмівних механізмах, спрацьовування яких супроводжується виникненням високих температур.

Розміщення тензодатчиків, наприклад, на барабаних гальмівних механізмах тролейбусу створюється між гальмівною колодкою і гальмівною накладкою, що притискається до гальмівного барабану. Тензорезистори Т1 - Т4 встановлюють в заздалегідь вифрезированих пазах і закривають шаром гідроізоляції, їх з'єднують між собою в мостову вимірювальну схему за допомогою сполучних проводів, які прокладені в монтажних канавках.

Для перетворення вимірювальних сигналів з датчиків в безпосередній близькості від них запропоновано використовувати лінійний тензометричний вимірювальний підсилювач, який забезпечує безаварійну роботу з низькими втратами, передачу вимірянних значень на великі відстані на систему контролю або приладові панелі. Він є компактним, міцним і малої ваги, розміщується на рухомих елементах, його живлення здійснюється від напруги в межах 15...30 В, що дозволяє підключення до системи низьковольтного обладнання тролейбуса і трамвая.

Для передачі інформації про відмову механічних гальм до Центрального диспетчерського пункту запропоновано пристрій, який містить тензометричний підсилювач, програмований логічний контролер, блок передачі сигналів радіоканалом на приймальний пристрій бортового комп'ютера водія і GPS-трекер для передачі-прийому інформації до центрального обладнання диспетчерського пункту.

Таким чином, система запропонованих пристроїв дає змогу дистанційно визначати стан гальмівних систем рухомого складу і своєчасно попереджувати створення аварійних ситуацій.

## **ІНТЕРФЕЙСИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, CAN ШИНА**

*Білоцерківська С.О., Бархович Р.А.*

*Науковий керівник – Сорока К.О., канд. техн. наук, доцент*

Бортова електроніка сучасного автомобіля (трамвая, тролейбуса) має в своєму складі велику кількість виконавчих і керуючих пристроїв порядку 100 і більше. Обмін інформацією між ними у вітчизняних ТЗ здійснюється по одній провідній системі: корпус (маса) – мідний провід. Загальна довжина проводів до 1 км, вага 50 - 100 кг. Надійність роботи низька. Для забезпечення надійної роботи, полегшення роботи водія, в транспортних засобах (ТЗ) встановлюють різні електронні системи керування. Автомобілі перетворюються у вмістилище електрон-

них приладів, проводів, з'єднань, перемикачів тощо. Проте електроніка, якою б досконалою вона не була, ускладнює автомобіль, роботу водія та технічне обслуговування. З розвитком інформаційних технологій впроваджуються інтелектуальні системи керування. Для їх спільної роботи використовують інтерфейси різних типів, наприклад: RS-423, RS-485, CAN мережі. Працівниками німецької фірма BOSCH в 90-і роки була розроблена CAN – шина. Розробка CAN вважається однією з найбільш вдалих розробок за останні два десятиріччя. Вона кардинально змінила автомобіль, його конструкцію, майже усі його вузли. Автомобіль став високоінтелектуальною системою..

Зумовлена широким використанням інформаційних технологій, без яких неможливе забезпечення технічних характеристик транспортних засобів відповідно сучасних вимог транспортного будівництва та практики експлуатації.

Мета роботи: Аналіз та, вибір найбільш перспективних інтерфейсів електронних систем для забезпечення інтелектуального керування ТЗ та реалізація систем керування за їх допомогою.

Завдання роботи: Впровадження інформаційних технологій в транспортне будівництво для забезпечення технічних характеристик засобів електротранспорту на рівні сучасних вимог якості, зменшення енергоспоживання, полегшення роботи водія та забезпечення комфорту пасажирів. Для цього потрібно:

- виконати аналіз роботи інтерфейсів RS-485 та CAN мережі відповідно вимогам систем курування ТЗ, його обладнанням. Забезпечення надійності і безпомилковості роботи, їх захищеності від зовнішніх перешкод.

- розробити нові схеми, принципово нові рішення, які дозволяють змінити традиційну архітектуру ТЗ і дозволять підвищити ефективність їх роботи.

Предмет дослідження – методи керування роботою ТЗ і використання для цього сучасних інформаційних технологій.

Основним методом є аналіз та синтез систем автоматизованого керування транспортних засобів з використанням інформаційних технологій та інтерфейсів різних типів.

В сучасних ТЗ різного типу широка впроваджуються електронна техніка та інтерфейси типу RS-485 та CAN шина. Розробники CAN шини в 1983 р поставили завдання замінити всіх проводів і об'єднати електричного та електронного обладнання в єдину систему. Майже в це й же час почалась розробка інтерфейсу RS-485 для використання в технічних пристроях різного призначення. Основою розробки послужило прийняття відкритого стандарту взаємодії телекомунікаційних

мереж ВТС (OSI). Сьогодні практично кожен автомобіль у Європі оснащений мережею CAN. З впровадженням CAN автомобіль поступово стає інтелектуальним ТЗ, в якому функції водія суттєво спрощуються, а надійність роботи та безпека підвищуються.

Ця система забезпечує керування технічними пристроями відповідно досить складних алгоритмів. Вона може підтримувати потрібну температуру, здійснювати економну подачу тепла, регулювати температуру приміщення в разі присутності жителів, включати світло, провітрювати приміщення, підігрівати їжу, відкривати чи закривати двері, штори на вікнах і т. п. Вона надає широкі можливості для керування складними процесами. Проте така система не призначена для оперативного керування і не може оперативним чином вирішувати складні завдання залежно від ситуації, яка виникає під час їзди ТЗ на дорозі. Причиною цього є функціональна обмеженість системи контролерів і засобів програмування, які розраховані на просту реакцію відповідно обмеженої кількості логічних команд.

## **ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕРІАЛУ НАНОПРОТЕК ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ДВЕРЕЙ ЛІФТА**

*Гринько І.О., Дудка Д.С.*

*Науковий керівник – Зубенко Д.Ю., канд. техн. наук, доцент*

Молекулярні Наноструктурні системи Нанопротек включає в себе комплекс хімічних елементів, де атоми активного вуглецю вступають у хіміко-фізичні зв'язки з атомами металів, утворюючи унікальне третє тверде тіло «захисний шар». Властивості нового третього тіла в тертьових поверхнях «метал-метал» унікальні за своєю твердістю, мікрогнучкістю, діелектричними властивостями, стійкістю до різних видів зносу. Кожен хімічний елемент має свою природне завдання і переносить свою інформацію за рахунок синергетики в зони підвищених збурень, тертя і т.п. У процесі штатної експлуатації за принципом безрозбірної технології складу СК NANOPROTEC змінює властивості металу в зонах контакту, що надає металу властивості беззносу. СК NANOPROTEC застосовують при температурах навколишнього середовища  $+70 / -70$  ° С. Нові поверхні в зонах тертя формуються за принципом достатності, в залежності від контактних навантажень, форм руху і температури тертьових пар. Як тільки умови для створення нової поверхні припиняються - композиція припиняє будівництво поверхневого шару. Таким способом досягається оптимізація процесу створення захисного шару. Двигуни і механізми, що пройшли повну обробку, далі не вимагають постійної присутності СК NANOPROTEC в

мастильної середовищі. СК NANOPROTEC сумісна з будь-якими мастильними матеріалами і нейтральна до матеріалів з синтетики, каучуку, фторорганічних сполук.

Швидкий і стійкий ефект дії, істотне збільшення ресурсу експлуатації ДВС, редукторів, вузлів і механізмів, підвищення класу підшипників після обробки СК NANOPROTEC, значне енергозбереження, зменшення витрат палива і мастильних матеріалів, - це його незаперечні переваги.

З результатів великої кількості всіляких дослідів і тестів застосування СК NANOPROTEC можна зробити висновок, що за рахунок зниження тертя у вузлах та механізмах обладнання знижується його енергоспоживання. Так от, вартість зекономленого енергоресурсу (паливо, електроенергія тощо), за рахунок якого працює обладнання, більше, ніж вартість повної обробки СК NANOPROTEC. Іншими словами, при використанні СК NANOPROTEC безкоштовно збільшує ресурс оброблюваного вузла і механізму і економите на енергоспоживанні даного обладнання.

Технічні характеристики:

- збільшує ресурс механізмів в 2-8 рази;
- збільшує потужність двигуна і редуктора на 3-10%;
- знижує витрату електроенергії на 5 -10%;
- значне знижує вібрацію і шуми;
- відновлює параметри роботи механізмів і двигунів до рівня номінальних значень і вище.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ УДАРНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ВАГОНА ТРАМВАЯ З РЕЙКОЮ В МІСЦЯХ СТИКІВ**

**Єварлак А.В.**

*Науковий керівник – Коваленко А.В., канд. техн. наук, доцент*

Під дією динамічного навантаження рухомого вагона елементи рейкової колії зазнають ряд найскладніших деформацій і при несприятливому збігу обставин деякі з елементів колії можуть отримати небезпечні напруження, а вагон придбати нестійкі, тобто небезпечні форми руху.

Залізничний шлях базується на пружних опорах. У цьому полягає одна з його найхарактерніших небезпек. Залізничні колії постійно зазнають ряд пружних найскладніших деформацій.

Технічна думка не перестає невпинно працювати над винаходом такої конструкції рейкових колій, над створенням таких способів розрахунку цієї конструкції і над виробленням таких методів утримання

колії, які при найменших витратах матеріалу, грошей і праці давали б шлях, безпечний для руху важких трамваїв і поїздів з малою і великою швидкостями.

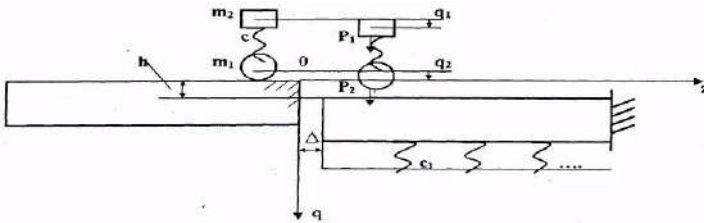


Рисунок 1 - Модель механічної системи на фазі балістичного руху

При проходженні рухомим складом несиметричного стику колесо впливає на кінець віддаючої рейки, викликаючи його пружну деформацію. Значить конструкція несиметричного стику знижує ударне навантаження від рухомого складу, зменшує ймовірність появи залишкових деформацій і розладів. При дуже значних витратах можливо істотно підвищити стабільність шляху, знизити угон на двоколієних ділянках.

## НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ДО НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН РУХОМОГО СКЛАДУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

*Дитман В.С.*

*Науковий керівник – Далека В.Х., д-р техн. наук, професор*

На трамвайних вагонах, тролейбусах, вагонах метрополітену використовуються тягові електричні машини постійного струму або змінного струму (асинхронні) потужністю від 40 до 180 кВт. Для приводу компресорів, вентиляторів, насосів гідропідсилувачів, генераторів тощо також використовуються високовольтні електричні двигуни потужністю до 10 кВт. В системах автоматики, електромеханічних приводів відкривання дверей, склоочисників, ряду вентиляторів встановлюються низьковольтні електродвигуни потужністю до 0,5 кВт.

Оскільки ці електричні машини забезпечують безпечне функціонування транспортних засобів, то до їх надійності встановлено відповідні нормативні вимоги. Вони сформовані на основі міжнародних, національних, галузевих стандартів, технічних умов та документації заводів-виготівників і встановлюють загальні положення, номенклатуру, кількісні значення (норми) показників надійності, методи контролю та критерії оцінки відповідності виробів тягового електрооблад-

нання нових засобів рухомого складу залізничного та міського електротранспорту вимогам нормативно-технічної документації (НТД).

Вимоги до надійності виробів характеризуються значеннями показників безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності в експлуатації, що визначаються за її результатами, і включаються в технічні завдання, технічні умови.

Кількісні значення показників надійності, що встановлюються НТД виробів є середніми для мережі залізниць і маршрутів електротранспорту міст України, повинні бути не гірше базових, при цьому кількість відмов комплексів електрообладнання не повинна перевищувати 75% від встановленого на електровоз, електропоїзд, трамвай, тролейбус. Річна напрацювання для магістральних електровозів приймається  $150 * 10^3$  км пробігу, електро- і дизель-поїздів -  $120 * 10^3$  км, тролейбусів -  $55 * 10^3$  км, трамваїв -  $60 * 10^3$  км.

Значення довірчої ймовірності і відносної помилки, з якими контролюється відповідність виробів вимогам НТД до надійності, приймаються відповідно рівними 0,8 і 0,2.

Вимоги до показників надійності вносяться в НТД виробів самостійним пунктом типовим формулюванням.

Критерієм відмови, стосовно до якого нормується показник безвідмовності виробів, відносять несправності, які призводять до вибуття рухомого складу з руху або зриву його випуску на лінію відповідно до графіка руху. Для залізничного електротранспорту, крім того, до відмов відносяться і простий на перегоні понад 30 хв. або збільшення планової стоянки більше 30 хв, понад установлений часу або необхідність проведення непланового ремонту з метою приведення виробу в працездатний стан.

Критерієм граничного стану електродвигуна, стосовно до якого нормуються показники довговічності, є:

- досягнення електродвигуном призначеного ресурсу;
- необхідність проведення розбирання машин, капітального ремонту, списання раніше нормованого терміну внаслідок граничного зносу, обумовленого НТД, старіння виробу Норми показників довговічності не поширюються на швидкозношувані складові частини виробу.

Контроль нормованих показників надійності полягає у визначенні їх досягнутих значень в експлуатації і оцінки відповідності виробів вимогам НТД до надійності шляхом порівняння досягнутих значень показників з нормативними.

Для визначення досягнутих значень показників надійності використовуються результати експлуатаційних спостережень.



Експлуатаційні спостереження встановлюються в обраних опорних депо, кількість і розташування яких забезпечують представництво вибірки.

Як джерело інформації при цьому використовується обліково-звітна документація депо. Відмови, що виникли в результаті порушення умов експлуатації, правил ремонту і монтажу, при розрахунку показників надійності не розглядаються.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТРОЛЕЙБУСА

**Карпенко А.О.**

*Науковий керівник – Коваленко А.В., канд. техн. наук, доцент*

Варіація ресурсу вузлів ведучого моста і карданного вала, монотонний характер зміни параметрів їхнього технічного стану, висока трудомісткість монтажно-демонтажних робіт (особливо по ведучому мосту) висувають як одну з актуальних задач – пошук методів і засобів контролю технічного стану вузлів ведучого моста і карданного вала з метою визначення термінів і обсягів ремонтних впливів з урахуванням реального технічного стану.

На рисунку 1 представлено схему стенду для дослідження параметрів ведучого моста тролейбуса. На підставці 1 закріплений задній міст тролейбуса 2 обертається за допомогою електродвигуна постійного струму 4 та карданного вала 3.

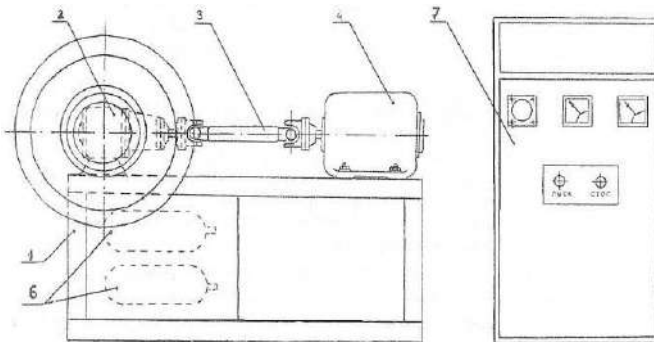


Рисунок 1 – Схема стенду для випробування заднього моста тролейбуса: 1 – підставка; 2 – задній міст тролейбуса; 3 – карданний вал; 4 – електродвигун; 5 – гальмівні циліндри; 6 – батареї балонів; 7 – пульт керування

Під час модернізації стенду було виконане наступне:

– на випробовуваний міст встановлені і відрегульовані гальмівні

циліндри;

- пневматичні резервуари з'єднані трубопроводами з компресорною установкою;

- на компресорній установці встановлені наступні прилади: манометр для контролю вихідного тиску, вольтметр для контролю вхідної напруги на двигун привода компресора, амперметр для контролю струму привідного двигуна компресора;

- встановлено чотири кульових крана на пневматичних трубопроводах: перший для спускання тиску повітря у гальмівній магістралі, другий для подачі стисненого повітря до лівого гальмівного циліндру, третій для подачі стисненого повітря до двох гальмівних циліндрів одночасно, четвертий для подачі стисненого повітря до правого гальмівного циліндру.

Установлене обладнання дозволяє перевіряти спрацювання пневматичного приводу механічних гальм ведучого моста, час спрацювання, час розгальмовування для кожного гальмівного циліндра окремо, а також при загальмованому одному з коліс дозволяє перевірити роботу міжколісного диференціала у режимі пробуксовування, що дозволяє підвищити ефективність дослідження роботи ведучого моста.

## **РОТОРНО-ПОРШНЕВИЙ КОМПРЕСОР З ОБЕРНЕНИМ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ ЗМІННОГО СТРУМУ ДЛЯ ТРОЛЕЙБУСІВ**

*Пристава О.Ю.*

*Науковий керівник – Коваленко А.В., канд. техн. наук, доцент*

Проблема ресурсозбереження в нашій країні є однією з основних, тому застосування енергозберігаючих технологій, як при виробництві, так і при експлуатації електричного транспорту дозволяє знизити енерговитрати й підвищити їхню економічність. Це можливо досягти при оптимальному сполученні характеристик і конструктивного виконання складальних одиниць із різними видами енергії.

Порівняння кінематичних схем і конструктивних виконань показує, що роторно-поршневі компресори менш схильні до вібрацій, оскільки у них відсутні зворотно-поступальні рухомі маси, а врівноважування обертових мас не являє технічних утруднень. Найбільш вузьким місцем є ущільнення робочих обсягів, але завдяки роботам Фелікса Ванкеля у двигунобудування, це питання так само вирішене позитивно. Роторно-поршневі компресори містять менше число деталей, чим звичайні поршневі компресори.

Електрокомпресор працює наступним чином.

При подачі на вхід статичного перетворювача постійного струму в систему трифазних змінних напруг постійної напруги від контактної мережі на його виході утвориться напруга змінного струму фіксованої частоти, наприклад промислової частоти - 50 Гц. У результаті протікання змінного струму по фазних обмотках якоря електродвигуна виникає обертове магнітне поле, що зчіплюється з білячою кліткою ротора. В останній наводиться ЕРС, що викликає струм у провідниках ротора, а він створює магнітне поле, що взаємодіючи з магнітним полем якоря, створює обертальний момент. Цей момент через ексцентриковий вал передається ротору компресора. Ротор компресора, роблячи складний обертовий рух, змінює робочий обсяг компресора, в результаті чого відбувається первісне наповнення робочої порожнини свіжим зарядом атмосферного повітря через впускний канал, а потім його стиск і нагнітання в пневмомагістраль через нагнітальний клапан.

З аналізу відомих електрокомпресорів, застосовуваних на троллейбусах, доцільно перейти на роторно-поршневі компресори із приводом від оберненого асинхронного електродвигуна змінного струму промислової частоти маховичного типу, підключеного до контактної мережі постійного струму через перетворювач постійного струму в систему трифазних напруг.

## **ЛАБОРАТОРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ВАГОНА ТРАМВАЯ З РЕЙКОЮ В МІСЦЯХ СТИКІВ**

*Тищенко С.Г.*

*Науковий керівник – Коваленко А.В., канд. техн. наук, доцент*

Найважливішою складовою безперебійного та безпечного руху рейкового транспорту є технічний стан шляху. При цьому деформаційні характеристики баластного осідання під рейковими опорами (параметри пружного і залишкового осідання під першою шпалою) регламентують, в кінцевому підсумку, технічний ресурс шляху, а також тривалість їх експлуатації.

Мета роботи - дослідити процеси ударної взаємодії системи "рейка на пружних опорах". Побудувати динамічну модель системи на фазі балістичного руху та отримати залежності доударної швидкості, а також горизонтальної координати ударного імпульсу від геометричних параметрів стику; механічних характеристик двовимірної дисипативної системи.

Механічна схема аналізованої системи "двовимірна дискретна пружно-дисипативна система – нерозрізна багатопрогонова балка на пружних опорах" приведена на рисунку 1.

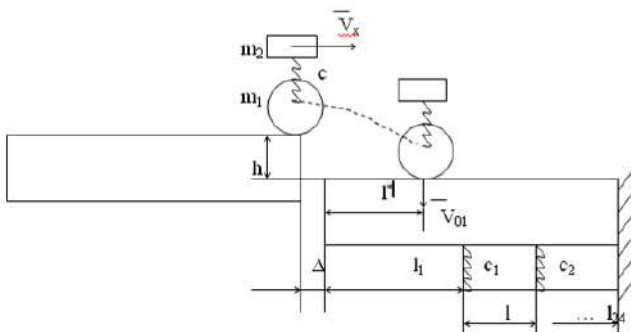


Рисунок 1 - Модель системи " підресорена маса вагона – колесо – рейка"

При дослідженні процесів динамічної взаємодії прийняті наступні допущення, що не суперечать результатам робіт: після фази балістичного руху коливання колісної пари і головки рейки відбуваються в безвідривному режимі (з огляду на те, що  $m_2 \gg m_1$ , допущення є прийнятним); прогини рейки реалізуються без порушення суцільності баластового шару (з огляду на те, що розглядаються й аналізуються граничні деформаційні характеристики баластового шару під першою шпалою на фазі приземлення колеса і прогинів рейки тільки "вниз").

Тут приведена також модель двомасової дискретної механічної системи "колісна пара – вагон трамвая" на фазі балістичного руху на стик рейки типу "зазор – ступінь вниз". Траєкторія руху колеса показана пунктирною лінією. У момент зіткнення колеса з рейкою на відстані  $l^*$  від краю рейки колесо має вертикальну швидкість  $V_{01}$ . Тут уведені наступні позначення:  $m_1$ ,  $m_2$  – приведені маси колеса і вагона відповідно;  $c$  – жорсткість підвіски,  $c_1$ ,  $c_2, \dots, c_n$  – жорсткість баластового шару, приймаємо  $c_1 = c_2 = \dots = c_n$ ,  $l_1$  – відстань від краю рейки до першої шпали,  $l$  – відстань між шпалами. Якщо на схемі, приведений на рисунку 1, висота  $h = 0$ , то стик відноситься до типу "зазор".

## ЕКСТРЕМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЕСКАЛАТОРУ МЕТРОПОЛІТЕНУ

**Кисельова Є.М.**

*Науковий керівник – Колотіло В.А., канд. техн. наук, ст. викладач*

У даній роботі розглянуті основні принципи розрахунку приводу, обрані основні вузли, розглянуті можливості використання активних

випрямлячів і пристроїв рекуперації в системі автоматичного керування електроприводом ескалатора метрополітену.

Дана тема має актуальність, адже збереження енергії - одна з основних технічних проблем провідних країн миру. Головне завдання полягає в підвищенні енергоефективності роботи електроприводу механізмів, у половині циклу роботи яких мають місце гальмові режими. Представниками таких пристроїв є ескалатори, крани, різні ліфти, електричний транспорт. Ліфти й крани під час спуску вантажу або неодруженого підйому, залежно від маси противаги, можуть використовувати рекуперативний режим гальмування. Ескалатори перебувають у режимі гальмування під час руху на спуск великого пасажиропотоку. Електротранспорту в дорожній обстановці необхідно часто зупинятися або знижувати швидкість. З огляду на потужність, виділювану при гальмуванні таких механізмів, використання енергії що генерується дозволить збільшити енергоефективність таких систем. На сьогоднішній день енергія що генерується, вироблювана електродвигуном у режимі динамічного гальмування, розсіюється на гальмових резисторах. Тому основна мета для зменшення витрат електроенергії - перетворену енергію повертати в мережу, а не гасити на гальмових резисторах.

Відсутність підрахунку електроенергії при рекуперації - одна з основних проблем у нашій країні. Але вироблену електроенергію можна використовувати в сусідньому вузлі-споживачі.

Вироблення електроенергії за рахунок рекуперації в мережах змінного струму їй ще необхідно забезпечити синфазність і відсутність перешкод вищих гармонік, тобто по максимуму зменшити THD (коефіцієнт пульсацій).

Інвертор використовується для перетворення постійного струму в змінний зі зміною частоти або напруги, вона те й вирішує проблему синфазності. Інвертор являє собою генератор періодичної напруги, за формою наближеного до синусоїди, або дискретного сигналу. Робота інвертора напруги заснована на перемиканні джерела постійної напруги з метою періодичної зміни полярності напруги на затискачах навантаження. Частота перемикання, що задається сигналами системи керування, визначає коефіцієнт пульсацій на виході інвертора. А для більшого його зменшення, тобто поліпшення якості синусної напруги, на виході інвертора встановлюють фільтри високої частоти.

Перемикання здійснюється за рахунок напівпровідникових елементів. Найбільш актуальне застосування в системах регульованих електроприводів одержали перетворювачі з автономними інверторами

напруги. Силова схема перетворювачів даного типу складається із двох основних ланок:

- перетворювача напруги джерела Живлення в постійну напругу;
- перетворювача постійної напруги в змінну напругу необхідної частоти й амплітуди.

Найпоширеніші двох ланкові перетворювачі частоти, виконані за схемою "некерований випрямляч - LC фільтр - транзисторний автономний інвертор із широтно-імпульсною модуляцією вихідної напруги".

Метою даної роботи є розрахунок приводу ескалатора й розробка системи керування, що забезпечує надійну роботу в рухових режимах і рекуперацію енергії в гальмові.

## **АНАЛІЗ ДІЇ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН НА ОРГАНІЗМ ПРАЦІВНИКА ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ПОЛІЕТИЛЕНУ**

***Бокатова М.І.***

*Науковий керівник – Хворост М.В., д-р техн. наук, професор*

Сучасний світ важко уявити без пластикових пакетів але всі знають, що пластик шкодить навколишньому середовищу. Важливо розуміти, якої непоправної шкоди він завдає самій людині щодня. Поліетилен - всюди. Різні будівельні матеріали, труби, електрокабелі, іграшки, пакети і пляшки для продукції тощо. В поліетиленові упаковки загорнуті 90% харчової продукції з супермаркету.

На даний момент найпопулярніший вид пакування – це пакети з поліетилену високого тиску який виготовляються з м'якого матеріалу, тому вони мають еластичність, стійкістю до подряпин. Поліетиленові пакети з ПВТ не шарудять, зовні виглядають привабливими. Їх недолік - невисока міцність, тому ці пакети найчастіше використовують як рекламні пакети. Поліетилен - полімер, який синтезується шляхом полімеризації етилену в різних умовах і при різних каталізаторах. Залежно від температури, тиску і присутності різних каталізаторів можливе отримання матеріалів з принципово різними властивостями. Сировина для виготовлення поліетилену мономер - етилен. Являє собою найпростіший олефін (або алкен), при кімнатній температурі це безбарвний горючий газ, який легший за повітря.

Речовини, необхідні для проходження реакції. Для поліетилену високого тиску (ПВТ) може застосовуватися кисень як ініціатора реакції полімеризації. Поліетилен високого тиску отримують при температурі не менше 200 ° С, при тиску від 150 до 300 МПа, в присутно-

сті ініціатора кисню. У промислових умовах застосовують автоклави і трубчасті реактори. Полімеризація проходить в розплаві. Одержуване рідке сировину гранулюють, на виході отримують невеликі білі гранули. Одержані гранули використовують для виготовлення поліетиленових пакетів. Токсична дія хімічних речовин в результаті виготовлення на працюючого здійснюється шляхом потрапляння в організм людини через дихальні шляхи. Велика всмоктувальна поверхня легенів створює сприятливі умови для потрапляння шкідливих речовин безпосередньо у кров. Етилен який присутній на робочому місці працівника який працює за автоклавом при концентрації у повітрі робочої зони викликає кисневе голодування викликає запаморочення, задуху. Зіткнення з рідиною викликає обмороження. Збудження, сонливість, слабкість, головний біль, почервоніння і свербіж шкіри, сльозотеча, різь в очах.

Це, за умови неодноразових впливів, викликає гострі чи хронічні отруєння організму загалом. Ступінь токсичності хімічних речовин та характер спричинених ними патологічних відхилень в організмі людини залежать від таких факторів: 1) хімічної структури речовини (чим вища дисперсність, тим глибше і швидше вони проникають у дихальні шляхи); 2) розчинності в організмі людини (чим вища розчинність, тим більша токсичність хімічної речовини); 3) концентрації у повітрі (чим вища концентрація хімічних речовин, тим швидше настає отруєння); 4) тривалості дії хімічних речовин.

Ще однією небезпекою для працівника при виготовленні поліетиленових пакетів становить висока пожежовибухонебезпечність сировини яку використовують при виробництві. Тому окрему увагу при виробництві поліетиленових пакетів приділяється пожежній безпеці.

Вона передбачає своєчасну очистку робочих майданчиків від залишків матеріалу. Заборонено працювати з відкритим вогнем поблизу складів з сировиною, а місце зберігання готової продукції повинно бути надійно захищено від впливу високих температур.

## **ЗАВДАННЯ ТА ОБОВ'ЯЗКИ СЛУЖБИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІДПРИЄМСТВА У ПРОФІЛАКТИЦІ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ**

*Кадьян А.С., Малинка А.О.*

*Науковий керівник – Данова К.В., канд. техн. наук, доцент*

Служба охорони праці створюється роботодавцем для організації виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних захо-

дів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням і аваріям у процесі трудової діяльності.

До основних завдань служби охорони праці відносяться:

- в разі відсутності впровадженої системи якості відповідно до ISO 9001 опрацювання ефективної системи управління охороною праці на підприємстві та сприяння удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожного працівника, а також забезпечення фахової підтримки рішень роботодавця з цих питань;

- організація проведення профілактичних заходів, спрямованих на усунення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, запобігання нещасним випадкам на виробництві, професійним захворюванням та іншим випадкам загрози життю або здоров'ю працівників;

- вивчення та сприяння впровадженню у виробництво досягнень науки і техніки, прогресивних і безпечних технологій, сучасних засобів колективного та індивідуального захисту працівників;

- контроль за дотриманням працівниками вимог законів та інших нормативно-правових актів з охорони праці, положень галузевої угоди, розділу «Охорона праці» колективного договору та актів з охорони праці, що діють в межах підприємства;

- інформування та надання роз'яснень працівникам підприємства з питань охорони праці.

З метою реалізації завдань та повноважень стосовно забезпечення належного рівня охорони праці спеціалісти служби охорони праці мають право:

- видавати керівникам структурних підрозділів підприємства обов'язкові для виконання приписи щодо усунення наявних недоліків, одержувати від них необхідні відомості, документацію і пояснення з питань охорони праці;

- зупиняти роботу виробництв, дільниць, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва у разі порушень, які створюють загрозу життю або здоров'ю працівників;

- вимагати відсторонення від роботи осіб, які не пройшли передбачених законодавством медичного огляду, навчання, інструктажу, перевірки знань і не мають допуску до відповідних робіт або не виконують вимоги нормативно-правових актів з охорони праці;

- надсилати роботодавцю подання про притягнення до відповідальності посадових осіб та працівників, які порушують вимоги щодо охорони праці;

- за поліпшення стану безпеки праці вносити пропозиції про заохочення працівників за активну працю;



- залучати, за погодженням з роботодавцем і керівниками підрозділів підприємства, спеціалістів підприємства для проведення перевірок стану охорони праці.

Робота служби охорони праці підприємства повинна здійснюватись відповідно до плану роботи та графіків обстежень, затверджених роботодавцем. Роботодавець забезпечує стимулювання ефективної роботи працівників служби охорони праці.

## **РЕАЛІЗАЦІЯ ПИТАНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА ПІДПРИЄМСТВІ**

*Кадьян А.С., Малинка А.О.*

*Науковий керівник – Данова К.В., канд. техн. наук, доцент*

Діяльність із забезпечення пожежної безпеки є складовою виробничої та іншої діяльності посадових осіб і працівників підприємств та об'єктів. Пожежна безпека повинна забезпечуватися шляхом проведення організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових втрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для успішного гасіння пожеж.

Керівник підприємства повинен визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, дільниць, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання й експлуатацію засобів протипожежного захисту.

Обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту передбачаються у посадових інструкціях, обов'язках, положеннях про підрозділ.

На кожному об'єкті відповідним документом (наказом, інструкцією тощо) повинен бути встановлений протипожежний режим, який включає:

- порядок утримання шляхів евакуації;
- визначення спеціальних місць для куріння;
- порядок застосування відкритого вогню;
- порядок використання побутових нагрівальних приладів;
- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт;
- правила проїзду та стоянки транспортних засобів;
- місця для зберігання і допустиму кількість сировини, напівфабрикатів та готової продукції, що можуть одночасно знаходитися у приміщеннях і на території;

- порядок прибирання горючого пилю й відходів, зберігання промасленого спецодягу та ганчір'я, очищення елементів вентиляційних систем від горючих відкладень;
- порядок відключення від мережі електроживлення обладнання та вентиляційних систем у разі пожежі;
- порядок огляду й зачинення приміщень після закінчення роботи;
- порядок проходження посадовими особами навчання й перевірки знань з питань пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму з призначенням відповідальних за їх проведення;
- порядок організації експлуатації і обслуговування наявних засобів протипожежного захисту;
- порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів електроустановок, опалювального, вентиляційного, технологічного та іншого інженерного обладнання;
- порядок збирання членів пожежно-рятувального підрозділу добровільної пожежної охорони та посадових осіб, відповідальних за пожежну безпеку, у разі виникнення пожежі, виклику вночі, у вихідні й святкові дні;
- порядок дій у разі виникнення пожежі: порядок і способи оповіщення людей, виклику пожежно-рятувальних підрозділів, зупинки технологічного устаткування, вимкнення ліфтів, підйомників, вентиляційних установок, електроспоживачів, застосування засобів пожежогашіння; послідовність евакуації людей та матеріальних цінностей з урахуванням дотримання техніки безпеки.

Працівники об'єкта мають бути ознайомлені з цими вимогами на інструктажах або під час проходження пожежно-технічного мінімуму; для кожного приміщення об'єкта мають бути розроблені та затверджені керівником об'єкта або уповноваженою ним посадовою особою інструкції про заходи пожежної безпеки – за умови дотримання зазначених вимог є можливим досягти стану пожежної безпеки на підприємстві.

## **ПСИХОСОЦІАЛЬНІ НЕБЕЗПЕКИ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ**

***Кіссельман Є.М.***

*Науковий керівник – ДановаК.В., канд. техн. наук, доцент*

Останніми роками у широких колах науковців активно обговорюються небезпечні явища соціального характеру, що пов'язані із випадками психологічного насильства у колективі, як мобінг, харасмент

та ін. Такі соціальні явища становлять значну психосоціальну небезпеку для працівників, що негативно впливає не лише на ефективність трудового процесу, але й на стан здоров'я працівників у цілому.

Міжнародна організація праці під мобінгом розуміє форму психічного терору, а саме образливе, мстиве, жорстоке, злостиве або принизливе поводження з окремою особою або групою працівників [1].

Харасмент – принизлива або загрозлива поведінка стосовно окремого працівника або групи осіб у робочому середовищі. Від харасменту на роботі найчастіше потерпають представники вразливих груп: жінки, расові меншини, негетеросексуальні люди, особи із інвалідністю, релігійні меншини тощо [2].

Мобінг, харасмент та інші психосоціальні небезпеки порушують не лише права людини на безпеку, які закріплено на конституційному рівні, а й впливає на ефективність системи управління в компанії у цілому.

За кордоном проблема харасменту набула розголосу через гучні справи із Харві Вайнштейном, Кевіном Спейсі та іншими особами, які отримали звинувачення в домаганнях на робочому місці. У США цьому питанню приділяють дуже велику увагу, там діють чіткі і суворі закони, спрямовані на запобігання і покарання харасменту. Перший судовий розгляд у справі про сексуальне домагання відбувся в 1975 г. Після завершення цього гучного процесу американський жіночий журнал Redbook провів опитування, в ході якого з'ясувалося, що 80% опитаних читачок стикнулися із проявами харасменту на робочих місцях [2].

Порівняно з США, де на законодавчому рівні врегульовані питання про вербальний та невербальний харасмент, в Україні, на даний момент, діє лише Закон України «Про забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків» (2005 р.). Крім того, у статті 17 цього ж закону прописані зобов'язання роботодавця, які направлені на забезпечення рівних прав жінок та чоловіків.[3].

На превеликий жаль, в Україні нема гідного аналогу визначення харасмент, чіткого розмежування, що відноситься до таких дій, а що - ні. Кожна компанія повинна сама прописувати у контракті чи колективних договорах цей аспект, що дає великий розрив між усвідомленням границь допустимого.

Відповідно до статті 18 Закону України «Про забезпечення рівних прав та можливостей жінок та чоловіків» врегулювання таких ситуацій та алгоритм дій при зверненні зі скаргою на домагання, роботодавець повинен прописувати у контракті компанії чи підприємства, законодавство тут не має повноважень [4].

Міжнародна організація праці рекомендує включення до законів, регламентів та колективних договорів про охорону праці положень стосовно насильства і домагань, а також розроблення конкретних стандартів, правил, норм і рекомендацій щодо впровадження програм та профілактичних заходів на робочих місцях. На локальному рівні конкретних робочих місць надійна система управління охороною праці може включати оцінку психосоціальних ризиків, зокрема пов'язаних із насильством та домаганнями, а також важливо посилити контроль за проями цієї соціальної небезпеки [5].

#### Література

1. Качмар О.В. Мобінг як різновид психологічного насильства в трудовому колективі / Актуальні проблеми філософії та соціології [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kipt.sumdu.edu.ua/pdf/buling/mobing.pdf>
2. Пляка Л.В. Булінг, мобінг, харасмент: пізнати та попередити [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nuph.edu.ua/wp-content/uploads/2015/01/202082.pdf>
3. Кошельник Д. Харасмент та українське законодавство. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vctr.media/harassment-in-ukraine-9777/>
4. Закон України «Про забезпечення рівних прав та можливостей жінок та чоловіків» (Редакція від 07.01.2018).
5. До Всесвітнього дня охорони праці 2020 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ks.dsp.gov.ua/2020/04/07/vsesvitnij-den-ohoroni-pratsi-2020/>

## АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ПРОФЕСІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

*Міколув О.М., Шутенко А.Г.*

*Науковий керівник – Данова К.В., канд. техн. наук, доцент*

Професійне захворювання – це хронічне або гостре захворювання, причиною якого став тривалий вплив на працівника шкідливих виробничих факторів. Профзахворювання загрожують працівникам найрізноманітніших сфер, і не тільки в Україні, а й у всьому світі. Профілактика виникнення професійних захворювань неможлива без попереднього аналізу причин їх виникнення.

За 9 місяців 2020 року до робочих органів виконавчої дирекції Фонду надійшло та зареєстровано 1 565 повідомлень про хронічні професійні захворювання (отруєння). Порівняно з 9 місяцями 2019 року кількість повідомлень про хронічні професійні захворювання зменшилась на 11,4 % (з 1 767 до 1 565).

Значне зростання кількості повідомлень про хронічні професійні захворювання, зареєстрованих у робочих органах виконавчої дирекції Фонду, відбулося у: Запорізькій області – на 53,2 % (з 62 до 95) та Донецькій області – на 13,5 % (з 266 до 302).

Найбільше зменшення кількості повідомлень про хронічні професійні захворювання спостерігається у: Львівській області – на 79 повідомлення, або на 23,8 %, Луганській області – на 54 повідомлення, або на 38,6 %, Сумській області – на 44 повідомлення, або на 80 % та Волинській області – на 40 повідомлень, або на 1,3 %.

За 9 місяців 2020 року найбільший рівень професійної захворюваності спостерігається на таких підприємствах: ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» (444 профзахворювання) Дніпропетровська область, ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» (64) Донецька область, ВП «Шахта «Лісова» ДП «Львіввугілля» (48) Львівська область.

Значне збільшення кількості профзахворювань порівняно з 9 місяцями 2019 року відбулося на підприємствах: «Шахта «Червоноградська» ДП «Львіввугілля» – на 17 випадків, або на 85 % (з 20 до 37) та «Шахта «Гірська» ДП «Первомайськвугілля» – на 10 випадків, або на 83,3 % (з 12 до 22).

Найбільша кількість професійних захворювань зареєстрована у: Дніпропетровській області (41,6 %), Донецькій області (19,6 %) та Львівській області (17,9 %). Кількість потерпілих осіб, які отримали профзахворювання у цих областях, складає 79,1 % від загальної кількості потерпілих по Україні, які мають профзахворювання.

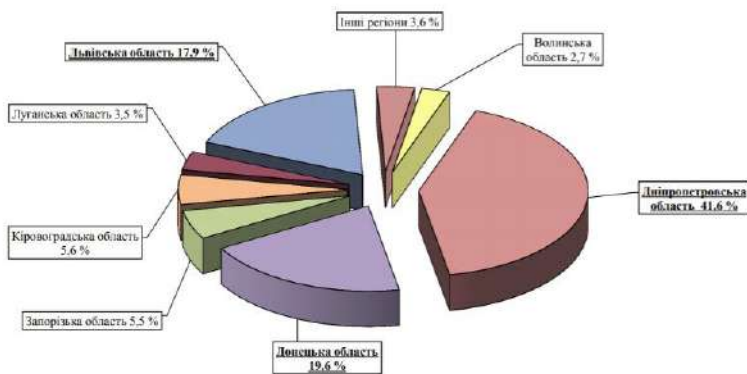


Рисунок 1 – Діаграма кількості професійних захворювань по регіонах України за 9 місяців 2020 року

Основними обставинами, внаслідок яких виникли професійні захворювання за 9 місяців 2020 року, є: недосконалість технологічного процесу – 31,9 %, невикористання засобів індивідуального захисту – 11,6 % та недосконалість механізмів та робочого інструменту – 10,3 % від їх загальної кількості.

Загальна кількість встановлених діагнозів професійних захворювань за 9 місяців 2020 року по Україні – 3695 діагнозів.

У структурі професійних захворювань перше місце належить хворобам органів дихання – 39,8 % від загальної кількості діагнозів по Україні (1 472 випадки). На другому місці – захворювання опорно-рухового апарату (радикулопатії, остеохондрози, артрити, артрози) – 27 % (998 випадків). Третє місце за хворобами слуху – 24,6 % (910 випадків), четверте за вібраційною хворобою – 5,2 % (192 випадки).

Дослідження та аналіз причин професійних захворювань стають у нагоді керівникові підприємства та спеціалістам з охорони праці у розробці заходів, спрямованих на захист працівників від впливу шкідливих виробничих факторів, підвищення рівня та терміну їх працездатності тощо.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАННЯ РЕГУЛЮВАННЯ ТРУДОВИХ ВІДНОСИН ПРАЦІВНИКА ТА РОБОТОДАВЦЯ**

*Міколув О.М., Шутенко А.Г.*

*Науковий керівник – Данова К.В., канд. техн. наук, доцент*

Конституцією України визначено, що кожен має право на працю, що включає можливість заробляти собі на життя працею, яку він вільно обирає або на яку вільно погоджується. Держава створює умови для повного здійснення громадянами права на працю. У чинних нормативних документах значна увага приділяється питанню регулювання трудових відносин працівників, а також дотримання права громадян України на працю, тобто на одержання роботи з оплатою праці не нижче встановленого державою мінімального розміру, включаючи право на вільний вибір професії, роду занять і роботи, забезпечується державою.

Працівники реалізують право на працю шляхом укладення трудового договору про роботу на підприємстві, в установі, організації або з фізичною особою. Працівники мають право на відпочинок відповідно до законів про обмеження робочого дня та робочого тижня і про щорічні оплачувані відпустки, право на здорові і безпечні умови праці, на об'єднання в професійні спілки та на вирішення колективних трудових конфліктів у встановленому законом порядку, на участь в управлінні підприємством, установою, організацією, на матеріальне забезпечення в порядку соціального страхування в старості, а також у разі хвороби або реабілітації, повної або часткової втрати працездатності, на матеріальну допомогу в разі безробіття, на право звернення до суду

для вирішення трудових спорів незалежно від характеру виконуваної роботи або займаної посади.

З метою регулювання виробничих, трудових і соціально-економічних відносин, а також узгодження інтересів трудящих, власників та уповноважених ними органів укладається на підприємствах, в установах, організаціях незалежно від форм власності і господарювання, які використовують найману працю і мають права юридичної особи. У колективному договорі встановлюються взаємні зобов'язання сторін щодо регулювання виробничих, трудових, соціально-економічних відносин, зокрема зміни в організації виробництва і праці; забезпечення продуктивної зайнятості; нормування і оплати праці, встановлення форм, системи, розмірів заробітної плати та інших видів трудових виплат; встановлення гарантій, компенсацій, пільг; участі трудового колективу у формуванні, розподілі і використанні прибутку підприємства, установи, організації (якщо це передбачено статутом); режиму роботи, тривалості робочого часу і відпочинку; умов і охорони праці; забезпечення житлово-побутового, культурного, медичного обслуговування, організації оздоровлення і відпочинку працівників; гарантій діяльності профспілкової чи інших представницьких організацій трудящих; умов регулювання фондів оплати праці та встановлення міжкваліфікаційних (міжпосадових) співвідношень в оплаті праці; забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків.

Трудовим договором є угода між працівником і власником підприємства, за якою працівник зобов'язується виконувати роботу, визначену цією угодою, а власник підприємства зобов'язується виплачувати працівникові заробітну плату і забезпечувати умови праці, необхідні для виконання роботи, передбачені законодавством про працю, колективним договором і угодою сторін.

Працівник має право реалізувати свої здібності до продуктивної і творчої праці шляхом укладення трудового договору на одному або одночасно на декількох підприємствах, в установах, організаціях, якщо інше не передбачено законодавством, колективним договором або угодою сторін.

## **АНАЛІЗ ПРИЧИН НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ВИРОБНИЦТВОМ**

*Ягодка Є.Ю., Попов Д.С.*

*Науковий керівник – Данова К.В., канд. техн. наук, доцент*

За 9 місяців 2020 року було зареєстровано 16 286 повідомлень про нещасні випадки/гострі професійні захворювання (отруєння). По-

рівняно з 9 місяцями 2019 року кількість повідомлень про нещасні випадки/гострі професійні захворювання (отруєння) збільшилась у 3,7 раза (з 4 427 до 16 286), кількість повідомлень про нещасні випадки зі смертельним наслідком збільшилась на 4,4 % (з 908 до 948).

За 9 місяців 2020 року на підприємствах з найбільшим рівнем травматизму значна кількість страхових нещасних випадків сталася на таких підприємствах: ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» (100 нещасних випадків) Дніпропетровська область, ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» (47) Донецька область, ПАТ Криворізький залізорудний комбінат» (23) Дніпропетровська область, ТОВ «СІЛЬПО-ФУД» (22) м. Київ, підприємство з іноземними інвестиціями «МАКДОНАЛЬДЗ ЮКРЕЙН ЛТД» (17) м. Київ.

На підприємствах України травмовано 54,8 % (2 109) чоловіків та 45,2 % (1 742) жінок від загальної кількості травмованих по Україні.

Отримала травми на виробництві у стані алкогольного сп'яніння 61 особа (1,6 % від загальної кількості травмованих по Україні), що на 23 особи менше порівняно з 9 місяцями 2019 року. При цьому 32 особи отримали травми із смертельним наслідком.

Найбільше за 9 місяців 2020 року сталося нещасних випадків з робітниками таких професій – сестра медична (брат медичний) (301), молодша медична сестра (молодший медичний брат) з догляду за хворими (141), молодша медична сестра (санітарка, санітарка-прибиральниця, санітарка-буфетниця та ін.) (133), водій автотранспортних засобів (131), гірник очисного забою (108), прохідник (79).

Найвищий рівень виробничого травматизму спостерігався серед працівників віком від 50 до 59 років (1 095 осіб, що складає 28,4 % від загальної кількості травмованих по Україні за 9 місяців 2020 року).

Серед причин страхових нещасних випадків переважають організаційні – 56,7 % (2 182) нещасні випадки. Через психофізіологічні причини сталося 19,2 % (738) нещасних випадків, інші причини – 14,2 % (550) нещасних випадків, технічні причини – 8,1 % (313) нещасних випадків, через техногенні, природні, екологічні та соціальні причини – 1,8 % (68) нещасних випадків.

Найпоширенішими організаційними причинами стали:

- невиконання вимог інструкцій з охорони праці – 29,1 % від загальної кількості травмованих осіб по Україні (1122 травмовані особи);

- порушення вимог безпеки під час експлуатації транспорту загального користування (автомобільного, водного, залізничного, повітряного) – 5,6 % (215 травмованих осіб);



- невиконання посадових обов'язків – 5,2 % (202 травмовані особи);
  - інші організаційні причини – 4,0 % (154 травмовані особи);
  - порушення технологічного процесу – 2,7 % (105 травмованих осіб);
  - порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів тощо – 2,2 % (85 травмованих осіб).
- Найпоширенішими психофізіологічними причинами стали:
- особиста необережність потерпілого – 8,1 % від загальної кількості травмованих осіб по Україні (312 травмованих осіб);
  - інші психофізіологічні причини – 5,6 % (217 травмованих осіб);
  - травмування (смерть) внаслідок протиправних дій інших осіб – 4,5 % (174 травмовані особи).

Найпоширенішими технічними причинами стали:

- незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території – 2,2 % від загальної кількості травмованих осіб по Україні (86 травмованих осіб);
- інші технічні причини – 1,4 % (55 травмованих осіб);
- невідповідність засобів колективного та індивідуального захисту встановленим вимогам та їх недостатність – 1,0 % (40 травмованих осіб);
- незадовільний технічний стан засобів виробництва – 1,0 % (39 травмованих осіб);
- конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва – 0,9 % (35 травмованих осіб).

Дослідження та аналіз причин нещасних випадків дозволяє сформулювати нові та ефективні напрямки діяльності керівництва підприємства із впровадження заходів, спрямованих на підвищення рівня виробничої безпеки та попередження випадків виробничого травматизму.

## **РОЛЬ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ ОХОРОНИ ПРАЦІ У ПІДВИЩЕННІ РІВНЯ ВИРОБНИЧОЇ БЕЗПЕКИ**

*Ягодка Є.Ю., Попов Д.С.*

*Науковий керівник – Данова К.В., канд. техн. наук, доцент*

Менеджмент охорони праці являє собою систему сучасних методів управління, яка включає створення умов для забезпечення і підтримки необхідного рівня стану і функціонування господарської системи шляхом цілеспрямованої дії на умови і фактори, що впливають на

безпеку робіт і охорони життя працівників на різних етапах їх виробничої діяльності.

Ефективність системи менеджменту охорони праці формується дотриманням та впровадженням заходів, зокрема:

- реалізація переліку дій, спрямованих на зниження рівнів виробничого ризику та підвищення виробничої безпеки працівників, а також приділення більшої уваги до тих видів виробничої діяльності, які забезпечують успішне функціонування підприємства;

- впровадження багатоцільової політики підприємства, яка включає в себе підвищення рівня фахової обізнаності спеціалістів підприємства, а також їх відповідальності за розвиток процесів безпеки і охорони життя працівників, а також їх залучення до вирішення питань, що формують виробничу безпеку;

- оптимізація та удосконалення системи контролю за станом охорони праці на підприємстві в цілому, а також діями працівників під час виконання робіт з метою своєчасного виявлення недоліків та їх усунення;

- використання у формуванні нормативної бази підприємства міжнародних стандартів з метою впровадження проактивного підходу до здоров'я працівників, що спирається на попереджувальні дії, а також дії, що враховують зміни в системі менеджменту охорони праці.

Важливим елементом системи менеджменту є оцінка ефективності заходів, що були впроваджені на підприємстві з метою поліпшення умов і охорони праці, яка також може використовуватись для підготовки подальших управлінських рішень, спрямованих на підвищення рівня виробничої безпеки.

Оцінити ефективність функціонування системи менеджменту охорони праці можливо за наступними основними критеріями:

- інформування працівників щодо політики підприємства в галузі охорони праці (за допомогою планів, програм тощо);

- формування відповідної нормативно-правової бази, що визначатиме механізм функціонування системи менеджменту охорони праці (забезпечення структурних підрозділів підприємства відповідною документацією);

- визначення осіб, відповідальних за реалізацію певних завдань, функцій та процесів, а також за функціонування системи менеджменту охорони праці в цілому (такими особами можуть бути спеціалісти служби охорони праці, або інші посадові особи безпосередньо у структурних підрозділах підприємства);

- створення додаткової системи контролю, яка є складовою системи менеджменту і призначена для моніторингу виробничої діяльності та технологічних процесів;

- систематична реалізація працезахоронної діяльності на підприємстві;

- постійне вдосконалення стратегії та характеру існуючої системи менеджменту охорони праці та приведення її у відповідність до вимог міжнародних стандартів.

Зазначений комплексно-системний підхід до вирішення проблем і завдань забезпечення професійної виробничої безпеки і відповідна його реалізація дозволить створити передумови для стійкого управління станом охорони праці.

## **АКТУАЛЬНІСТЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ШУМОВОГО РЕЖИМУ**

*Заставська В.А., Гордієнко І.С.*

*Науковий керівник – Абракітов В.Е., канд. техн. наук, доцент*

Громадяни України мають право на безпечні для здоров'я умови праці, навчання, виховання, побуту, відпочинку та навколишнє природне середовище, гарантоване Конституцією України, ст. 153 КЗоП, ст. 4 Закону України "Про охорону праці".

Науково-технічний прогрес у всіх галузях промисловості й на транспорті супроводжується розробкою й широким впровадженням різноманітного устаткування, верстатів і транспортних засобів. Ріст їхніх потужностей, та швидкий розвиток привели до того, що людина на виробництві й у побуті постійно піддається впливу шуму високої інтенсивності. Наслідком шкідливої дії шуму можуть бути професійні захворювання, підвищення загальної захворюваності, зниження працездатності, підвищення ступеня ризику травм і нещасних випадків, пов'язаних з порушенням сприйняття попереджувальних сигналів, порушення слухового контролю функціонування технологічного устаткування, зниження продуктивності праці. Весь комплекс змін, що виникають в організмі людини при тривалому впливі шуму, на сучасному рівні розглядається як «шумова хвороба».



Рисунок 1 – Залежність відчуття шуму людиною від чисельних значень рівнів звуку

Шум визначено як один з шкідливих та небезпечних виробничих факторів, значення якого нормовані для тих чи інших умов на законодавчому рівні.

Актуальною народно-господарською проблемою є розробка ефективних заходів щодо боротьби зі шкідливою дією виробничого шуму.

Одним з факторів, що негативно впливають на навколишнє середовище, є шум. Шумом називають всякий неприємний, небажаний звук або сукупність звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів, порушують тишу, завдають шкідливу або подразнюючу дію на організм людини, знижують його працездатність.

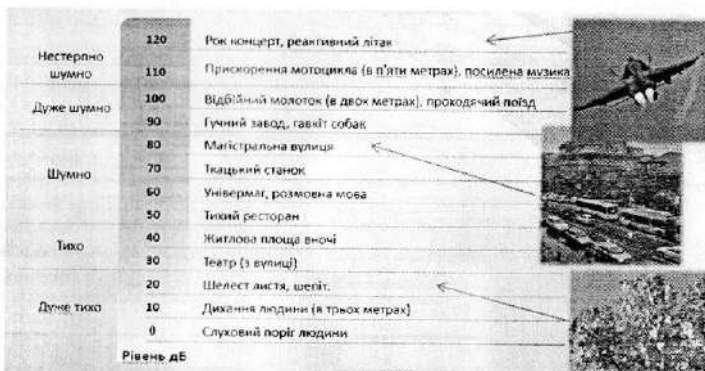


Рисунок 2 – Вплив шуму на людину в залежності від різних ситуацій

В останні 10 років, проблема боротьби із шумом на близько розташованих до джерел шуму виробничих і житлових територіях стає все гостріше. Отже, оптимізація шумового режиму насправді є важливою первоступеневою проблемою сучасності.

## **МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ВІД ШУМУ**

*Коваленко Є.Е., Кадьян Є.В., Гайдукова А.Н.*

*Науковий керівник – Абракітов В.Е., канд. техн. наук, доцент*

Загальна класифікація методів і засобів захисту від шуму, застосовуваних при рішенні завдань охорони праці, відповідно до якої вони підрозділяються на активні і пасивні, (що, відповідно, потребують (або не потребують) додаткових витрат енергії); колективні й індивідуальні; на методи боротьби із шумом на шляху його поширення і в джерелі його виникнення, - приведена в [ГОСТ 12.1.029-80]. Україн важко і не доцільно, на наш погляд, моделювання заходів щодо боротьби із шумом у джерелі його виникнення з застосуванням методів аналогії. Розгляду й аналізу у дійсній роботі, таким чином, підлягають колективні методи і засоби захисту від шуму на шляху його поширення. Їхня класифікація на базі [ГОСТ 12.1.029-80] наведена на рис. 3.

Архітектурно-планувальні методи боротьби із шумом не можуть повністю вирішити проблему створення акустичного комфорту на робочих місцях, поблизу потужних джерел шуму (надалі – ДШ), та ін. Наприклад, зонування шуму вимагає значних площ і саме по собі не захищає людей, що безпосередньо обслуговують ДШ, та ін.

З числа перерахованих на рис. 3 засобів боротьби із шумом найбільш широку область застосування мають засоби звукоізоляції та звукопоглинання.

При їхньому дослідженні, кількісній оцінці ефективності, розробці і т. д. також доцільно застосовувати моделювання з використанням методу аналогії. В даний час відомо дві групи таких звукоізолюючих пристроїв, що розрізняються між собою за конструктивним виконанням, а саме: оболонки незалежної від ДШ конструкції з повітряним проміжком між ним і оболонкою у вигляді звукоізолюючих: панелей, боксів із блоків, камер, капотів, капсул, кожухів, стін, екранів і ін.; та звукоізолюючі покриття, конструкції яких механічно зв'язані з ДШ і є його невід'ємною складовою частиною, упритул прилягають до ДШ без повітряного проміжку, що наносяться прямо на нього, з незмінною формою, що повторює форму ДШ Існують багато підходів до конструювання шумозахисних засобів.

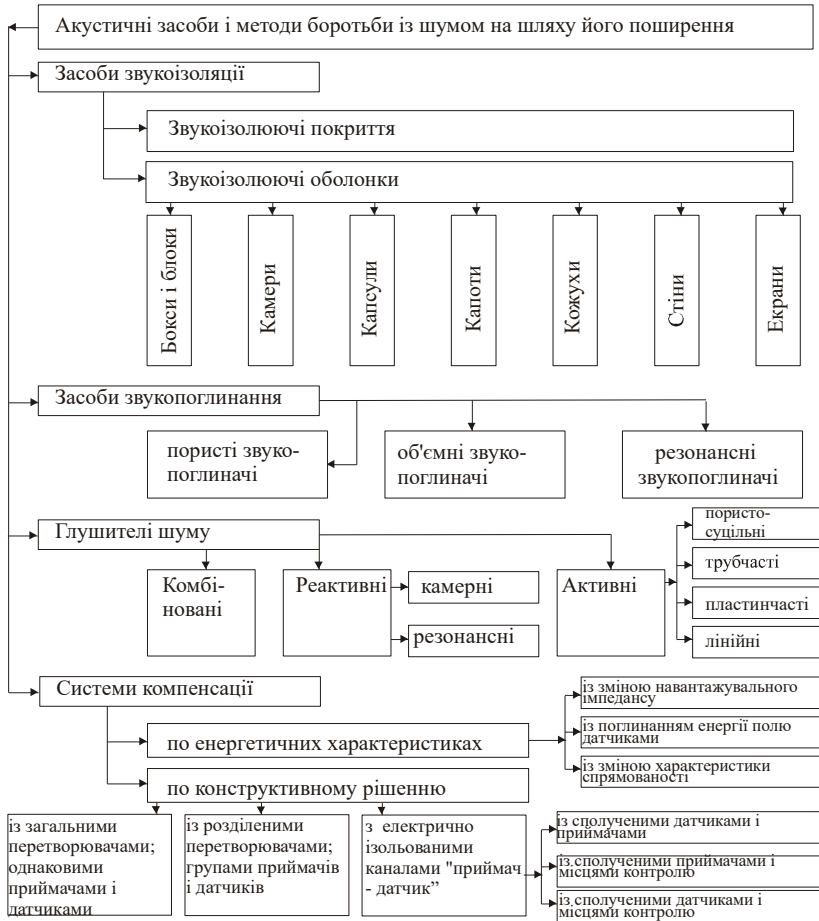


Рисунок 3 – Класифікація акустичних засобів колективного захисту від шуму на шляху його поширення залежно від способу реалізації відповідно до класифікації ГОСТ 12.1.029-80

## ПРИНЦИПОВІ СТАДІЇ РОБІТ В ГАЛУЗІ БОРТЬБИ ІЗ АКУСТИЧНИМ ЗАБРУДНЕННЯМ

*Мірошніченко А.А., Кунченко К.Р., Оржицька К.С.*

*Науковий керівник – Абракітов В.Е., канд. техн. наук, доцент*

В умовах міської «тісноти» об'єкти транспорту й промисловості є значними джерелами міського шуму. Вони наносять значний соціаль-

но-економічний збиток на розташованих поблизу територіях й вимагають до себе особливої уваги у галузі шумозахисту.

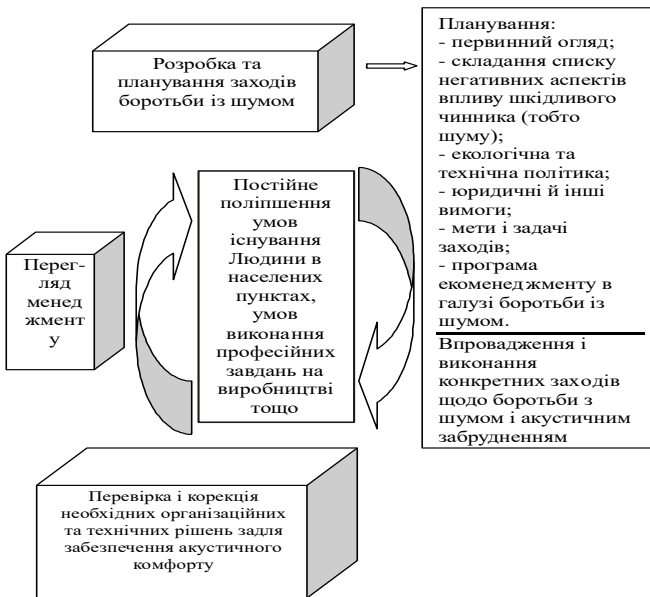


Рисунок 4 – Принципові стадії робіт в галузі боротьби із акустичним забрудненням та забезпечення акустичного комфорту населених місць

Дослідженням зашумованих об'єктів, а також розробкою методів і засобів зниження їхньої акустичної активності, зайнято сьогодні багато фахівців в Україні й за рубежом. Високі темпи механізації й індустріалізації робіт, технологічних процесів, збільшення швидкості, енергоємності, продуктивності, і потужності застосовуваного устаткування незмінно супроводжуються збільшенням шуму і вібрації.

## ШЛЯХИ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ВІБРАЦІЇ ГІРНИЧИХ МАШИН ТА УСТАТКУВАННЯ

*Дубров Є.В.*

*Науковий керівник – Барбашин В.В., канд. техн. наук, доцент*

Вібрація виробничих агрегатів викликає коливання повітря, передається конструкціям будівель і фундаменту, а через нього – ґрунто-

ві. Внаслідок цього коливання можуть виникати навіть у спорудах, які далеко відстоять одна від одної .

Колівання будівельних конструкцій заважає роботі агрегатів і вимірвальної апаратури , підвищує рівень шуму в приміщеннях. Особливо недопустимі коливання підлоги на робочих місцях [1].

Ефект вібраційного навантаження / на противагу ударові/ може проявлятися у віддалених та навіть ізоляційних частинах споруди. Тут немає прямої залежності між інтенсивністю навантаження і результатом його дії: навіть порівняно мале навантаження може викликати руйнівну дію. Ліквідація та ослаблення вібрацій необхідні не тільки для створення сприятливих умов праці, а й для забезпечення збереженості устаткування та поліпшення його роботи [2].

Ослаблення вібрацій досягається конструктивними і технологічними заходами: врівноваженням, балансуванням частин, які крутяться для забезпечення плавної роботи машини; ліквідацією дефектів та розхитаності окремих частин (наприклад, усуненням асиметрії магнітної системи електромашини); зустрічним спарюванням тощо [3].

Зменшення амплітуди коливань віброуючих металевих деталей машин досягається покриттям їхньої поверхні демпфуючими матеріалами з великим внутрішнім тертям або в'язкістю. Демпфуючий матеріал наклеюють кількома шарами на випромінюючу поверхню.

Для ослаблення передачі коливань по будівельних виробничих конструкціях віброуючі агрегати встановлюють на самостійні фундаменти, ізольовані від підлоги та інших конструкцій будівлі, у конструкціях встановлюють розриви, які заповнюють матеріалом, що різко відрізняється від ізольованих по хвильовому опоріві.

Фундамент під машину вибирають відповідної маси, його розраховують таким чином, щоб амплітуда коливань підосви фундаменту в будь-якому випадку не перевищувала 0,1-0,2 мм, а для особливо відповідальних споруд – 0,005 мм.

Ізоляція фундаменту має на меті попередження передачі коливань від нього. Для цього навкруги фундаменту прилаштовують розриви / акустичні шви/ без заповнення, із заповненням, а підпірними стінками. Ослаблення вібрацій досягають також пружним підвішуванням агрегатів та амортизацією. Амортизації досягають включенням проміжних пристроїв між машиною та основою. Амортизують також робочі місця, вмикаючи проміжні пристрої у вигляді сталених пружин, ресор, прокладок з гуми, корку та ін.

Для зниження рівня вібрацій шарошечних бурових верстатів типу СБШ-250 використовують наддолотні амортизатори. Рівень вібрації бурового стану при цьому зменшується в 2-2,5 рази, стійкість долота



підвищується на 18-30%. Встановлення на бурових верстатах електричних двигунів, компресорів, кабін машиністів на спеціальних амортизаторах та віброзахисних полях знижує рівень вібрації в 2 рази.

Площадка ПЕВ, що гасить вібрацію для кабін екскаватора, знижує рівень вібрації робочого місця машиніста в 3-10 разів у діапазоні частот 5-355 Гц.

Антивібраційне крісло для машиніста екскаваторів ЭКГ-46 дає змогу знизити вібрацію в діапазоні частот 2-7 Гц і практично виключає її на вищих частотах.

Завдяки встановленню kabіни водія автосамоскида БелАЗ-540 на гумометалеві амортизатори, рівень його вібрації знижується в 2-6 разів у діапазоні частот 22-2000 Гц.

Крім того, для зниження вібрації необхідно застосовувати антивібраційне взуття, підшва якого заповнена стисненим повітрям. Тиск повітря регулюється залежно від рівня вібрації та маси працюючого. Руки захищають двома парами рукавичок: гумовими /зверху/ та бавовняними. Шар повітря між рукавичками ослаблює коливання.

#### Література

1. Охорона праці України : Нормативні документи/ Упоряд. О.М. Роїна, Ред. О. А. Кривенко. – К.: КНТ, 2006. – 418 с.
2. Мала гірнича енциклопедія. Т 2 / За ред. д.т.н. Білецького В.С. –Донецьк: Донбас, 2007. –652 с.
3. Дриженко А.Ю., Козенко Г.В., Рыкус А.А. Открытая разработка железных руд Украины: состояние и пути совершенствования. –Полтава: Полтавський літератор, 2009. –452 с.

## **АНАЛІЗ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ І АВАРІЙ АМІАЧНО-ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**Жукова К.О.**

*Науковий керівник – Білим П.А., канд. хім. наук, доцент*

Для отримання низьких температур технологічними схемами компресорного цеху багатьох промислових підприємств харчової та переробної промисловості передбачено застосування токсичної речовини – аміаку.

Потенційна небезпека таких технологічних схем полягає у порушенні герметичності обладнання і трубопроводів, що містять аміак. Найбільшу небезпеку з цієї точки зору являють собою руйнування автоцистерн з рідким аміаком; руйнування напірних трубопроводів компресорів; порушення герметичності відокремлювачів рідини, лінійних

та циркуляційних ресиверів, запірної арматури, батарей холодильних камер [1].

Наслідком таких аварій є виникнення загазованості виробничого приміщення, відкритого майданчика цеху і підприємства в цілому, а також прилеглих житлових районів; утворення вибухонебезпечної суміші аміаку з повітрям в приміщеннях, внаслідок чого можливі вибухи і пожежі.

Основні небезпеки, характерні для таких установок, обумовлюються токсичними властивостями аміаку і його кількістю, накопиченій в одному апараті.

Аналіз причин аварій та нещасних випадків, що сталися при експлуатації АХУ на підприємствах харчової та переробної промисловості, показав, що технічні причини аварій і нещасних випадків та їх відносна кількість наступна: 1) гідроудари в компресорах і вибухи – 49,0 %, в тому числі в першому ступені – 38,4 %, в другому ступені – 10,6%; 2) високий тиск – 10,6%; 3) висока температура – 4,2%; 4) виток аміаку з інших причин, крім гідроударів, високих тисків і температур – 21,3%; 5) особливі випадки – 14,9%.

До причин великих аварій з викидом аміаку на підприємствах харчової та переробної промисловості можна також віднести: пожежа на вводі основного та резервного електропостачання; загоряння теплоізоляції; промерзання ґрунту і його спучування, що призводить до руйнування будівельних конструкцій; незадовільний технічний стан елементів холодильної установки.

Більшість аварій та нещасних випадків відбувається під час пуску компресора в роботу в другій половині робочої зміни, коли у обслуговуючого персоналу з'являється деяка втома, притупляється пильність.

У роботі проаналізовано основні причини аварій та нещасних випадків, що сталися при експлуатації АХУ. Це стосується перш за все гідроударів, що сталися в першому та другому ступені компресора, аварії через високий тиск та температуру, виток аміаку з інших причин [2].

Треба зазначити, що при викиді газоподібного та протіканні рідкого аміаку формується токсична газова хвиля, потужність якої визначається масою викиду. Швидкість руху газової хвилі і міграція токсичної хмари, яка утворюється, залежать від кліматичних умов, в основному від стану атмосфери.

Небезпеки викидів аміаку в атмосферу в багатьох випадках пов'язані з низькою якістю ремонту і ненадійною у зв'язку з цим герметизацією компресорного устаткування, що при великих динамічних

знакозмінних навантаженнях призводить до руйнування, особливо в місцях роз'ємних з'єднань.

Особлива увага повинна бути звернена на небезпеку виникнення гідравлічних ударів при некваліфікованій експлуатації компресорного устаткування, особливо в пусковий період після ремонту.

Аналіз аварій показує, що в багатьох випадках потрапляння рідини в циліндри, що викликає гідравлічні удари і руйнування апаратури, пов'язане з несправністю приладів контролю рівня рідини у віддільниках рідини і циркуляційних ресиверах на всмоктуючій стороні компресорів, а також з іншими порушеннями режиму роботи машин. Такі випадки досить часто спостерігаються на аміачних компресорах холодильних установок.

Іншим джерелом аварій можуть бути зливно-наливні операції, рівень механізації та автоматизації яких дуже низький, що неминуче призводить до різних помилок, які викликають викиди аміаку.

#### Література

1. Постарнак С.Ф. Холодильные машины и установки / Постарнак С.Ф., Зуев Ю.Ф. – М.: Транспорт, 1982. – 335с.
2. Методика прогнозування наслідків впливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті. – Київ 2001. – 43с.

## **НЕБЕЗПЕЧНІ ТА ШКІДЛИВІ ЧИННИКИ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ ОТРИМАННЯ СКЛЯНИХ ВИРОБІВ**

***Філіпова К.В.***

*Науковий керівник – Білим П.А., канд. хім. наук, доцент*

В основі сучасної технології виготовлення скла лежить «Флоат-метод», оскільки він має деякі переваги: висока продуктивність, утворення зовсім незначних оптичних дефектів скляної продукції, а отже, не виникає необхідності проведення додаткової обробки скла [1,2].

Вихідними матеріалами для виготовлення «флоат-скла» є: білий кварцовий пісок  $\text{SiO}_2$ ; сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; вапняк або крейда  $\text{CaCO}_3$ .

Допоміжними матеріалами є:

- барвники – додають певного кольору (оксиди свинцю, міді, бору);
- глушники – розподіляються в склі у вигляді дрібних частинок, розсіюють світло і утворюють скло молочно-білого кольору (фосфорнокислі, фтористі солі);
- знебарвлювачі – усувають фарбування скла від оксидів заліза (оксид нікелю, селен, сполуки марганцю);

- освітлювачі – видаляють газові включення (бульбашки) із розплаву (триоксид миш'яку, селітра);
- прискорювачі – прискорюють процес варіння скла (сполуки фтору, бору, хлору).

Технологія отримання скла складається з двох виробничих циклів [2]: циклу технології отримання скломаси та циклу технології отримання скляних виробів.

В такій технології можна виділити наступні характерні виробничі процеси, які характеризуються наявністю небезпечних для людини факторів.

1. Транспортування сировини: вплив шуму; вплив на дихальні шляхи аерозолів; вплив ергономічних факторів; виробничі травми.

2. Випалювання і плавлення: вплив продуктів згоряння; вплив димів і аерозолів вихідної сировини; пожежі або вибухи; вплив інфрачервоного випромінювання розплавленого матеріалу; випромінювання енергії і тепловий удар; електротравматизм; вплив шуму.

3. Ручні операції в процесі виробництва, переробки, фасувально-пакувальних робіт і зберігання на складі: ергономічний травматизм.

4. Відновлювальні роботи та реконструкція: ергономічний травматизм; вплив аерозолу оксиду кремнію, азбесту, волокон вогнетривкої кераміки або частинок, що містять домішки важких металів.

За результатами такого оцінювання визначені наступні групи показників:

- механічні – шум, ергономічні фактори виробництва, виробничий травматизм. Найбільш небезпечним в цій групі факторів є виробничий шум, оскільки повністю уникнути його неможливо і він може стати причиною виробничого травматизму;

- температурні – теплове випромінювання, вплив продуктів згоряння, пожежі та вибухи, теплові удари та опіки. Головним параметром для цієї групи факторів є температура, або її перевищення над температурою, яка є нормальною для діяльності людини, оскільки людина постійно знаходиться в процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем;

- вплив аерозолів на дихальні шляхи людини, вплив допоміжних хімічних речовин. Шкідливий вплив факторів цієї групи визначається окремими маніпуляціями з сировиною, як і при здійсненні технологічних процесів;

- електричні – електротравматизм, вплив електромагнітних полів. Дія електричного струму на людину має різносторонній характер. Фактори, що діють на тяжкість ураження електричним струмом: сила, тривалість дії струму, його вид (постійний, змінний), шляхи прохо-

дження, також умови навколишнього середовища. Вплив електромагнітних полів на організм людини залежить від щільності потоку енергії, частоти випромінювання, тривалості впливу, режиму опромінення, розмірів опромінюваної поверхні тіла, індивідуальних особливостей організму.

Таким чином, різні небезпечні та шкідливі фактори мають різну тривалість дії, яка залежить від особливостей кожного етапу технологічного процесу по отриманню скляного виробу.

#### Література

1. Гулоян Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий/ Гулоян Ю.А. – Владимир: Гранзит-Икс, 2003. – 480 с.

2. Шелби Дж. Структура, свойства и технология стекла/ Шелби Дж.; [перевод с английского Е. Ф. Медведева]. - М.: Мир, 2006. - 288 с.

## **ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА ЇХ ПОТЕНЦІЙНА НЕБЕЗПЕКА**

*Колодяжна А.О.*

*Науковий керівник – Білим П.А., канд. хім. наук, доцент*

Підприємства хлібопекарської галузі в процесі виробництва здійснюють викиди забруднювальних речовин у атмосферне повітря, скиди стічних забруднених вод у поверхневі водойми та залишають тверді промислові та побутові відходи. Склад, динаміка та обсяги забруднювальних речовин, що продукують підприємства хлібопекарської галузі, залежить від багатьох чинників: устаткування, що експлуатується; технологій виробництва; якості сировини; організації виробничого процесу та процесів зберігання і реалізації готової продукції; масштабів споживання сировини та енергії, виробництва та реалізації готової продукції тощо.

Унаслідок функціонування хлібопекарських підприємств у атмосферу потрапляють такі шкідливі речовини:

- 1) різні види органічного пилу (борошняний, цукровий) під час прийому, зберігання і підготовки сировини;
- 2) пари етилового спирту і вуглекислого газу внаслідок бродіння тіста;
- 3) пари етилового спирту, летких кислот (оцтової) і альдегідів (оцтових), що утворюються під час випікання хлібобулочних виробів;
- 4) акролеїн унаслідок випікання формового і подового хліба;
- 5) пари етилового спирту, летких кислот (оцтової), альдегідів (оцтових) у процесі охолодження і зберігання випечених виробів;

б) окис вуглецю та оксиди азоту від хлібопекарських печей за використання як палива природного газу;

7) пил, зварювальний аерозоль, окиси марганцю, аміак, окис вуглецю та оксиди азоту, пари лугу — від допоміжного виробництва [1-3].

Потенційно небезпечним обладнанням за надзвичайних ситуацій на підприємстві є котельня. Аварійною ситуацією в котельній вважається ймовірність вибуху. Основними шкідливими речовинами, які потраплять у повітря під час аварії, є сажа,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ . Частка викидів забруднювальних речовин котельної порівняно з іншими джерелами емісії хоча і не домінуюча, проте значна — майже 8% від загальних обсягів [4]. Ще одним істотним джерелом забруднення атмосфери є використання різних видів палива, від особливостей горіння якого залежить характер забруднення та методи очищення довілля від продуктів згорання.

Зони ґрунтів поблизу території розташування хлібопекарських заводів доволі часто забруднюються виробничими відходами: паперовими та картонними коробками, металевими та скляними бляшанками, дерев'яними ящиками, пластмасовими діжками та іншою тарою з-під сировини, що спричиняє порушення санітарного режиму на підприємстві.

На нашу думку, оцінку негативних впливів на довкілля підприємств хлібопекарської галузі слід здійснювати за допомогою комплексного індексу. Використовуючи критерій екологічності хлібопекарного підприємства, можливо виявляти найістотніші впливи на довкілля конкретного виробництва та оцінити ефективність використання сировини й завантаженості устаткування.

Таким чином, формування методичної бази оцінки рівня екологічних впливів хлібопекарських підприємств слід здійснювати із застосуванням таких методів, як балансовий; нормативний; експертний; інструментальний; розрахунковий; грошовий; непрямого вимірювання рівня екологічних впливів; абсолютної оцінки рівня екологічного впливу; відносної оцінки; метод за допомогою форм статистичної звітності; метод за кількісною оцінкою екологічної досконалості хімічних процесів і питомого утворення відходів з використанням коефіцієнту виходу готової продукції.

Використання вказаних методів оцінок надає можливість розробити систему природоохоронних заходів та знизити рівень потенційної небезпеки об'єкту господарювання.

#### Література

1. Ширяєва І.В. Вплив переробних підприємств АПК на якість природного середовища регіону // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2014. № 8. С. 219—223.
2. Іванько О.М., Бідненко Л.І. Сучасні методи знезараження стічних вод (огляд літератури) // Проблеми військової охорони здоров'я. 2012. Вип. 33. С. 137—150.
3. Крусір Г.В. Екологічний аудит хлібопекарського підприємства // Харчова наука і технологія. 2013. № 1. С. 80—81.
4. Крусір Г.В. Оцінка екологічної безпеки хлібних виробів // Харчова наука і технологія. 2013. № 1. С. 84—87.

### **ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ МАРТЕНІВСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА НА ВАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»**

*Лактіонова Н.В.*

*Науковий керівник – Білим П.А., канд. хім. наук, доцент*

Забруднення атмосферного повітря є однією з найсерйозніших екологічних проблем багатьох міст. Вплив забруднення повітря на здоров'я людини проявляється через скорочення середньої тривалості життя, збільшення кількості передчасних смертей, зростання захворюваності і негативний вплив на розвиток підростаючого покоління.

Для Запоріжжя, як промислового мегаполісу, питання забруднення повітряного середовища особливо актуальні. За даними Міністерства охорони навколишнього природного середовища, з 32 міст, в яких проводяться спостереження за станом атмосферного повітря на стаціонарних постах, м. Запоріжжя входить в число найбільш забруднених міст України та займає по ситуації на 2020 рік друге місце.

Аналіз викидів показує, що сьогодні на ВАТ «Запоріжсталь» основним джерелом забруднення атмосфери є мартенівське виробництво (Близько 60% від усіх викидів підприємства).

На підприємствах чорної металургії в розвинених країнах відмова від мартенівського виробництва сталі і розливання сталі в злитки стався вже давно. В даний час впроваджуються технології та обладнання, що дозволяють знизити енерго- і ресурсовитрати на одиницю продукції, а отже, і техногенне навантаження на навколишнє середовище [1].

Основний внесок у викиди парникових газів вносять викиди CO<sub>2</sub>, які утворюються переважно при спалюванні палива. Валові викиди парникових газів (CO<sub>2</sub>) склали 241094 т / рік. Розрахунок заснований на даних про фактичне споживання палива мартеновськими печами із застосуванням значень коефіцієнтів емісії вуглецю для коксового та природного газів.

Протягом 2016-2019 рр. підприємством опрацьовувалася велика кількість варіантів розвитку сталеплавильного виробництва металургійного комплексу.

Причини реалізації програми з удосконалення сталеплавильного виробництва шляхом заміни застарілого мартенівського комплексу на сучасне електродугове обладнання:

а) використання дефіцитного і дорогого природного газу при виробництві мартенівської сталі;

б) мартенівське виробництво розташовується в центральній частині міста і характеризується великими викидами шкідливих речовин (пил, оксиди) в атмосферу;

в) неможливість забезпечення встановлених норм викидів шкідливих речовин в атмосферу при збереженні мартенівського способу виробництва сталі;

г) високий знос основних цехових агрегатів, що значно погіршує умови праці обслуговуючого персоналу

Переваги електросталеплавильного виробництва:

а) в електропечах варять сталь з високою температурою плавлення і поліпшеними якісними показниками.

б) Нетривалий час плавлення - займає приблизно 2-3 години, за рахунок зниження перегріву металу перед випуском на 10-15%, що дозволить знизити викиди в атмосферу на 7-10%.

в) зниження собівартості сталі за рахунок скорочення витрат природного газу та матеріалів при виплавки сталі.

Очікувані результати після реалізації програми по удосконаленню сталеплавильного виробництва:

а) зниження викидів пилу з 1,6 до 0,35 кг / т і шкідливих оксидів (CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO) з 3,0 кг / т до 0,3 кг / т в атмосферу;

б) зниження екологічного навантаження на центр міста і прилеглий масив;

в) зниження собівартості виробництва сталі і скорочення витрат на обслуговування обладнання (поточні і капітальні ремонти) [2].

Таким чином, за рахунок скорочення часу виплавки сталі і побудови сучасної газоочисної установки відбувається зниження викидів пилу і шкідливих оксидів, що значно поліпшує умови праці на підприємстві.

#### Література

1. Буторина И. В., Харлашин П. С., Сушенко А. В. Пути снижения энергоемкости металлургических процессов на предприятиях Украины // Сталь. – 2003, № 7. – С. 97 – 101.
2. Г. О. Білявський, Р.С. Фурхдуй, И.Ю. Костіков. Основи екології. Київ: Либідь, 2004 р. – 407 с.



## **БЕЗПЕКА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ – СКЛАДОВА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ**

*Горобинський Д.В.*

*Науковий керівник – Ворожбіян М.І., д-р техн. наук, професор*

Одним з найбільш небезпечних негативних наслідків глобальних екологічних і соціоприродних проблем є погана якість харчових продуктів, що, в кінцевому підсумку, призводить до погіршення здоров'я людини. Про це свідчить значне збільшення за останні роки кількості випадків харчових алергій, отруєнь, серцево-судинних захворювань, ожиріння та інших небезпечних захворювань через вживання неякісних продуктів харчування. Ще Гіппократ сказав: «Ми є те, що ми їмо», тому на сьогодні проблема якості та безпеки харчових продуктів стоїть як ніколи гостро.

Харчова, біологічна й енергетична цінність харчових продуктів визначається вмістом у них поживних елементів: білків, вітамінів, мінеральних солей, води, органічних кислот, смакових, ароматичних та інших речовин.

Харчові продукти є складними багатокомпонентними системами, що включають сотні хімічних сполук. Проте не всі сполуки є корисними, серед них є чужорідні, потенційно небезпечні для життя і здоров'я людини. До таких сполук відносять ксенобіотики і контамінанти, які на сьогодні містять майже всі харчові продукти.

Ксенобіотики – це сполуки, які не властиві натуральному продукту, але можуть бути додані до нього для покращення або збереження якості й харчових властивостей або утворюватися в результаті технологічної обробки продуктів.

Контамінанти – це природні (мікроорганізми, ряд мікротоксинів, антибіотики, гормональні препарати та ін.) та антропогенні (токсичні речовини промислових виробництв, транспорту, важкі метали, радіонукліди, нітрозаміни та інші речовини) забруднювачі.

Найбільш небезпечними для здоров'я людини є такі ксенобіотики:

- консерванти викликають у людини різноманітні алергійні й запальні реакції, головний біль, печінкові коліки, дратівливість і стомленість;

- антиоксиданти можуть викликати астматичний напад, затримують воду в організмі, викликають хвороби печінки й нирок.

Найбільш небезпечними для здоров'я людини є такі антропогенні контамінанти:

- радіонукліди призводять до хромосомних уражень соматичних клітин;
- важкі метали можуть мати токсичний та канцерогенний вплив;
- канцерогенні речовини здатні викликати у людини утворення злоякісних пухлин;
- нітрати при надходженні до організму людини надмірної кількості нітратів можуть виникнути отруєння, що супроводжуються ураженнями шлунково-кишкового тракту, нервової та серцево-судинної систем.

Найбільш небезпечними для здоров'я людини є такі біологічні контамінанти:

- мікроорганізми наслідки їх потрапляння до організму людини можуть бути різними від тимчасового дискомфорту до гострого токсичного ефекту;

- мікотоксини мають мутагенну, канцерогенну, імунодепресивну, загальнотоксичну дію, вибірково порушують функцію органів і систем організму;

- антибіотики лікувальні препарати (стрептоміцин, пеніцилін та ін.) широко використовують у тваринництві; залишки антибіотиків у харчових продуктах мають токсичну дію на клітини і тканини організму людини, можлива поява алергічних реакцій, зміна нормальної мікрофлори кишечника та ін.;

- гормональні препарати які використовують для стимуляції росту тварин і функцій їх відтворення; можуть накопичуватись у м'язових тканинах і внутрішніх органах організму людини, своєю дією впливають на ліпідний обмін, статеві гормони, пригнічують функцію щитовидної залози.

Отже, контамінанти і ксенобіотики, які потрапляють у харчові продукти, є дуже небезпечними для здоров'я людини

Використання харчових добавок не повинно збільшувати ступінь ризику можливого несприятливого впливу продукту на здоров'я споживача, а також змінювати споживні властивості харчових продуктів (за винятком деяких продуктів спеціального та дієтичного призначення). Неможна застосовувати харчові добавки з метою приховування зіпсованості або недоброякісності сировини або готового продукту.

Закон України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» встановлює правові засади забезпечення якості та безпеки харчових продуктів і продовольчої сировини для здоров'я населення, але закон є, а чи виконується він в повному обсязі – велике питання.

## **ОСНОВНІ АСПЕКТИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У РОБОЧИХ ЗОНАХ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Степанова Д.А.**

*Науковий керівник – Заїченко В.І., канд. техн. наук, доцент*

Основними джерелами технологічних викидів в повітря робочих зон і атмосферне повітря при коксохімічному виробництві є системи цеху вуглепідготовки, опалювальна система коксових печей, системи завантаження вугілля і видачі коксу, системи гасіння коксу, коксові рампи, коксортировка. Окремо при кожному технологічному процесі утворюються характерні забруднюючі речовини. Проте на сьогодні не вирішено питання нейтралізації всього складу забруднюючих речовин, що виділяються в повітря при коксохімічному виробництві.

В зв'язку з цим визначення шляхів нейтралізації окремо кожної забруднюючої речовини є актуальною науковою і технічною задачею, яка пов'язана з виконанням програм по покращенню стану атмосферного повітря, підвищенню якості життя населення, а також безпеки, гігієни праці і виробничого середовища у коксохімічному виробництві.

У роботі аналітично визначено тип і склад забруднюючих речовин, що виділяються при конкретному технологічному процесі коксохімічного виробництва та встановлено механізм нейтралізуючої дії розроблених засобів.

Відомо, що коксування - метод переробки вугілля нагріванням при температурах 1000-1200 °С без доступу повітря. Паливо при коксуванні розкладається з утворенням летючих речовин (до 25%) і твердого залишку.

Основні продукти коксохімії: кокс кам'яновугільний (76-78%), коксовий газ (14-15%), різні хімічні продукти (5-6%): пил, оксиди азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю, аміак, фенол, бензол, бензопірен, нафталін, сірководень, ціаністий водень і графіт. В результаті концентрації забруднюючих речовин в повітрі робочих зон коксохімічних цехів в декілька разів перевищують гранично-допустимі концентрації (ГДК).

Найбільш ефективним способом боротьби з викидами при цьому є бездимне завантаження шихти, що може широко застосовуватися на коксохімічних заводах. В основі цього способу закладено використання парової або гідравлічної інжекції, що різко скорочує (в 10-15 разів) забруднення повітря.

Найбільше визнання отримали системи з облаштуванням парасольок, відсмоктуванням і очищенням газів видачі. При цьому пиловлов-

лююче устаткування проєктують як в пересувному, так і в стаціонарному виконанні.

В якості пиловловлювачів застосовують скрубери Вентури, мокрі електрофільтри, тканинні фільтри.

Найбільш небезпечним газом, що утворюється при коксуванні вугілля є бензапірен, який сприяє розвитку онкологічних захворювань у працівників.

За основу нейтралізації бензапірену доцільно прийняти закордонні розробки, що базуються на способі опромінення його газових молекул ультрафіолетовим випромінюванням електричного розряду.

При цьому зниження в газових викидах вмісту бензапірену та інших поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ), відбувається шляхом фотоокиснення їх вуглеводнів при опроміненні випромінюванням електричного розряду в інтервалі довжин хвиль 340 - 410 нм при робочих температурах від -20 °С до + 80 °С.

Цей спосіб має порівняно низькі енерговитратами за рахунок селективного фотозбудження органічних молекул, що ліквідуються, і частини молекул ПАВ зі спектрами поглинання, що потрапляють в смугу УФ опромінення. При УФ опроміненні молекули ПАВ переходять в збуджений стан з наступним їх переходом, за рахунок зіткнень, в стан з утворенням і напрацюванням кисню, що вступає в реакцію з ПАВ, а також з іншими складові газових викидів, наприклад, з оксидами сірки та азоту і таким чином їх також нейтралізує.

Для нейтралізації бензапірену необхідно провести додаткові дослідження по підвищенню ефективності нейтралізації за рахунок використання додаткових операцій і нових речовин.

#### Література

1. Мищенко И.М. Черная металлургия и охрана окружающей среды: учеб. пособие/ И.М. Мищенко. – Донецк.: ГВУЗ «ДонНТУ», 2012. –150 с.
2. Кауфман А. А. Отечественные и зарубежные коксовые печи: конструкции и оборудование:учеб. пособие/ А. А. Кауфман, Ю. Я. Филоненко. - Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2013. — 88 с.

## **ПОЛІПШЕННЯ АКУСТИЧНОГО РЕЖИМУ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ**

***Степанова Д.А.***

*Науковий керівник – Заїченко В.І., канд. техн. наук, доцент*

Звукові хвилі в приміщенні багаторазово відбиваються від стін, стелі та різних предметів. Відбиття значно збільшують рівень шуму від джерела в приміщенні на 10-15 дБА у порівнянні з шумом такого ж джерела на відкритому повітрі. В приміщенні рівень шуму в розрахун-

ковій точки (РТ) від джерела шуму (ДЖ) складається з прямих ( $I_{пр}$ ) і відбитих ( $I_{від}$ ) від стін, стелі та підлоги (рис.1).

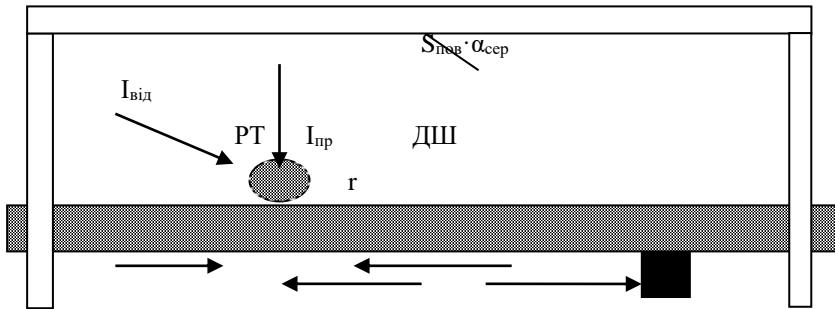


Рисунок 1 - Випромінювання звукових хвиль в приміщенні.

Рівні звуку в розрахункових точках приміщення можна підрахувати за такою формулою:

$$L = L_p + 10 \lg(\Phi/S + 4/V), \text{ дБА}, \quad (1)$$

де -  $L_p$  – рівень звукової потужності джерела звуку, дБА, і визначається його технічними характеристиками;

$\Phi$  – фактор спрямованості, рівний відношенню інтенсивності звуку, який створюється джерелом у вільному полі в даній точки сфери, в центрі якої воно знаходиться, ( $I_i$ ) до середньої інтенсивності звуку на поверхні тієї ж сфери ( $I_{ср}$ ):

$$\Phi = I_i / I_{ср}, \quad (2)$$

$S$  – площа поверхні, в яку випромінюється звук на відстані  $r$ ;

$V$  – постійна приміщення, яка характеризує звукопоглинання:

$$V = A / (1 - \alpha), \text{ м}^2, \quad (3)$$

де -  $A = \alpha \cdot S_{ог}$  – сумарне звукопоглинання у приміщенні або еквівалентна площа звукопоглинання,  $\text{м}^2$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт звукопоглинання внутрішніх поверхонь приміщення площею  $S_{ог}$ .

Якщо проаналізувати зміст формул (1-3), то виявляється, що для захисту від акустичних коливань в приміщенні можна використовувати методи:

- зниження шуму в джерелі його виникнення (зменшення  $L_p$ );
- боротьба з шумом на шляхах його розповсюдження (звукоізоляція);
- акустична обробка приміщень (звукопоглинання);

- архітектурно-планувальні рішення.

Зниження шуму в джерелі його виникнення – найбільш радикальний метод, але технічно дуже складний і потребує плідної праці вчених, конструкторів, проектувальників, а також значних фінансових вкладень, що на даному етапі розвитку країни дуже проблематично.

Другий метод зниження шуму у виробничих приміщеннях полягає у застосуванні акустичних перешкод на шляхах розповсюдження звукових хвиль.

Акустична обробка приміщень передбачає вкривання стелі та частини стін звукопоглинальними конструкціями. Ефективність акустичної обробки приміщень залежить від звукопоглинальних властивостей застосовуваних матеріалів та конструкцій, особливостей їх розташування, об'єму приміщення, його геометрії, місць розташування джерел шуму.

Враховуючи, що рівень звуку в таких приміщеннях як механічні, металообробні, деревообробні цеха, машинні зали та інші складає 84 – 92 дБА, то у теперішній час найбільш припустимим для зниження шуму до вимог ДСНЗ.3.6.037-99 (80 дБА) є метод акустичної обробки, тобто використання властивостей матеріалів поглинати звукову енергію, яка падає на них. Цей метод технічно простий і не потребує особливих фінансових вкладень, але потребує нових технічних рішень які б дозволили підвищити ефективність звукопоглинання і тим самим значно покращити умови праці робітників.

## **ЩОДО ПИТАННЯ ПРОФІЛАКТИКИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОГО ТРАВМАТИЗМУ**

***Бабіщук К.О.***

*Науковий керівник – Іващенко М.Ю., канд. техн. наук, ст. викладач*

Безпека на дорозі – головний принцип, який повинен обов'язково дотримуватися при дорожньому русі. При цьому він обов'язковий не тільки для водіїв автотранспортних засобів, але і для пішоходів. Актуальність профілактики дорожньо-транспортного травматизму почала свій відлік з часу винаходу транспорту.

Згідно з офіційною статистикою у 2020 році на українських дорогах сталося понад 168 тисяч ДТП, з яких близько 26 тисяч – з постраждалими. За цей же період в цілому загинув 3541 чоловік, в тому числі 168 дітей, 1198 пішоходів і 235 велосипедистів. Наїзд на пішохода – найбільш поширений вид ДТП (у великих містах частка наїздів становить понад 50% від усіх дорожньо-транспортного пригод), при цьому ДТП за участю пішоходів переважно відбувається в темний час доби.

В умовах сутінків або темного часу доби, яке взимку настає дуже рано, водій здатний сприймати тільки 5% інформації від тієї, яку бачить днем. Супроводжують цього зазвичай несприятливі погодні умови – дощ, сльоту, туман, в зимовий час – ожеледь, і відсутність будь-якого захисту у пішоходів у вигляді світлоповертаючих елементів на верхньому одязі.

Відповідно до п. 4.4. Правил дорожнього руху у темну пору доби та в умовах недостатньої видимості пішоходи, які рухаються проїзною частиною чи узбіччям, повинні використовувати світлоповертальні елементи (стрічку, наклейку, жилет тощо) або бути в одязі, який має світлоповертальні елементи, для своєчасного їх виявлення іншими учасниками дорожнього руху.

З огляду на той факт, що значна частина пішоходів гине або отримує травми в результаті ДТП, що відбуваються у темну пору доби, ефективними рішеннями, які сприяють значному зменшенню як числа загиблих, так і числа поранених пішоходів, можуть стати заходи щодо популяризації використання світлоповертальних елементів. Перший ефективний крок для зниження рівня аварійності в темний час доби – це використання світловідбивачів пішоходами. Також для зменшення аварійності в темну пору доби варто впроваджувати заходи, що забезпечують видимість дорожньої ситуації для кращого зорового сприйняття її учасниками дорожнього руху (застосування дорожніх знаків зі світлоповертальною поверхнею, розмітки тощо).

## ГЛОБАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОСТІ

**Володіна К.О.**

*Науковий керівник – Іващенко М.Ю., канд. техн. наук, ст. викладач*

Основною загальною тенденцією XXI століття є інтеграція усіх життєвих процесів на нашій планеті. Усуваються традиційні національні бар'єри між внутрішнім життям країн і регіонів, відбуваються інтеграційні зрушення і зміни на міжнародній арені, в політиці, обороні, економіці, культурі, науці. Міграція населення, стан довкілля – все це на сьогодні майже не залежить від суто національних рішень, бо це вже об'єктивний процес розвитку. Відповідно до цього на сьогодні інтереси людства фокусуються не на окремих регіональних проблемах, а на глобальних.

Глобальні проблеми сучасності – це сукупність соціально-природних проблем, що мають планетарний характер, зачіпають інтереси всіх народів, від вирішення яких залежить економічний і соціальний прогрес людства і збереження цивілізації.

Розрізняють три групи глобальних проблем:

– *екологічні проблеми*: ліквідація енергосировинних і продовольчих труднощів, раціоналізація природокористування й покращення якісних характеристик, освоєння космічного простору та ін. При цьому найбільшими проблемами є руйнування озонового шару в атмосфері, забруднення Світового океану, трансграничне перенесення відходів і тому подібне, вирішення яких можливе лише за участю всіх країн світу;

– *економічні проблеми*: запобігання світовій ядерній катастрофі, припинення гонки озброєнь, подолання розривів у рівнях економічного зростання між розвиненими країнами та країнами, що розвиваються, та ін.;

– *соціальні проблеми*: використання досягнень науки і техніки, вдосконалення системи охорони здоров'я й освіти, соціальний і духовний розвиток особистості та ін.

Слід зазначити, що група екологічних проблем на сьогодні є найбільш об'ємною і складною для вирішення, оскільки рівень забруднення навколишнього середовища, використання корисних копалин, застосування хімічно агресивних і отруючих речовин та інші дії людства давно поставили на межу виживання не лише природне середовище, а й саму людину.

Існуюча система глобальних проблем – свідоцтво нового етапу світового розвитку, переходу до нового стану світової цивілізації. При цьому потрібно мати на увазі, що система глобальних проблем нестабільна і є надзвичайно динамічною. В даному випадку йдеться про включення в систему глобальних проблем усе нових.

До таких нових глобальних проблем, які гостро проявили себе останніми роками, відносять:

– *демографічні проблеми*: необхідність раціонального регулювання демографічного зростання населення (оскільки гостро стоїть проблема перенаселення), міграції населення та ін. Демографічні проблеми суттєво впливають на вирішення питань забезпечення населення житлом, медичним обслуговуванням, освітою та ін.;

– *соціоприродні проблеми*: застосування генетично модифікованих організмів (ГМО) з метою вирішення проблеми забезпечення постійно зростаючого населення їжею. Ця проблема є дуже неоднозначною, оскільки зараз неможливо точно визначити, наскільки негативно застосування ГМО може позначитися на здоров'ї населення і стані навколишнього середовища.

На сьогоднішній день глобальною проблемою стала пандемія COVID-19, яка викликала найсильніший епідеміологічний шок і заста-



ла зненацька всі без винятку країни світу. Криза виявила невідповідність міжнародної спільноти до подібного роду випробування на рівні держав і місцевих урядів. Пандемія викликала безпрецедентні наслідки в політичній і соціально-економічній сферах в усіх державах.

Як відомо, Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) розробила рекомендації для населення щодо коронавірусної інфекції. На офіційному сайті ВООЗ будь-яка людина може ознайомитися з рекомендаціями, задати питання, отримати підтримку, отримати останню інформацію стосовно нових штамів інфекції.

Коронавіруси є великим сімейством вірусів, здатних викликати хвороби від звичайної застуди до важкого гострого респіраторного синдрому (ТОРС). Щоб мінімізувати ризики зараження, кожній людині необхідно ретельно ознайомитися з усією достовірно відомою інформацією про захворювання та дотримуватися рекомендацій ВООЗ.

Існуючі на сьогодні глобальні проблеми людства можливо вирішити лише за умов докладання до цих проблем спільних зусиль усіх країн світу.

## **АНАЛІЗ ВИМОГ ДО РІВНЯ БЕЗПЕКИ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПРАЦІВНИКІВ**

*Бадьор А.О., Грушевський Д.С.*

*Науковий керівник – Малишева В.В., канд. техн. наук, доцент*

Засіб індивідуального захисту – спорядження, що призначається для носіння користувачем та(або) забезпечення його захисту від однієї або кількох видів небезпеки для життя чи здоров'я.

До засобів захисту також належать поєднання кількох видів пристосування чи спорядження, що призначаються для забезпечення захисту користувача від одного чи кількох видів потенціального ризику, захисне пристосування чи спорядження, що призначається для носіння користувачем або забезпечення його захисту, яке є частиною або використовується разом з іншим обладнанням, замінні компоненти засобів захисту, що необхідні для їх нормального функціонування та використовуються тільки для таких засобів.

Засіб захисту повинен забезпечувати належний ступінь захисту від небезпеки і мати таку конструкцію, що у передбачуваних умовах експлуатації забезпечує максимально можливий рівень захисту користувача засобу, який може без ускладнень провадити пов'язану з ризиком діяльність.

Оптимальним рівнем захисту, що враховується у процесі розроблення конструкції засобу захисту, є рівень, при якому ефективність

використання такого засобу не знижується в період впливу факторів ризику.

Якщо передбачувані умови експлуатації дають змогу виділити кілька рівнів небезпеки одного виду, в ході розроблення конструкції засобу захисту необхідно враховувати відповідний рівень захисту.

У процесі використання у передбачуваних умовах експлуатації засоби захисту не повинні створювати додаткових факторів ризику.

Матеріали, з яких виготовляється засіб захисту, а також продукти розпаду таких матеріалів не повинні негативно впливати на здоров'я користувача такого засобу та/або оточуючих.

Поверхня кожної складової частини засобу захисту, що під час використання торкається або потенційно може торкатися користувача такого засобу, повинна бути гладенькою, без гострих країв, деталей, що виступають та можуть спричинити подразнення шкіри або травми.

Обмеження рухів, положення або чуттєвого сприйняття користувачем засобів захисту, що обумовлені застосуванням засобу захисту, повинне бути мінімальним.

Засіб захисту повинен мати конструкцію, яка забезпечує урахування особливостей будови тіла людини. Такий засіб повинен залишатися в передбачуваному положенні протягом усього часу використання незалежно від умов навколишнього природного середовища, рухів та положення користувача.

Засіб захисту повинен мати систему регулювання/кріплення або випускати в кількох розмірах.

Засіб захисту в передбачуваних умовах експлуатації повинен бути стійким до впливу факторів навколишнього природного середовища.

У разі коли виробник випускає кілька моделей засобів захисту різного класу або типу, що призначаються для одночасного захисту суміжних частин тіла від комбінованих видів небезпеки, такі засоби повинні бути сумісні один з одним.

Система регулювання засобу захисту повинна бути сконструйована і виготовлена так, щоб у передбачуваних умовах експлуатації користувач міг визначити правильність її регулювання.

Засоби захисту, що закривають частини тіла, повинні забезпечувати достатній рівень вентиляції з метою зменшення потовиділення. У разі неможливості виконання таких вимог зазначені засоби захисту повинні бути обладнані пристроями, що поглинають піт.

Дата виготовлення та/або дата закінчення строку служби зазначаються на кожній складовій частині засобу захисту і на кожній його запасній частині, що постачається на ринок, з метою уникнення

неправильного прочитання дат, які обов'язково зазначаються на упаковці.

## **ПРОФЕСІЙНІ СПІЛКИ ЯК ЗАСІБ ЗАХИСТУ ТРУДОВИХ, СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРАВ ТА ІНТЕРЕСІВ ПРАЦІВНИКІВ**

*Бадьор А.О., Грушевський Д.С.*

*Науковий керівник – Малишева В.В., канд. техн. наук, доцент*

Громадяни України мають право на основі вільного волевиявлення без будь-якого дозволу створювати професійні спілки з метою представництва, здійснення і захисту своїх трудових та соціально-економічних прав та інтересів, вступати до них та виходити з них на умовах і в порядку, визначених їх статутами, брати участь у роботі професійних спілок. Працівники мають право брати участь у управлінні підприємствами, установами, організаціями через загальні збори (конференції), ради трудових колективів, професійні спілки, які діють у трудових колективах, інші органи, уповноважені трудовим колективом на представництво, вносити пропозиції щодо поліпшення роботи підприємства, установи, організації, а також з питань соціально-культурного і побутового обслуговування.

Власник або уповноважений ним орган зобов'язаний створювати умови, які б забезпечували участь працівників в управлінні підприємствами, установами, організаціями.

Первинні профспілкові організації на підприємствах, в установах, організаціях та їх структурних підрозділах представляють інтереси своїх членів і захищають їх трудові, соціально-економічні права та інтереси.

Первинні профспілкові організації здійснюють свої повноваження через утворені відповідно до статуту (положення) виборні органи, а в організаціях, де виборні органи не утворюються, - через профспілкового представника, уповноваженого згідно із статутом на представництво інтересів членів професійної спілки, який діє в межах прав, наданих Законом України «Про професійні спілки, їх права та гарантії діяльності» та статутом професійної спілки.

Виборний орган первинної профспілкової організації на підприємстві, в установі, організації:

- укладає та контролює виконання колективного договору, звітує про його виконання на загальних зборах трудового колективу, звертається з вимогою до відповідних органів про притягнення до відпо-

відальності посадових осіб за невиконання умов колективного договору;

- разом з власником або уповноваженим ним органом вирішує питання запровадження, перегляду та змін норм праці;

- разом з власником або уповноваженим ним органом вирішує питання оплати праці працівників, форм і систем оплати праці, розцінок, тарифних сіток, схем посадових окладів, умов запровадження та розмірів надбавок, доплат, премій, винагород та інших заохочувальних, компенсаційних виплат;

- разом з власником або уповноваженим ним органом вирішує питання робочого часу і часу відпочинку, погоджує графіки змінності та надання відпусток, запровадження підсумованого обліку робочого часу, дає дозвіл на проведення надурочних робіт, робіт у вихідні дні тощо;

- разом з власником або уповноваженим ним органом вирішує питання соціального розвитку підприємства, поліпшення умов праці, матеріально-побутового, медичного обслуговування працівників;

- бере участь у вирішенні соціально-економічних питань, визначенні та затвердженні переліку і порядку надання працівникам соціальних пільг;

- бере участь у розробленні правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства, установи або організації;

- представляє інтереси працівників за їх дорученням під час розгляду індивідуальних трудових спорів та у колективному трудовому спорі, сприяє його вирішенню.

Для реалізації повноважень профспілок, члени виборних органів профспілкових організацій підприємств, установ і організацій, вищестоящих профспілкових органів, а також повноважні представники цих органів мають право:

- безперешкодно відвідувати та оглядати місця роботи на підприємстві, в установі, організації, де працюють члени профспілок;

- вимагати і одержувати від власника або уповноваженого ним органу, іншої посадової особи відповідні документи, відомості та пояснення щодо умов праці, виконання колективних договорів, додержання законодавства про працю та соціально-економічних прав працівників;

- безпосередньо звертатися в усній або письмовій формі до власника або уповноваженого ним органу, посадових осіб з профспілкових питань.

## **РОЗСЛІДУВАННЯ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ НА ВИРОБНИЦТВІ – ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ПРОФІЛАКТИКИ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ**

*Кравченко А.А., Скидан П.С.*

*Науковий керівник – Малишева В.В., канд. техн. наук, доцент*

Відповідно до Закону України «Про охорону праці», з метою додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці, керівник підприємства забезпечує функціонування системи управління охороною праці, що включає в себе впровадження заходів із усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, та здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин та здійснення контролю за додержанням працівником технологічних процесів, правил поведження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог з охорони праці.

З метою забезпечення якісного проведення розслідування нещасних випадків на підприємстві і розробки за результатами розслідування ефективних заходів із попередження аналогічних випадків у майбутньому, керівник підприємства, де стався нещасний випадок, повинен:

- створити належні умови для роботи комісії, зокрема забезпечити приміщенням, засобами зв'язку, оргтехнікою, автотранспортом, спецодягом, спецвзуттям (у разі потреби), канцелярським приладдям тощо, а також за рішенням комісії залучити до роботи експертів, інших спеціалістів;

- забезпечити виконання за рішенням комісії додаткової фотозйомки місця, де стався нещасний випадок, об'єктів, устаткування, інструментів, надання технічної документації та інших документів, необхідних для розслідування, а також проведення необхідних лабораторних досліджень, випробувань, технічних розрахунків, експертизи;

- забезпечити належне виконання обов'язків у роботі комісії представників підприємства, а у разі невиконання – внести відповідні зміни;

- розглянути протягом двох робочих днів після складення актів за формою Н-1 матеріали розслідування нещасного випадку, підготовлені комісією, затвердити примірники актів за формою Н-1;

- організувати друкування, тиражування та формування протягом п'яти робочих днів після затвердження актів за формою Н-1 необ-

хідної кількості копій матеріалів розслідування разом з актами за формою Н-1, їх прошиття та нумерацію;

- видати протягом двох робочих днів після затвердження актів за формою Н-1 наказ про вжиття запропонованих комісією заходів до запобігання виникненню подібних нещасних випадків у визначені в акті за формою Н-1 строки та надіслати його органам та установам, представники яких брали участь у розслідуванні, у подальшому в письмовій формі інформувати їх про стан вжиття заходів;

- притягнути згідно із законодавством до відповідальності працівників, дії або бездіяльність яких призвели до настання нещасного випадку та які допустили порушення вимог нормативно-правових актів про охорону праці, посадових інструкцій та інструкцій з охорони праці;

- компенсувати витрати, пов'язані з діяльністю комісії та залучених до її роботи експертів, інших спеціалістів, проведенням технічної експертизи чи роботи експертної комісії, на підставі документів, що містять відомості про господарську операцію та підтверджують її здійснення;

- відшкодувати витрати, пов'язані з відрядженням працівників, які є членами комісії, та інших залучених до її роботи осіб.

Керівник підприємства зобов'язаний інформувати працівників або осіб, уповноважених на здійснення громадського контролю за дотриманням вимог нормативно-правових актів з охорони праці, та Фонд соціального страхування України про стан охорони праці, причину аварій, нещасних випадків і професійних захворювань і про заходи, яких вжито для їх усунення та для забезпечення на підприємстві умов і безпеки праці на рівні нормативних вимог.

## **НОРМУВАННЯ РОБОЧОГО ЧАСУ ПРАЦІВНИКІВ ЯК СКЛАДОВА ПРОФІЛАКТИКИ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ**

***Кривецький Б.Б., Щербак К.В.***

*Науковий керівник – Малишева В.В., канд. техн. наук, доцент*

Під час здійснення виробничої діяльності працівники зазнають впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Ступінь цього впливу залежить від низки факторів – величини фактора, наприклад, концентрації шкідливих речовин, що виділяються в повітря робочої зони, рівнів шуму виробничого устаткування тощо, тривалості впливу фактора, стану здоров'я працівника в цілому, можливості відпочити в позаробочий час з метою відновлення працездатності.

Нормування робочого часу працівників є питанням, що регулюється на законодавчому рівні. Відповідно до Кодексу законів про працю України, нормальна тривалість робочого часу працівників не може перевищувати 40 годин на тиждень. Працівникам може встановлюватись скорочена тривалість робочого часу за наступних умов:

1) для працівників віком від 16 до 18 років – 36 годин на тиждень, для осіб віком від 15 до 16 років (учнів віком від 14 до 15 років, які працюють в період канікул) – 24 години на тиждень. Тривалість робочого часу учнів, які працюють протягом навчального року у вільний від навчання час, не може перевищувати половини максимальної тривалості робочого часу, передбаченої в абзаці першому цього пункту для осіб відповідного віку;

2) для працівників, зайнятих на роботах з шкідливими умовами праці, – не більш як 36 годин на тиждень. Перелік виробництв, цехів, професій і посад з шкідливими умовами праці, робота в яких дає право на скорочену тривалість робочого часу, затверджується в порядку, встановленому законодавством. Крім того, законодавством встановлюється скорочена тривалість робочого часу для окремих категорій працівників (учителів, лікарів та інших).

Скорочена тривалість робочого часу може встановлюватись за рахунок власних коштів на підприємствах і в організаціях для жінок, які мають дітей віком до чотирнадцяти років або дитину з інвалідністю.

Для працівників устанавлюється п'ятиденний робочий тиждень з двома вихідними днями. При п'ятиденному робочому тижні тривалість щоденної роботи визначається правилами внутрішнього трудового розпорядку або графіками змінності, які затверджує власник або уповноважений ним орган за погодженням з виборним органом первинної профспілкової організації підприємства, установи, організації з додержанням устанавленої тривалості робочого тижня.

На тих підприємствах, в установах, організаціях, де за характером виробництва та умовами роботи запровадження п'ятиденного робочого тижня є недоцільним, встановлюється шестиденний робочий тиждень з одним вихідним днем. При шестиденному робочому тижні тривалість щоденної роботи не може перевищувати 7 годин при тижневій нормі 40 годин, 6 годин при тижневій нормі 36 годин і 4 годин при тижневій нормі 24 години.

П'ятиденний або шестиденний робочий тиждень встановлюється власником або уповноваженим ним органом спільно з виборним органом первинної профспілкової організації (профспілковим предста-

вником) з урахуванням специфіки роботи, думки трудового колективу і за погодженням з місцевою радою.

При роботі в нічний час встановлена тривалість роботи скорочується на одну годину. Це правило не поширюється на працівників, для яких уже передбачено скорочення робочого часу.

Тривалість нічної роботи зрівнюється з денною в тих випадках, коли це необхідно за умовами виробництва, зокрема у безперервних виробництвах, а також на змінних роботах при шестиденному робочому тижні з одним вихідним днем.

За угодою між працівником і власником або уповноваженим ним органом може встановлюватись як при прийнятті на роботу, так і згодом неповний робочий день або неповний робочий тиждень. На просьбу вагітної жінки, жінки, яка має дитину віком до чотирнадцяти років або дитину з інвалідністю, в тому числі таку, що знаходиться під її опікуванням, або здійснює догляд за хворим членом сім'ї відповідно до медичного висновку, власник або уповноважений ним орган зобов'язаний встановлювати їй неповний робочий день або неповний робочий тиждень.

За погодженням між працівником і власником підприємства, установи, організації або уповноваженим ним органом для працівника може встановлюватись гнучкий режим робочого часу на визначений строк або безстроково як при прийнятті на роботу, так і згодом.

## **ОБОВ'ЯЗКИ РОБОТОДАВЦЯ СТОСОВНО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦІВНИКІВ ЗАСОБАМИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

*Кривецький Б.Б., Щербак К.В.*

*Науковий керівник – Малишева В.В., канд. техн. наук, доцент*

Під час здійснення виробничої діяльності працівники зазнають впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, наслідком якого є виникнення професійних захворювань або травмування. З метою попередження негативних наслідків працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту за рахунок роботодавця.

Під час обрання засоби індивідуального захисту мають:

- відповідати ступеню існуючих ризиків для життя та здоров'я працівників та не призводити до будь-якого збільшення рівня цього ризику;

- відповідати існуючим на робочому місці умовам;

- підходити користувачеві після необхідного регулювання.

Якщо існування більше одного ризику для життя та здоров'я працівників визначає необхідність одночасного носіння ними більше



одного засобу індивідуального захисту, такі засоби мають бути сумісними та ефективними проти існуючого ризику (ризиків).

Перед вибором засобів індивідуального захисту понад встановлених Нормами безоплатної видачі засобів індивідуального захисту роботодавець повинен провести оцінку відповідності засобів індивідуального захисту, які він планує використовувати, яка має включати:

- аналіз та оцінку ризиків для життя та здоров'я працівників, яких не можна уникнути за допомогою інших засобів;

- визначення характеристик, які повинен мати засіб індивідуального захисту для ефективного захисту життя та здоров'я працівників від вже визначених ризиків, беручи до уваги будь-які ризики, які може створити сам засіб індивідуального захисту;

- порівняння характеристик засобів індивідуального захисту, наявних у суб'єкта господарювання, з характеристиками, визначеними під час цієї оцінки.

Роботодавець видає засоби індивідуального захисту на строк носіння, що визначається з урахуванням рівня ризику для життя та здоров'я працівників, частоти знаходження працівника під дією цього ризику, характеристики робочого місця кожного працівника та ефективності самого засобу індивідуального захисту, при цьому строк носіння засобів індивідуального захисту за календарними днями обчислюється з дня їх фактичної видачі та не має перевищувати строк придатності, визначений документами виробника (інструкціями з експлуатації, паспортами тощо).

Роботодавець перед видачею засобів індивідуального захисту повинен поінформувати працівника про ризики для його життя та здоров'я, від яких його захищатиме користування цим засобом індивідуального захисту.

Крім цього, роботодавець повинен забезпечити регулярне навчання працівників правилам користування засобами індивідуального захисту та демонстрацію їх правильного застосування.

Роботодавець повинен завчасно інформувати працівників, первинну профспілкову організацію на підприємстві або уповноважену найманими працівниками особу з питань охорони праці, якщо профспілка на підприємстві не створювалася, про всі заходи, що мають бути вжиті для забезпечення безпеки і здоров'я працівників під час використання засобів індивідуального захисту на робочих місцях.

Роботодавці повинні проводити консультації з працівниками, первинною організацією профспілки на підприємстві та/або уповноваженою найманими працівниками особою з питань охорони праці, якщо профспілка на підприємстві не створювалася, а також надавати їм мо-

жливість брати участь в обговореннях усіх питань, що пов'язані із забезпеченням їх безпеки і здоров'я під час використання засобів індивідуального захисту на робочих місцях.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ХОЛОДНІЙ ОБРОБЦІ МЕТАЛІВ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ**

*Кравченко А.А.*

*Науковий керівник – Малишева В.В., канд. техн. наук, доцент*

Відповідно до Закону України «Про охорону праці, на всіх підприємствах, в установах та організаціях створюються належні безпечні і здорові умови праці, забезпечення яких покладається на власника або уповноважений ним орган. При будь-якому з видів робіт завжди існує ризик набути хворобу чи отримати травму. Для зниження цього ризику людина, на основі набутих знань, застосовує заходи, які його зменшать або зовсім усунуть.

Робота на металорізальних верстатах супроводжується впливом на працівників значної кількості небезпек, тому до роботи на них допускаються особи, які пройшли вступний і первинний інструктаж з охорони праці на робочому місці, стажування на робочому місці і перевірку знань вимог охорони праці, безпечних методів і прийомів виконання робіт. На кожному підприємстві повинна бути інструкція, призначена для робітників, зайнятих виконанням металорізальних робіт на токарних, фрезерних, свердлильних верстатах в майстернях господарств, в якій зазначено:

1. «Загальні вимоги охорони праці», в цьому розділі рекомендовано відобразити:

- умови допуску працівників до самостійної роботи за відповідною професією або до виконання відповідного виду робіт (вік, стать, стан здоров'я, проведення інструктажів та ін.);
- вказівки про необхідність дотримання правил внутрішнього розпорядку;
- вимоги щодо виконання режимів праці та відпочинку;
- перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть впливати на працівника в процесі роботи;
- порядок повідомлення адміністрації про випадки травмування працівника, несправності обладнання та інструменту;
- правила особистої гігієни, які повинен знати і дотримуватися працівник при виконанні роботи.

2. В розділі «Вимоги охорони праці перед початком роботи», рекомендовано зазначати:

- порядок підготовки робочого місця, засобів індивідуального захисту;
- порядок перевірки справності обладнання, пристосувань і інструмента, сигналізації, блокувальних і інших пристроїв, захисного заземлення, вентиляції, місцевого освітлення;
- порядок перевірки вихідних матеріалів (заготовки, напівфабрикати);
- порядок прийому і передачі зміни в разі безперервного технологічного процесу і роботи обладнання.

3. У розділі «Вимоги охорони праці під час роботи» рекомендується передбачати:

- способи і прийоми безпечного виконання робіт, використання обладнання, транспортних засобів, вантажопідійомних механізмів, пристроїв та інструментів;
- вимоги безпечного поводження з вихідними матеріалами (сировина, заготівлі, напівфабрикати);
- дії, спрямовані на запобігання аварійних ситуацій;
- вимоги, що пред'являються до використання засобів індивідуального захисту працівників.

4. У розділі «Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях» рекомендується викладати:

- перелік основних можливих аварійних ситуацій і причини, що їх викликають;
- дії працівників у разі виникнення аварій та аварійних ситуацій;
- дії з надання першої допомоги потерпілим при травмуванні, отруєнні і інших пошкодженнях здоров'я.

5. У розділі «Вимоги охорони праці після закінчення робіт» рекомендується відображати:

- порядок відключення, зупинення, розбирання, очищення і змащення обладнання, пристосувань, машин, механізмів і апаратури;
- порядок прибирання відходів, отриманих і під час виробничої діяльності;
- вимоги дотримання особистої гігієни.

Порушення працівником вимог охорони праці на робочому місці може призвести до нещасного випадку, наприклад, механічному травмуванню уламками застосовуваного інструмента, деталями верстата, що рухаються, і захоплення частин одягу, а також до ураження електричним струмом.

Дотримання та виконання вимог законодавства України з питань охорони праці, зокрема, вимог, викладених у посадових інструкціях, є гарантією безпеки та захисту на виробництві.

## **БЕЗПЕКА ЖИТТЯ І ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ - НАЙВАЖЛИВІШІ ПИТАННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

*Захарова К.Б.*

*Науковий керівник – Мороз М.О., канд. техн. наук, доцент*

Діяльність людини є місцем взаємодії із предметами та засобами виробництва, які є безпосередніми факторами потенційного травмування та заподіяння шкоди здоров'ю. Як відомо, халатне ставлення до безпеки в кінцевому підсумку може призвести до виробничих травм, деякі з них закінчуються для постраждалих працівників трагічно, тому необхідність охорони праці незаперечна. Нещасні випадки на виробництві вибивають з колії, надовго паралізують роботу підприємства, не тільки створюючи знервовану обстановку в колективі, але і приносячи істотні фінансові втрати. Неспроста великі компанії зі світовим ім'ям охорони праці ставлять один із найвищих пріоритетів. Так, серед десятків показників діяльності підприємства охорону праці та здоров'я своїх працівників вони ставлять на друге місце, відразу після кваліфікації та компетентності персоналу.

Зростання значущості безпеки життя і здоров'я працівників на підприємстві призведе до:

- активізація заходів щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці, що є фактором підвищення продуктивності праці, ефективності виробництва і, як наслідок, конкурентоспроможності підприємства;

- ліквідація несприятливих і шкідливих умов праці, а в результаті зменшення невиробничих витрат праці, зниження виробничого травматизму та захворюваності;

- підвищення продуктивності праці як наслідок збільшення фонду робочого часу за рахунок скорочення внутрішніх змінних простотів шляхом попередження передчасного стомлення, зниження числа мікротравм, зменшення втрат робочого часу з причин тимчасової непрацездатності через травматизм, професійної та загальної захворюваності;

- збільшення ступеня задоволеності умовами праці і в результаті зниження коефіцієнта плинності кадрів із цієї причини.

Будь-яке соціально орієнтоване підприємство зацікавлено насамперед у скороченні рівня аварійності, травматизму, виробничо-обумовленої і професійної захворюваності працівників.

## **НЕБЕЗПЕЧНІ І ШКІДЛИВІ ВИРОБНИЧІ ФАКТОРИ ПРИ ВИКОНАННІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ**

*Кураксіна Д.І.*

*Науковий керівник – Мороз М.О., канд. техн. наук, доцент*

Основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами при ручного дугового зварювання покритими електродами є: зварювальні аерозолі; підвищений рівень оптичного випромінювання в ультрафіолетовому, видимому і інфрачервоному (тепловому) діапазонах; іскри, бризки і викиди розплавленого металу і шлаку; підвищена температура шлакової ванни, матеріалів, обладнання і повітря робочої зони; висока напруга в електричному ланцюзі; фізичні і нервово-психічні перевантаження.

Особливо характерним шкідливим фактором є присутність в повітрі робочої зони зварювальних аерозолів, що містять токсичні речовини. Найбільш шкідливі аерозолі утворюються при зварюванні високолегованих електродами, що містять сполуки нікелю і хрому. Це необхідно враховувати при виборі засобів нейтралізації шкідливих речовин в системах промислової вентиляції та індивідуального захисту органів дихання зварників.

При використанні електродів слід керуватися технічними умовами, які містять вимоги щодо безпеки та захисту навколишнього середовища з переліком шкідливих і небезпечних факторів, а також засобів захисту зварників і навколишнього середовища.

При зварюванні і різанні мідно-цинкових сплавів і оцинкованих сталей виділяється оксид цинку, дія якого на організм викликає втрату апетиту, спрагу, підвищену стомлюваність і сухий кашель, що призводить до нападів лихоманки (озноб, підвищення температури, нудота, блювота).

При зварюванні і різанні свинцю і металу, покритого свинцевими фарбами, відбувається виділення оксиду свинцю, вплив якого на організм працюючого проявляється у вигляді металевого присмаку в роті, відрижки, втрати апетиту і занепаду сил.

Ручна дугова зварка супроводжується випромінюванням в ультрафіолетовому, видимому і інфрачервоному діапазонах, багаторазово перевищує фізіологічно переноситься людиною величину. Інтенсивність випромінювання зварювальної дуги і його спектральні харак-

теристики залежать від потужності дуги, способу зварювання, виду зварювальних матеріалів.

## **БІОЛОГІЧНИЙ МЕТОД ОЧИЩЕННЯ ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ СТИЧНИХ ВОД ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ**

***Бондарець Д.С.***

*Науковий керівник – Нестеренко С.В., канд. техн. наук, ст. викладач*

Біохімічне очищення промислових стічних вод, збагачених важкими металами (ВМ) та сульфатами, заснована на використанні мікроорганізмів, здатних утворювати сульфіді при відновленні сульфатів. Цей метод широко застосовують у зарубіжних країнах. Біохімічний метод заснований на використанні симбіозу мікроорганізмів, провідною групою в якій є бактерії, що відновлюють сульфати та являють собою групу анаеробних мікроорганізмів, здатних відновлювати сульфати до сірководню з одночасним окисленням органічних речовин. Утворюваний біогенний сірководень хімічно взаємодіє з розчиненими формами іонів важких металів, утворюючи нерозчинні сульфіді металів, що випадають в осад. Слід зазначити, що сульфіді металів набагато менш розчинні у воді в порівнянні з гідроксидами. Обсяг одержуваного осаду малий і становить до 0,5% від обсягу оброблюваної води при вологості осаду 75%. До того ж він складається на 70% з нерозчинних сполук ВМ і може бути використаний для закладки в відпрацьовані підземні рудники, а потім в якості технологічної сировини для вторинної вилучення ВМ.

До складу технологічної схеми біохімічного очищення від ВМ входять такі основні вузли (рис. 1): попереднього оброблення (нейтралізації) стічних вод; біохімічного очищення від важких металів в біотенку першої стадії; перероблення біогенного сірководню в товарний продукт (біотенк другої стадії); виділення осаду. Підвальні води, що надходять для очищення, характеризуються низьким значенням  $pH = 2.5 \dots 3$ . У зв'язку з цим, перед подаванням їх для біохімічного очищення, необхідно організувати процес нейтралізації і надлишкової кислотності з метою створення оптимальних умов для роботи бактерій в біореакторі. Для цього необхідно ввести лужний агент (найбільш часто використовується розчин вапняного молока) до досягнення  $pH$  середовища, що дорівнює  $6,5 \dots 7$ . В результаті нейтралізації відбувається часткове випадання ВМ в осад у вигляді гідроксидів. Основним вузлом даного технологічного процесу є біохімічне оброблення стічних вод у біотенках. Біотенк являє собою герметичний апарат вертикального типу з пористим завантаженням. Під час першої стадії відбувається

утворення біогенного сірководню, його взаємодія з розчиненими іонами ВМ і утворення сульфідів металів. В результаті цього відбувається видалення ВМ і зниження загального солемісту вод на 50...60%. На другій стадії біохімічного оброблення відбувається відновлення залишкової кількості сульфатів і переведення утвореного сірководню до товарного продукту – сульфиду натрію, який є помірним відновником та використовується для отримання органічних сполук при флотаційних процесах, сприяючи обсервації масла на поверхні руд.

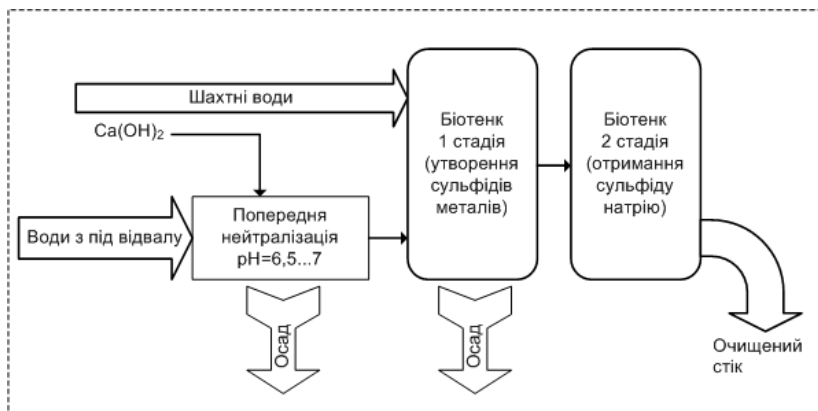


Рисунок 1 – Принципова схема біологічного очищення від важких металів стічних вод гірничо-збагачувальних комбінатів

Розрахункова ефективність за даною технологією досягає по металах до 99%, а кількість сульфатів зменшується на 80...85%. Однак ця технологія має багато негативних екологічних наслідків. Очищені зазначеним методом води повертаються в систему оборотного водопостачання підприємств і, незважаючи на широке використання цієї технології, в світовій практиці відсутні дані про скидання очищених цим методом вод в природні водні об'єкти. Іншою вимогою використання цієї технології в гірничодобувній галузі є повне виключення попадання очищених стічних вод із бактеріальної масою до хвостосховища. В іншому випадку, це може призвести до неконтрольованого процесу сульфатредукції і утворення надзвичайно великої кількості сірководню, що призведе до непередбачуваних екологічних наслідків у багатьох разів більш серйозним, ніж шкода навколишньому середовищу у разі скиданні неочищених стічних вод.

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОГНОЗНОГО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ ЗДОРОВ'Ю ПЕРСОНАЛУ ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Дейнега Є.Е.*

*Науковий керівник – Нестеренко С.В., канд. техн. наук, ст. викладач*

Як показує практика, досягти повної автоматизації функціонування хімічно небезпечних об'єктів (ХНО) без участі людини неможливо. Здатність людини оперативно вирішувати завдання, що не піддаються автоматизації, робить його важливою ланкою в системах управління такими об'єктами. Умови праці на ХНО характеризується наявністю несприятливих факторів, що чинять вплив на професійну діяльність персоналу. Це є передумовою відхилення у здоров'ї людини аж до розвитку захворювань.

Ступінь впливу несприятливих факторів професійних умов діяльності на здоров'я персоналу залежить від інтенсивності й тривалості їхнього впливу, а також від переліку захисних (профілактичних заходів) і характеристик використовуваних персоналом засобів захисту, які, виконуючи основну роль – захист організму людини, в ряді випадків самі чинять додатковий несприятливий вплив на її організм. Крім цього, величина збитку здоров'ю персоналу залежить від рівня його професійного здоров'я.

Внаслідок відмінності працівників за рівнем професійного здоров'я, а також мінливості значень й індивідуальних показників здоров'я та показників несприятливого впливу факторів умов професійної діяльності в часі, реалізація шкоди здоров'ю має високу ступінь невизначеності в майбутньому, в тому числі, й за умови роботи персоналу в штатному режимі з дотриманням всіх регламентованих вимог безпеки. Для здійснення прогностичного оцінювання ступеня несприятливого впливу шкідливих і небезпечних факторів умов професійної діяльності необхідний відповідний інструментарій. В зв'язку з цим актуальними завданнями є:

- створення експертних систем прогностичного оцінювання ступеня впливу на персонал факторів умов професійної діяльності для використання в процесі розроблення технологій і технологічного обладнання, а також під час розслідування причин інцидентів та аварій;
- розроблення автоматизованих систем контролю, сигналізації та мінімізації несприятливого впливу шкідливих і небезпечних факторів;
- здійснення контролю стану здоров'я персоналу в інтересах нормування режиму праці й відпочинку, а також для обґрунтування заходів, спрямованих на забезпечення збереження його здоров'я та пролонгування працездатного стану.



Наразі широке поширення при виборі стратегії управління здоров'ям отримали методи оцінювання ризику здоров'ю, які на кількісному і якісному рівні дозволяють визначити можливість нанесення шкоди здоров'ю людини в межах певного періоду часу або за конкретних обставин. Здійснення оцінювання ризику здоров'ю персоналу ХНО передбачає виконання аналізу комплексу умов трудової діяльності та показників здоров'я з метою виявлення факторів ризику порушення здоров'я з подальшим обчисленням інтегрального показника ризику (ІПР), що дозволяє враховувати комплексний вплив факторів ризику на організм в цілому, а також його резистентність до факторів навколишнього середовища.

Використання ІПР дозволить вирішити такі завдання:

- визначити вплив на здоров'я персоналу інтенсивності й тимчасових характеристик факторів умов професійної діяльності з урахуванням застосування засобів захисту і профілактичних заходів;

- сформулювати групи ризику для регулювання періодичності та глибини проведення заходів з охорони здоров'я; порівняти результати, отримані на індивідуальному рівні, з результатами колективно-когортних досліджень ІПР;

- відобразити результати впливу на персонал факторів умов професійної діяльності у вигляді зрозумілого для фахівців практичної галузі інтегрального показника – ІПР.

З урахуванням того, що ІПР повинен агрегувати різні комплексні структури компонентів, що описують вплив чинників ризику на організм, а також рівень професійного здоров'я персоналу, його побудову доцільно здійснювати у вигляді ієрархічної структури, нижнім рівнем якої є значення факторів ризику, верхнім рівнем – ІПР, а проміжними рівнями – компоненти ІПР. Особистісні показники ризику утворюють множину окремих категорій ризику, що характеризують величину ризику здоров'ю за умов впливу конкретного шкідливого фактора навколишнього середовища.

Результати згортки первинних показників подаються у вигляді вектора в багатовимірному просторі (зведеного показника другого рівня), для якого далі розраховується ІПР.

## СУЧАСНИЙ СТАН СОЦІАЛЬНОГО СТРАХУВАННЯ В УКРАЇНІ

*Ножка Ю.Р.*

*Науковий керівник – Нестеренко С.В., канд. техн. наук, ст. викладач*

Важливим елементом економічного розвитку та його зростанням є соціальне страхування. В складних сучасних умовах воно набуває особливого значення, бо опирається на економічну діяльність суспільства та створює умови для соціального прогресу.

Загальнообов'язкове державне соціальне страхування - це система прав, обов'язків і гарантій, яка передбачає надання соціального захисту, що включає матеріальне забезпечення громадян у разі хвороби, повної, часткової або тимчасової втрати працездатності, втрати годувальника, безробіття з незалежних від них обставин, а також у старості та в інших випадках, передбачених законом, за рахунок грошових фондів, що формуються шляхом сплати страхових внесків власником або уповноваженим ним органом громадянами, а також бюджетних та інших джерел, передбачених законом.

Впровадження соціального страхування є необхідним, оскільки в будь-якому суспільстві будуть існувати такі групи людей що:

- не мають можливості досягти працездатності;
- не можуть підтримувати мінімальний життєвий рівень через певні обставини.

В нашій державі існує чотири види загальнообов'язкового державного соціального страхування:

- 1) на випадок безробіття;
- 2) з тимчасової втрати працездатності та витратами, зумовленими похованням;
- 3) від нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання, що спричинило втрату працездатності;
- 4) пенсійне.

Ситуація у сфері соціального захисту в Україні на 2020 рік склалася такою. Сума виплачених коштів за січень-вересень 2020 року склала 1,7 млрд грн, що на 87,3 млн грн, або 5,4% більше, ніж за січень-вересень 2019 року. Що стосується пенсійного забезпечення, то середня пенсія в Україні в 2020 р. зросла на 13,3 % порівняно з 2019 р.

Запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням на виробництві є найважливішою складовою соціального захисту працівників від професійних ризиків, оскільки воно не тільки гарантує страхування потерпілим, а й економічно заохочує роботодавців запобі-

гати та зменшувати виробничий травматизм та професійну захворюваність.

Проблеми, що існують на сьогоднішній день в системі соціального страхування в Україні:

1) чинне законодавство, що регламентує функціонування страхового ринку, не є логічно завершеним;

2) немає чіткого бачення стратегічного розвитку вітчизняного ринку соціального страхування в цілому та його окремих складових;

3) проблеми кадрового, технічного, інформаційного забезпечення тощо;

4) низький рівень доходів населення;

5) недостатність коштів Пенсійного Фонду України для виплати пенсій.

Їх вирішення дозволить не лише поліпшити соціальну політику України, а й зміцнить економіку держави, вивільнить додаткові бюджетні кошти, дозволить більш ефективно перерозподіляти грошові ресурси, за рахунок зниження навантаження на бюджет країни тощо.

На сучасному етапі економічного розвитку в Україні не створено ефективної системи соціального страхування. Основними напрямками вдосконалення системи соціального страхування в Україні є:

- врахування досвіду застосування підходів та методів, що використовуються в системах державної соціальної підтримки розвинутих країн;

- забезпечення прозорості механізму розрахунку соціальних виплат, перерахунку пенсій, що дозволить підвищити довіру населення до діючої системи соціального страхування

- встановлення на законодавчому рівні державних витрат на соціальні цілі на рівні не нижче мінімальних стандартів, рекомендованих міжнародними конвенціями.

Формування розвиненого ринку страхових послуг в Україні, завдяки врахуванню тенденцій і особливостей розвитку страхових ринків економічно-розвинених країн світу, забезпеченню прозорості розрахунку виплат забезпечить сприятливі умови для ринкової трансформації та стабільного розвитку національної економіки.

## **ПРО НЕОБХІДНІСТЬ РОЗГЛЯДУ УКАЧУВАННЯ У ЯКОСТІ ФАКТОРУ ВИРОБНИЧОГО РИЗИКУ ОСІБ ОПЕРАТОРСЬКОГО ПРОФІЛЮ**

***Стром І.В.***

*Науковий керівник – Нестеренко С.В., канд. техн. наук, ст. викладач*

Сучасні види транспорту забезпечені автоматизованими системами та складною апаратурою. Остання змінила характер праці льотчиків, моряків, водіїв автотранспорту, наблизивши його до діяльності оператора. Значно зросло навантаження на центральну нервову систему, аналізатори й організм в цілому.

Це призвело до зростання нервово-психічної напруги фахівців цих профілів. Тому виправдана необхідність при професійному відборі оцінювати нервово-психічну стійкість і прогнозувати ступінь напруженості у кандидатів на навчання тим чи іншим операторським спеціальностям.

Удосконалення засобів транспорту, розвиток авіації та космонавтики вимагають проведення більш ретельного відбору операторів рухомих пристроїв з метою їх найменшої схильності до укачування. В даний час серед осіб, спеціально відібраних і підготовлених до виконання своїх функціональних обов'язків в умовах тривалої дії прискорень, розвиток хвороби руху (ХР) в тій або іншій формі спостерігається в середньому в 15% випадків (у моряків від 5 до 20%, у льотчиків від 1 до 11%, у космонавтів від 30 до 50%). Хвороба руху – це узагальнюючий термін, що включає такі поняття, як кінетоз, укачування, а також автомобільну, морську, повітряну, залізничну хворобу. За визначенням англійського дослідника Бенсона (1984), ХР є нормальною реакцією здорової людини, що не має будь-яких органічних або функціональних порушень, на вплив незвичного виду рухів певної інтенсивності і тривалості.

Вивчення загальних закономірностей у фізіологічних реакціях організму й біохімічних зрушеннях, викликаних укачуванням, дозволило їх розглядати як реакцію типу «стрес». За своєю значимістю «стрес-реакція» – це, по суті, реакція адаптації до надзвичайних умов. За механізмом розвитку ХР можна визначити як хворобу адаптації. Будь-яке пасивне переміщення організму формує для нього неадекватну середу не по відношенню до вестибулярному рецептора, а по відношенню до системи і всьому організму. Настає їх дезадаптація, в результаті чого розвивається дисфункція системи, яка, в свою чергу, призводить до розвитку адаптаційних процесів. Вивчення адаптації у людини абсолютно неможливе без урахування її психічного рівня,

який є провідним і в великій мірі інтегрує інші рівні. Велике значення має здатність прогнозувати майбутній розвиток подій і змін у зовнішньому середовищі. Психофізіологічна адаптація є динамічним процесом, за якого поведінка та досвід, набутий раніше, включаються в реакцію на зміни середовища таким чином, що відбувається мотиваційно-обумовлена вибірка: зміни, що необхідні для досягнення необхідної мети, посилюються, а ті зміни, що протистоять їй – послаблюються, редукуються.

Аналіз початкових проявів порушень психофізіологічної адаптації утруднений без введення поняття адаптивної норми. Адаптивна норма індивідуальна для кожної людини, вона є функціонально-динамічним утворенням, що містить в собі потенційні можливості реагування, відображає особливості, пов'язані з конституційно-генетичними ознаками, впливом соціальних чинників, впливом факторів навколишнього середовища. Характер відповідних реакцій на роздратування вестибулярного апарату носить індивідуальні риси. В одних випадках організм у змозі відповідати компенсаторною реакцією, в інших же настає декомпенсація з бурхливою вестибулярно-вегетативною симптоматикою. Звідси прийнято ділити всіх людей, що піддаються кумулятивній дії прискорення, на «тих, що схильні до укачування» та «тих, що не схильні до укачування». Симптоматичний комплекс укачування може бути пояснений як явище неузгодженості в гомеостатичних системах організму, внаслідок чого не можуть активні компенсаторні реакції.

Із загально-біологічних позицій вестибулярне роздратування, що веде до симптоматичного комплексу укачування, є стресовим фактором, який викликає відповідні реакції у людини. Тому, закономірним є інтерес дослідників до психофізіологічних механізмів адаптації до укачування. Механізми адаптації забезпечують можливість існування організму в постійно мінливих умовах зовнішнього середовища. Неадекватне, поверхневе оцінювання відповідності психосоматичного адаптивного потенціалу конкретної людини та майбутніх психологічних, фізичних та інтелектуальних навантажень під час будь-якого виду діяльності викликає розлад здоров'я.

Таким чином, існує необхідність розробки нових методичних підходів з метою професійного відбору осіб, які працюють в умовах впливу знакозмінних прискорень.

## **ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ТА РУХОМОМУ СКЛАДІ МЕТРОПОЛІТЕНУ**

***Підкопай Б.Н.***

*Науковий керівник – Нікітченко О.Ю., канд. техн. наук, доцент*

Метрополітен — міський пасажирський транспорт, користування яким пов'язане з підвищеною небезпекою. Діяльність метрополітенів досить чітко регламентується нормативними актами. За визначенням ДБН В.2.3-7-2010 «Споруди транспорту. Метрополітени», метрополітен — це підприємство міського позавуличного підземного або наземного (підземного) електричного транспорту, призначене для масових швидкісних перевезень пасажирів; визначається великою провізною здатністю та регулярністю руху. Своєю чергою, об'єкти метрополітенів — споруди, пристрої та рухомий склад (станції, вестибюлі, тягові та понижуючі підстанції, контактна мережа 825 В, пристрої автоматики, телемеханіки для руху поїздів, зв'язку та інші, електрорухомий склад і рухомий склад господарського призначення)[1].

Актуальність проблематики пожежної безпеки в наш час є досить гострою, це обумовлено достатньо високим рівнем небезпеки, що мають споруди та обладнання метрополітену, а також можливими діями пасажирів та терористичною загрозою (яка, в свою чергу, може викликати пожежу).

Найбільшу пожежну небезпеку в метрополітені становить електричне обладнання, котре розташоване повсюди. Саме тому зоні ризику, без виключень, знаходяться всі об'єкти та споруди метро, а особливо рухомий склад. Щоб унеможливити виникнення пожежі, кожна складова систем електроустановок потребує уваги з позиції дотримання правил пожежної безпеки.

Пожежна небезпека електроустановок обумовлена наявністю в електрообладнанні, яке застосовується, горючих ізоляційних матеріалів. Горючою є ізоляція обмоток трансформаторів, контактори, реле, контрольно-вимірювальні прилади. Небезпечною щодо пожежі також є ізоляція проводів ( гума, папір, поліетилен і ін.) і кабелів [2].

Найбільшу пожежну небезпеку представляють маслонаповнені апарати - трансформатори, бакові вимикачі високої напруги, а також кабелі з паперовою ізоляцією, просоченою маслосамішшю.

У силових трансформаторах з масляним охолодженням не виключене міжвиткове КЗ, у результаті якого в частині обмотки (витку) виникає настільки великий струм, що ізоляція швидко розкладається з виділенням горючих газів. При відсутності належного захисту, що

відключає ушкоджений трансформатор, можливий вибух газової суміші з руйнуванням стінок кожуха та наступним викидом палаючого масла[3].

На електродвигуни, світильники, інші електричні машини, апарати та обладнання, встановлені у вибухонебезпечних або пожежонебезпечних зонах, повинні бути нанесені знаки, що вказують їх ступінь захисту згідно з чинними стандартами.

З'єднання, відгалуження та окінцювання жил проводів і кабелів мають здійснюватися за допомогою опресування, зварювання, паяння або затискачів (гвинтових, болтових тощо).

Електричні машини з частинами, які нормально іскрять за умовами роботи, повинні розміщатися на відстані на менше 1 м від горючих матеріалів або відокремлюватись від них екранами з негорючих матеріалів. [3].

За пожежну безпеку електропоїзда (господарчого поїзда), який перебуває на лінії відповідає машиніст (водій дрезини). Особа, яка визначає готовність рухомого складу до роботи на лінії, та черговий по депо контролюють забезпечення виходу на лінію технічно справно-го та укомплектованого засобами пожежогасіння електропоїзда[4].

Під час технічного огляду поїзда перед виходом на лінію потрібно перевірити справність електрообладнання, опалення, наявність та справність первинних засобів пожежогасіння та двостороннього зв'язку "пасажир-машиніст". Виявлені порушення необхідно негайно усунути.

Метрополітен є надзвичайно складною інженерною системою, в якій пожежа може стати катастрофою надзвичайного масштабу. Саме тому підхід до пожежної безпеки на такому підприємстві повинен бути на найвищому рівні.

#### Література:

1. Основні напрями та проблеми пожежної безпеки в метрополітенах України : стаття/ Вадим Росицький, журнал «Охорона праці і пожежна безпека» №10, 2018.;
2. Противопожарная защита энергетических предприятий, отдельных объектов – НАПБ В.05.028-2004г.
3. Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок ДНАОП 0.00-1.32-01.
4. Про затвердження Правил пожежної безпеки в метрополітенах, наказ, Міністерство інфраструктури України, від 20.06.2012 року., [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.

## **ОСОБЛИВОСТІ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ВИРОБНИЧИХ ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ НА ОРГАНІЗМ ПРАЦЮЮЧОЇ ЛЮДИНИ**

*Бойко Д.В., Семенкова В.С.*

*Науковий керівник – Сєріков Я.О., канд. техн. наук, доцент*

Здоров'я працюючого населення, кожної людини як індивідуума, є найважливішою характеристикою трудового потенціалу будь-якої країни. На додаток до цього ця характеристика також значною мірою визначає економічний та соціальний стан суспільства. За наявними даними оцінок спеціалістів МОП та ВООЗ, що опубліковані за останній період часу, кількість нещасних випадків та захворювань, що пов'язані з трудовою діяльністю людини, має стійку тенденцію до збільшення. На даний період часу нещасні випадки та професійні захворювання забирають понад 2 млн людських життів щорічно. В цій структурі професійні захворювання, виникнення яких є наслідком дії шкідливих виробничих факторів, є причиною 1,7 млн летальних випадків працюючих, що безпосередньо пов'язані з їх трудовою діяльністю. При цьому, кількість смертей внаслідок професійних захворювань переважає кількість летальних випадків, що виникли в результаті нещасних випадків на виробництві, у співвідношенні чотири до одного. За статистичними даними МОП на даний час у світі реєструється понад 160 млн нових випадків професійних захворювань щорічно.

Опубліковані результати досліджень дозволяють провести ранжування типів професійної захворюваності за видом шкідливого виробничого фактору. Так у структура найбільш поширених професійних захворювань має наступний вигляд:

1 - професійні хвороби, що викликані негативним впливом виробничого пилу (40–65 %);

2 - професійні хвороби (захворювання) кістково-м'язової системи (близько 20 %),

3 - професійні захворювання, що викликані дією вібрації - вібраційні хвороби (8–9 %).

Аналіз виробничих процесів показує, що їх значна кількість пов'язана з дією виробничого (промислового) пилу на працівників. При цьому, наявність пилу в повітрі робочих приміщень зумовлюється такими причинами: - характером та організацією технологічного процесу; - якістю герметичності устаткування; - наявністю або відсутністю вентиляційних установок, ефективністю їх роботи.

Виробничий пил являє собою тонкодисперсні тверді частинки, що знаходяться в повітрі в підвішеному стані. З метою гігієнічної оці-



нки пилу в гігієні праці застосовують ряд класифікацій. Так, наприклад, за походженням, за дисперсністю, за електрзарядженістю, за ступенем токсичних властивостей тощо. Пил шкідливо впливає здебільшого на верхні дихальні шляхи організму людини. При цьому його дія залежить від його природи, концентрації, дисперсності, а також розчинності. Внаслідок його шкідливої дії виробничий пил спричинює розвиток таких основних видів захворювань:

- захворювання шкіри і слизових оболонок (за захворювання шкіри, дерматити, кон'юнктивіти та ін.);
- неспецифічні захворювання органів дихання (риніти, пилові бронхіти, пневмонії);
- алергічні захворювання (алергічні дерматити, екземи, астматичні бронхіти, бронхіальна астма);
- професійні отруєння (у разі впливу токсичного пилу);
- онкологічні захворювання (у разі впливу канцерогенного пилу, наприклад, сажі, азбесту);
- пневмоконіози (у разі впливу фіброгенного пилу).

При цьому, як було зазначено вище, пневмоконіози займають перше місце серед професійних захворювань в усьому світі.

Основою проведення заходів з забезпечення захисту від негативного впливу виробничого пилу є гігієнічне нормування, тобто дотримання встановлених гранично допустимих концентрацій (ГДК). Головна відповідальність за дотримання умов, що перешкоджають перевищенню ГДК пилу в повітряному середовищі, покладено на адміністрацію підприємств.

У разі неможливості забезпечити встановлені нормативно-правовими актами ГДК, необхідно запроваджувати заходи й засоби захисту працюючих в такому шкідливому середовищі.

До профілактики пилових захворювань відносяться:

1 - технологічні заходи, що спрямовані на попередження утворення пилу на робочих місцях шляхом вдосконалення технологічних процесів;

2 - санітарно-технічні заходи, що спрямовані на забезпечення герметизації пиленебезпечного обладнання, установка потужної вентиляційної системи. Новим напрямком є застосування брізерів.

3 - індивідуальні засоби захисту - протипилові респіратори, захисні окуляри, протипилові костюми.

4 - лікувально-профілактичні заходи, що включають і обов'язкові медичні огляди для працівників певних категорій.

## ДОСЛІДЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

*Варламова Г.О., Бойко Д.В.*

*Науковий керівник – Сєріков Я.О., канд. техн. наук, доцент*

Еволюція людини по техногенному напрямку викликала створення антропогенних об'єктів і систем, які функціонують яких призвели до підвищення рівня природного геомагнітного фону. Потужні лінії електропередачі високої і надвисокої напруги, радіо- й телепередаючі станції, космічні станції супутникового зв'язку, електричний транспорт викликають електромагнітне забруднення середовища існування людини. На додаток до цього практично всі електро побутові прилади, призначені для підвищення комфортності житлового середовища, генерують електромагнітні поля (ЕМП) такого рівня, що є шкідливим для здоров'я людини. У результаті цього впливу ЕМП відбувається як у системі «людина – середовище проживання», так і в системі «людина – виробниче середовище».

*Біологічна дія ЕМП.* Результати досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних вчених свідчать про високу біологічну активність ЕМП в усіх частотних діапазонах. При цьому, ЕМП високої частоти призводять до нагрівання живих тканин організму людини. Численні дослідження в області біологічної дії ЕМП визначили найбільш чутливі системи організму: - нервову; - імунну; - ендокринну; - статеву. Слід зазначити, що біологічний ефект ЕМП в умовах багаторічного впливу накопичується (тобто має кумулятивний ефект), внаслідок чого можливий розвиток віддалених наслідків, негативних процесів у центральній нервовій системі, поява новоутворень, гормональних захворювань.

*Вплив ЕМП на нервову систему людини.* Доведено, що внаслідок дії ЕМП порушується процес передачі нервових імпульсів. В результаті цього можуть з'являтися такі захворювання як неврастенічний та астенічний синдром, проявлятися слабкість, дратівливість, швидка стомлюваність, порушення сну. Тобто порушується вища нервова діяльність, що проявляється в ослабленні пам'яті, схильності до розвитку стресових реакцій.

*Вплив ЕМП на серцево-судинну систему людини.* Порушення роботи діяльності цієї системи проявляються, як правило, у зниженні частоти пульсу і артеріального тиску, болями в області серця. У крові людини відзначається зниження кількості лейкоцитів і еритроцитів.

*Вплив ЕМП на імунну та ендокринну системи людини.* Дослідженнями встановлено, що при впливі ЕМП спостерігається зниження (пригнічення) імунітету, активізуються процеси інфекційних захво-

рювань. Під дією ЕМП також збільшується інтенсивність вироблення адреналіну, активізується процес згортання крові.

Основними джерелами електромагнітних полів є: - промислові установки, що використовують електромагнітне випромінювання в технологічних цілях; - засоби радіолокації, радіонавігації; - засоби теле- та радіомовлення; - побутові прилади, в особливості такі, що за- сновані, наприклад на СВЧ-випромінюванні; - внутрішні електричні мережі в будинках. Характеристики потужності й частотного діапазо- ну випромінюваного ними електромагнітного поля, а отже й ступінь негативного впливу на організм людини, відрізняються в залежності від конкретних моделей. У принципі чим вище потужність приладу, тим вищий рівень генерованого електромагнітного поля, а отже й рі- вень негативного впливу на людину.

На даний час продовжує бути актуальним питання біологічної безпеки стільникового зв'язку у плані негативного впливу електромаг- нітних випромінювань. Потрібно відзначити наступне. Виходячи з те- хнологічних вимог побудови системи стільникового зв'язку, основна енергія випромінювання (більше за 90%) зосереджена в достатньо ву- зькому промені, який, як правило є спрямованим вище прилеглих жит- лових будинків. В режимі розмови випромінювання стільникового телефону є значно вищим, ніж в режимі очікування. При цьому, ЕМП, що виникає навколо його антени, посилюється в метро, під час розмо- ви в автомобілі, підсилює його дію металева оправка окулярів.

Актуальним є також і питання біологічної безпеки персональних комп'ютерів. За статистикою, близько 30% населення більшу частину робочого часу проводять за комп'ютером. Крім цього, значна частина населення є користувачами ПК в домашніх умовах.

Вважається, що найбільш небезпечним є випромінювання моні- тора, який є джерелом електромагнітного, рентгенівського, інфрачер- воного, ультрафіолетового випромінювання. Однак, небезпечними в цьому плані являються тільки монітори з ЕПТ, що випущені 5-7 років тому. Сучасні рідкокристалічні екрани і переносні комп'ютери- ноутбуки випромінюють ЕМП практично безпечного рівня.

## СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ УМОВ ПРАЦІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ПО ЛІФТАМ І ЛІФТОВОМУ ОБЛАДНАННІ

*Діденко Д.В.*

*Науковий керівник – Сєріков Я.О., канд. техн. наук, доцент*

Апріорні дослідження й аналіз умов праці персоналу (незалежно від напрямку професійної діяльності) є обов'язковим елементом комплексної системи забезпечення безпеки життєдіяльності працюючої людини в системі «людина – виробниче середовище». При використанні належного системного підходу такі дослідження створюють відповідні дані, на основі яких визначають необхідні заходи й засоби захисту працюючих, тим самим забезпечуючи не тільки збереження здоров'я людини у процесі виконання своїх виробничих обов'язків, а й одержання підприємством визначеного соціально-економічного ефекту.

На сьогодні в Україні, в країнах ближнього і далекого зарубіжжя успішно функціонує величезний парк ліфтів різного призначення і конструктивного виконання, який забезпечує потреби житлового сектору, комунального господарства, промислових підприємств і споруд громадського та спеціального призначення. При цьому, зростаючий парк ліфтів та інших засобів внутрішнього вертикального й горизонтального транспорту (багатокабінних підйомників, ескалаторів, пасажирських конвеєрів) вимагає безперервного вдосконалення техніки монтажу та технічного обслуговування цих машин з метою постійного підвищення надійності й безпеки застосування та експлуатації.

Запорукою успішного вирішення поставлених науково-технічним розвитком перед ліфтобудівельними, монтажними й експлуатуючими ліфти організаціями завдань є наявність висококваліфікованих кадрів, здатних йти в ногу з досягненнями науки і технології з обов'язковим належним рівнем знань з виробничої санітарії, безпеки праці й електробезпеки.

Безпосередні роботи з монтажу, технічного обслуговування, ремонту, модернізації ліфтів і ліфтового обладнання виконує персонал - електромеханіки. При виконанні *тільки* робіт з технічного огляду ліфтів, виконуються наступні їх основні види: - роботи, що проводять в машинному приміщенні ліфта, в якому розташовані електричні установки системи живлення ліфта, електропривід ліфта, та канатопривід; - технічне обслуговування силових, вимірювальних і понижуючих трансформаторів; - технічне обслуговування та наладка частотно-регульованого електроприводу лебідки ліфта; - технічне обслугову-

вання низьковольтного комплектного пристрою; - технічне обслуговування установки кінцевого вимикача зупинки ліфта; - технічне обслуговування гальмівного пристрою ліфта; - технічне обслуговування електродвигуна лебідки ліфта; - технічне обслуговування канатоведучого шківів; - технічне обслуговування системи штучного рівномірного освітлення машинного приміщення; - технічне обслуговування канатів тощо.

При проведенні робіт характерним є те, що електромеханіки виконують роботи не на постійному робочому місці:

- в машинному приміщенні ліфта; - в кабіні й на кабіні ліфта; - в шахті ліфта; - в приямку ліфта.

На додаток до цього, значна кількість виконуваних робіт відноситься до категорії «Роботи підвищеної небезпеки».

Така особливість провадження робіт персоналом з кваліфікацією «електромеханік» визначає необхідність застосування системного підходу при аналізі умов праці, з кінцевою метою збереження здоров'я персоналу, тобто попередження випадків професійного захворювання чи виробничого травматизму. Так, при системному аналізі умов праці, при тільки при технічному обслуговуванні ліфта і ліфтового обладнання, визначені наступні *основні* негативні виробничі фактори:

Фізичні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- недостатня освітленість робочої зони (при виконанні робіт у машинному відділенні ліфта, при огляді силових трансформаторів, при провадженні робіт у шахті й приямку ліфта);

- підвищений рівень шуму та вібрації (при виконанні робіт з налагодження силових трансформаторів, системи електропривода ліфта, при випробуваннях канатоведучого обладнання, канатів);

- підвищена чи знижена температура повітря робочої зони (за умов провадження робіт при пониженій чи підвищеній температурі повітря в холодний чи теплий періоди року);

- підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини (при виконанні робіт з налагодження силових трансформаторів, системи електропривода ліфта тощо).

Психофізіологічні шкідливі виробничі фактори

- робота на висоті відносно підлоги чи землі (при технічному огляді канатоведучого обладнання, канатів, ліфтового обладнання, що розміщене в шахті ліфта).

Очевидно що системний підхід дає змогу системно підійти й при визначенні комплексу індивідуальних засобів захисту.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПРОФЕСІЙНОЇ ЗАХВОРЮВАНОСТІ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

*Назарець С.С.*

*Науковий керівник – Серіков Я.О., канд. техн. наук, доцент*

Дослідження професійної захворюваності в державі є обов'язковою складовою комплексної системи забезпечення безпеки життєдіяльності людини як у системі «людина - виробниче середовище», так і «людина – побутове середовище». В особливості це стосується такої сфери діяльності людини як цивільний захист. Очевидно, що виконання службових обов'язків за умов надзвичайної ситуації сполучене в більшості випадків з дією шкідливих виробничих факторів, які негативно відбиваються на здоров'ї цієї категорії працюючих. Такі бази даних, за умови використання системного підходу, дозволяють їх використовувати як основу, що дозволяє вирішити проблему зниження рівня професійного захворювання в цій галузі професійної діяльності людини шляхом розроблення і впровадження необхідних заходів, спрямованих на захист здоров'я кожного індивідуума.

За даними Міжнародної асоціації пожежників, однією з професій, що відноситься до галузі цивільного захисту, і займає одне з перших місць серед інших професій за ступенем шкідливого впливу на організм людини - є професія пожежника. Особливістю роботи пожежних є наявність екстремальних умов при виконанні завдань з тушіння пожежі. Так, під час гасіння пожежі особовий склад пожежників піддається впливу таких шкідливих виробничих шкідливостей:

- потужні потоки теплової енергії;
- висока задимленість повітря, що містить високі концентрації шкідливих хімічних речовин;
- підвищений рівень шуму.

На додаток до цього, у пожежних відзначається високий ступінь нервово-психічного напруження, що виникає внаслідок:

- високої ступені відповідальності за прийняті тактичні рішення, за результат завдання;
- наявності загрози для власного життя;
- відповідальності за безпеку інших осіб.

Всі перераховані негативні виробничі шкідливості, фактори можуть бути причиною формування різних типів професійних захворювань. За статистичними даними в структурі професійної захворюваності пожежних з тимчасовою втратою працездатності превалюючий відсоток хвороб припадає на серцево-судинні захворювання, що, очевидно, обумовлено високою напруженістю їх праці. Наступними, за

кількістю професійно захворілих, тобто з тимчасовою втратою працездатності, є хвороби органів дихання. На них припадає понад 40% випадків. Токсичність продуктів горіння й висока температура повітряного потоку призводить до того, що у пожежних спостерігаються також:

- хвороби верхніх дихальних шляхів (бронхіт і бронхіальна астма);
- хвороби серцево-судинної системи кровообігу (ішемічна хвороба серця і гіпертонія);
- хвороби органів травлення (виразкова хвороба і гастрит);
- хвороби органів відчуттів (порушення роботи тактильного, смакового аналізаторів тощо);
- хвороби шкіри та підшкірної клітковини;
- нервово-психічні хвороби (невроз, психоз, неврастенія);
- хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини (артрит, остеохондроз); онкологічні хвороби тощо.

При дослідженнях причин появи професійного чи професійно обумовленого захворювання необхідно враховувати час дії, тобто експозиції на організм людини шкідливого виробничого фактору. Час експозиції дії такого негативного фактору в системі «професійна діяльність пожежних – екстремальна ситуація» для появи хронічного захворювання є значно меншим для особового складу варт (караулів), тобто співробітників, які зайняті оперативно-тактичним напрямком діяльності в ліквідації пожеж, і найбільшим - для керівного складу ДПС.

Проведений аналіз наявного стану з виробничої санітарії, гігієни та безпеки праці в сфері цивільного захисту (у галузі пожежного захисту) показує, що основними причинами, які призводять до такого стану є:

- відсутність або недостатність теоретичного навчання з охорони праці в галузі пожежного захисту персоналу підрозділів державної пожежної служби (ДПС);
- відсутність або недостатність навчання з охорони праці в галузі пожежного захисту персоналу підрозділів ДПС практичним навичкам та стажування;
- недотримання або ігнорування персоналом підрозділів ДПС правил та інструкцій з охорони, безпеки праці, електробезпеки, гігієни праці та виробничої санітарії;
- в деяких випадках недостатньо висока якість застосовуваних засобів індивідуального захисту пожежних, що є наслідком недостатнього контролю при закупівлях.

## **ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТРОЛЕЙБУСІВ ВІДНОСНО ПОРАЗКИ ЛЮДИНИ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ**

*Семенкова В.С., Варламова Г.О.*

*Науковий керівник – Сєріков Я.О., канд. техн. наук, доцент*

Тролейбус як вид наземного електричного транспорту знайшов широке застосування у всіх великих містах України й інтенсивно розвивається в країнах Західної Європи та Америки завдяки своїй високій економічності (порівняно низьке питоме енергоспоживання на одного пасажира), маневреності та екологічній чистоті. Але, не дивлячись на таке широке поширення, при експлуатації троллейбуса має місце ряд проблем.

Однією з найбільш важливих і актуальних в даний час є проблема забезпечення електробезпеки, так як вона безпосередньо пов'язана з фактами ураження людини електричним струмом при контакті з корпусом троллейбуса. Тролейбус, як електротехнічна система, є унікальним об'єктом, оскільки живиться високою напругою і при цьому не має прямого заземлення корпусу.

При дотику до корпусу троллейбуса людини, яка стоїть на землі, через її тіло протікає струм, величина якого залежить від опору електричного струму тіла людини і, головним чином, від опору ізоляції між високовольними струмоведучими частинами і корпусом машини (тролейбуса).

У разі істотного зниження опору або пробою ізоляції дотик до корпусу троллейбуса може спричинити за собою поразку людини електричним струмом витоку.

В електротехніці визначено, що струм витоку – є струм, що протікає через ізоляцію між різнополярними полюсами електричного кола. У розглядуваному випадку під «струмом витоку» мається на увазі струм, що протікає через тіло людини, яка стоїть на землі і має контакт з корпусом троллейбуса, штанги якого встановлені на контактні дроти.

В процесі експлуатації, з огляду на безліч причин, згодом відбувається погіршення властивостей ізоляції його електричного обладнання, що викликає появу небезпечного для людини потенціалу на корпусі троллейбуса. Ця обставина ще більше посилюється низькими темпами оновлення троллейбусного парку країни, в результаті чого термін експлуатації троллейбусів перевищує граничні нормативи.



## **ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ НАГЛЯДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ЕКСПЕРТИЗИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

**Скопець М.В.**

*Науковий керівник – Серіков Я.О., канд. техн. наук, доцент*

Важливість наглядової діяльності полягає в здійсненні як безпосередньо інспекторських функцій, так і забезпечення зв'язку та дієву взаємодію з державними установами, наглядовими органами та громадськими організаціями у якості співробітника (інженера) служби охорони праці підприємства.

До основних задач інспектора входять: організація проведення контролю за додержанням чинних нормативно-правових актів з охорони праці, стандартів безпеки праці у процесі виробництва; організація дотримання безпеки та гігієни праці; управління діями щодо попередження виникнення нещасних випадків та надзвичайних ситуацій техногенного характеру на виробництві; здійснення контролю за дотриманням на підприємствах, в установах та організаціях незалежно від форм власності чинного законодавства, правил, стандартів, норм, положень, інструкцій з охорони праці, виробничої санітарії, протипожежного стану та охорони навколишнього середовища.

Для вирішення цих задач інспектор повинен оволодіти вміннями:

- визначити уповноважені організації у сфері проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки;
- перевіряти виконання розпоряджень, приписів, постанов наглядово-профілактичних органів;
- приймати участь у підготовленні заключного акту про введення в експлуатацію нових і реконструйованих об'єктів виробничого та іншого призначення, про виконання робіт підвищеної небезпеки, про експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки;
- координувати діяльність щодо додержання чинного законодавства, правил, стандартів, норм, положень, інструкцій з охорони праці, виробничої санітарії, протипожежного стану та охорони навколишнього середовища;
- вжити заходів щодо притягнення до відповідальності посадових осіб, інших працівників підприємства, винних у невиконанні постанов органів державного нагляду за станом охорони праці;
- контролювати своєчасне проведення необхідних випробувань і технічних оглядів устаткування;

- розробляти проекти наказів чи розпоряджень з питань охорони праці;
- складати звіти з питань охорони праці.

Як для прикладу хочу представити підприємство - Люботинська колійна машинна станція, яка відноситься до залізнодорожньої галузі.

Люботинська колійна машинна станція – підприємство колійного господарства, за такими напрямками діяльності: - виконання робіт по реконструкції, капітальному, середньому, комплексно-оздоровчому ремонтам залізничної колії; - заміна колійної решітки; - підсилення земляного полотна; - проведення робіт зі снігом та водоборотьби для забезпечення безпечного та безперервного руху поїздів. До складу ЛКМС входять підрозділи: - виробничо-технічний відділ – планує, забезпечує технічною документацією, супровід робіт, проводить контроль виконаних робіт; - колійна колона №1 – забезпечує виконання робіт з заміни, укладання стрілочних переводів тощо; - колійна колона №2 – готує стрілочні переводи, колійну решітку, забезпечує колійну колону №1 необхідною кількістю матеріалів, виробів; - цех з експлуатації машин важкого типу – забезпечує колійну колону №1 необхідною технікою: - механічних цех, автотранспортний цех, господарчий цех – забезпечують господарську діяльність цехів, створюють санітарно-побутові умови для працівників підприємства.

При виконанні робіт на ділянках залізниці використовуються бульдозери на базі трактору Т-130 та Т-170, автогрейдер ДЗК-250 та автотранспортувачі ZL-50G, для підготовки земляного полотна підкладання стрілочних переводів або рейко шпальної решітки. Для підготовки стрілочних переводів або рейко шпальної решітки на виробничій базі КМС використовується козлові крани КПБ-10. Працюють на них кранівники козлових кранів.

Для перевезення матеріалів, запасних частин або інших комплектуючих в КМС створено механічні майстерні, де працюють водії автотранспортних засобів, електрозварювальними, токар, слюсар з ремонту та інші працівники.

## **АНАЛІЗ ПРИЧИН ТРАВМАТИЗМУ ПРАЦІВНИКІВ ЗАЙНЯТИХ ВИРОБНИЦТВОМ ХАРЧОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ**

***Петрейко І.Я.***

*Науковий керівник – Скрипник О.С., канд. техн. наук, ст. викладач*

У загальній структурі причин смертності населення України 3-є місце займають зовнішні причини, до яких слід віднести травматизм і професійні захворювання на виробництві. Виявлення, виняток або

зниження рівня впливу на працівника небезпечних і шкідливих виробничих факторів в найбільш проблемних, з точки зору умов праці, видах економічної діяльності, в тому числі при виробництві харчових концентратів є одним із шляхів зниження втрат від виробничого травматизму, професійних захворювань і передчасної смертності людей в працездатному віці.

Актуальність даної теми обумовлюється тим, що в даний час умови праці працівників, зайнятих виробництвом харчових концентратів не відповідають вимогам охорони праці. Обладнання не завжди відповідає вимогам нормативної документації, часто наявне обладнання експлуатується понад встановленого терміну. В організаціях, зайнятих виробництвом харчових концентратів, присутні нещасні випадки, в тому числі зі смертельним і важким результатом

Основними причинами нещасних випадків в харчовому концентратному виробництві найчастіше є: порушення виробничої дисципліни, незадовільна організація виконання робіт, перевищення вмісту шкідливих речовин в повітрі робочої зони більше встановлених, порушення вимог охорони праці до виробничого обладнання, виконання робіт підвищеної небезпеки без оформлення наряду-допуску, допуск до роботи осіб з недостатньою професійною підготовкою, недостатній контроль з боку керівників робіт за дотриманням вимог охорони праці та виробничої дисципліни [10, 19].

Сучасні лінії з виробництва харчових концентратів з використанням екструзійних технологій - це обладнання, яке використовується в різних галузях промисловості. У харчовій промисловості можливе використання екструдерів для виготовлення харчових концентратів таких як зернові пластівці та подушечки швидкого приготування.

Специфіка роботи на екструзійному обладнанні передбачає точне дотримання правил безпеки, що дозволяє виключити отримання травм і всьлякої шкоди для здоров'я.

## **РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ ЕЛЕКТРОГАЗОЗВАРЮВАЛЬНИКІВ**

*Приростий В.О.*

*Науковий керівник – Скрипник О.С., канд. техн. наук, ст. викладач*

Усі існуючі способи зварювання різко відрізняються за своїми санітарно-гігієнічними характеристиками. Найбільш несприятливі умови характерні для термічного класу технологічних процесів, які виконуються на повітрі безпосередньо в зоні дихання робітника, тобто насамперед для ручного електродугового зварювання.

Основними шкідливими факторами процесу електродугового зварювання є: зварювальний аерозоль, що містить пил, пари і газів, наприклад, фтористі сполуки, оксид вуглецю, оксиди азоту, озон; ультрафіолетове випромінювання; бризки розплавленого металу.

Склад пилу і газів, що утворюються при зварюванні, залежить головним чином від складу електродних покриттів. Основу пилу становлять оксиди заліза, а домішками є сполуки марганцю, хрому, нікелю, ванадію, молібдену та інших металів, що входять у зварювальний дріт, покриття або в розплавлений метал.

Найбільш шкідливий вплив надають оксиди марганцю і фтористі з'єднання. Вміст їх у порівнянні з оксидами заліза зазвичай невеликий, однак внаслідок своєї токсичності, вони мають вирішальне значення при виборі типу електродів і покриттів. При всіх видах зварювання утворюються озон і оксиди азоту (головним чином, оксид азоту, а в окремих випадках і діоксид азоту). Озон, оксид азоту та оксид вуглецю мають високу токсичність. Пил, що утворюється при зварюванні, є високодисперсним, кількість частинок діаметром менш 1 мкм, що вражають бронхо-легеневу систему, становить 98 – 99 %. Тривалий вплив зварювального аерозолю може стати причиною такого захворювання, як пневмоконіоз електрозварників.

Електрична дуга відноситься до високотемпературних джерел енергії з температурою близько 6 тисяч градусів Цельсія, тому вона є джерелом променевої енергії широкого діапазону (інфрачервоного, видимого, ультрафіолетового). Велика яскравість зварювальної дуги (до 15000 стилб) може викликати ефект засліплення і пошкодження сітківки ока; інтенсивне ультрафіолетове випромінювання призводить до гострого професійного ураження очей – фото – або електроофтальмії, а також може викликати ультрафіолетові опіки незахищеної шкіри. Тривалий вплив променевої енергії зварювальних дуг при недостатньому захисту очей може призвести до розвитку хронічного захворювання органу зору – катаракти.

Радикальним способом оптимізації умов праці зварників є впровадження автоматизації зварювальних операцій і застосування робототехніки. Створення і підтримання нормальних санітарно-гігієнічних умов праці в зварювальному виробництві досягається застосуванням системи профілактичних заходів. Видалення зварювального пилу і газів з робочого приміщення виконують насамперед за допомогою місцевої вентиляції для стаціонарних і нестаціонарних зварювальних постів. Для компенсації повітря, що видаляється витяжною вентиляцією, повинен бути забезпечений його організований приплив.

Боротьба з шумом ведеться як при створенні обладнання, так і при його розміщенні у виробничих приміщеннях. Там, де неможливо знизити рівень звукової потужності, наприклад при плазмових процесах, застосовують індивідуальні засоби захисту — протишумові навушники або вкладиші. Необхідно домагатися повної автоматизації таких процесів з виведенням операторів із зони дії шуму.

Індивідуальні засоби застосовуються також для захисту органів дихання. При невеликій концентрації газів у повітрі можна користуватися респіраторами. При високих концентраціях шкідливих речовин (при зварюванні у колодязях, цистернах, відсіках судин та інших замкнених об'ємах) необхідно застосовувати шлангові протигази з примусовою подачею повітря. До індивідуальних засобів захисту відносяться спецодяг і спецвзуття зварників.

В останні роки розроблені і отримали високу гігієнічну оцінку способи подачі припливного повітря в зону дихання зварника – безпосередньо під щиток. Для захисту оточуючих від променистої енергії зварювальних дуг обладнуються постійні зварювальні пости – кабіни або встановлюються ширми. Для захисту очей та обличчя зварника використовують спеціальні щитки і маски із захисними світлофільтрами від осліплюючої видимої частини спектру випромінювання, ультрафіолетових і інфрачервоних променів.

Важливе місце у забезпеченні здоров'я робітників у зварювальному виробництві посідають також медико-профілактичні заходи. До них відносяться обов'язкові попередні і періодичні медичні огляди. Доцільне періодичне перебування зварників у санаторіях-профілакторіях з проходженням курсів спеціальних фізіотерапевтичних процедур.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОФЕСІЙНИМИ РИЗИКАМИ ЯК НЕОБХІДНА УМОВА БЕЗПЕКИ ПРАЦІВНИКІВ**

*Рак К.Д.*

*Науковий керівник – Халіль В.В., канд. техн. наук, ст. викладач*

Здоров'є працівників, що задіяні у сфері промислового виробництва, є основою соціального та економічного розвитку країни. Охорона здоров'я населення є пріоритетним напрямом удосконалення для успішної інтеграції України до Європейської виробничої спільноти. Згідно концепції Міжнародної асоціації соціального забезпечення, пріоритетними є три напрями: безпека, гігієна праці та достаток працівників на усіх рівнях виробництва. В міжнародному стандарті ISO 45001

«Менеджмент охорони здоров'я та безпеки праці» відображено питання пріоритету здоров'я над безпекою праці.

В наш час Україна стикається все більше з проблемами, що на пряму пов'язані з високим рівнем виробничого травматизму та захворюваності. У зв'язку з цим особливе значення набуває розробка та впровадження сучасних методів оцінки та управління професійними ризиками, які будуть інструментарієм для впровадження на підприємствах систему управління професійними ризиками. Ця система є складовою загальної системи управління охороною праці підприємства і впроваджувати її необхідно у декілька етапів.

Першим кроком у цьому напрямку є атестація робочих місць як первинна оцінка ризиків. На цьому етапі необхідно визначити наявність шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, що впливають на безпеку та здоров'є працівників. Первинна ідентифікація професійних ризиків для кожного робочого місця і конкретного працівника здійснюється у рамках атестації робочих місць за умовами праці. У рамках АРМ проводиться оцінка умов праці на робочих місцях з метою визначення шкідливих та/або небезпечних виробничих факторів та здійснення заходів з приведення умов праці до відповідності з державними нормативними вимогами з охорони праці.

На цьому етапі також проводиться гігієнічна оцінка умов праці, оцінка травмобезпеки виробництва та забезпеченість працівників заходами індивідуального захисту.

Далі, на другому етапі, за результатом атестації робочих місць проводять аналіз впливу шкідливих виробничих факторів та розрахунки професійних загроз. При цьому необхідно оцінити ступень впливу виникаючих ризиків на основі аналізу впливу вже виявлених виробничих чинників та травмобезпеку робочих місць. Використовують для проведення аналізу декілька з вже розроблених методів оцінки ризиків, що активно використовуються у цій сфері. Метою є визначення ступню індивідуального ризику у кожному конкретному випадку із прогнозуванням ризику, визначенням, яким чином то чи інше порушення вимог з охорони праці може призвести до виробничої травми або професійного захворювання. Щоб дати оцінку професійного ризику, встановлюється кількісна ступень цього ризику. Використання бальної оцінки параметрів професійного ризику на основі відповідної шкали оцінок дозволяє отримати кількісну ступень ризику та впровадити відповідні заходи з його усунення. Під час визначення ступеню ризику розглядаються усі етапи робіт: від процесу підготовки до них до стадій їх виконання та завершення.

Карти професійних ризиків є третім етапом впровадження системи управління професійними ризиками, коли на основі проведеної оцінки ризиків розробляються карти професійних ризиків. На цьому етапі ризики формуються в упорядковану систему у вигляді матриці, яка враховує усі складові ризику. Виглядають такі карти як двосторонні друковані карти-матриці, за допомогою яких працівники можуть самостійно оцінювати ризики та відповідно реагувати у кожному конкретному випадку. На одному боці карти вказується ймовірний ризик, відповідно робочому місцю. На іншій – заходи, які необхідно провести з метою зниження або усунення виникшого ризику.

Наступні етапи є обов'язковими – це моніторинг та контроль за системою управління професійними ризиками. Моніторинг необхіден для виявлення змін в характеристиках ризиків під впливом змін середовища, а також з метою підтвердження адекватності застосування вже діючих процедур у змінених умовах. Обов'язково це супроводжується веденням документації як на паперових носіях так і у електронному вигляді. Ці данні використовуються з метою оцінки та прогнозу стану безпеки та охорони праці на підприємстві. Безперервний моніторинг дозволяє оперативно виявляти виникаючі проблеми на кожному робочому місці, корегувати систему управління ризиками за допомогою організаційних заходів та впливати на безпеку виробничого процесу в реальному часі.

Контроль необхіден на усіх етапах впровадження та функціонування системи. Покращити його допоможе проведення технічних оглядів стану обладнання, перевірка його відповідності вимогам безпеки, проведення навчальних заходів із безпечного виконання робіт та надання першої допомоги постраждалим, проведення інструктажів, стажування на робочому місці та перевірка знань вимог охорони праці.

## **ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ ПРАЦІВНИКІВ КОВАЛЬСЬКИХ ЦЕХІВ**

*Рак К.Д.*

*Науковий керівник – Халіль В.В., канд. техн. наук, ст. викладач*

Праця у ковальському цеху ще й досі є однією з найбільш небезпечних та важких видів виробничої діяльності, що вимагає ретельної уваги при організації безпеки праці працівників, залучених до цієї діяльності. В рамках системи управління охороною праці на підприємстві важливим етапом є визначення чинників, які під час виробничого процесу впливають на працівника.

В процесі роботи нагрівальних печей та гарячої обробки металу виділяється велика кількість променевої енергії. Так, при нагріванні великих деталей інтенсивність випромінювання на відстані 0,5 м від печі доходить до 6-8 ккал / см<sup>2</sup> хв. Крім виділення променистого тепла, в кузнях спостерігається забруднення повітря продуктами неповного згоряння палива і пригорання мастил, а також окисом вуглецю, сірчистим ангідридом, кіптявою та димом. Так само, як і в ливарних цехах, наявність індивідуального або дрібносерійного характеру виробництва пов'язане з великою кількістю ручних робіт, що тягне за собою наявність випадків травматизму у вигляді опіків, ударів, поранень і т. і.

Основними заходами, що поліпшують умови праці в ковальському виробництві, є:

1) комплексна механізація виробничих процесів, яка вимагає укрупнення ковальських цехів і забезпечення їх новітніми обладнанням і технологічним оснащенням;

2) пристрій раціональної вентиляції та освітлення, забезпечують хорошу освітленість і нормальні метеорологічні умови;

3) попередження перегріву організму шляхом теплоізоляції поверхонь печей, застосуванням завіс і повітряних душів;

4) систематична перевірка технічної справності обладнання, пристроїв та інструменту і організація їх ремонту;

5) організація постійного технічного нагляду за безпекою робіт;

6) навчання робітників правилам техніки безпеки і повсякденний технічний нагляд за їх виконанням.

Ковальські цехи слід розміщувати в однопрогонових будівлях з улаштуванням припливу повітря через бічні огороження. Підлоги в ковальських цехах влаштовуються з урахуванням забезпечення потрібної стійкості проти ударів холодних і нагрітих заготовок і поковок, проти струсів, які долають ґрунтом при роботі мелене (підлоги покриваються клінкером, діабазом і т. і.). Підлоги повинні мати рівну, неслизьку поверхню, без вибоїн і нерівностей.

При влаштуванні вентиляції слід виходити з допустимих норм, концентрації шкідливих домішок у повітряному середовищі виробничих приміщень. Для ковальських цехів суднобудівних і судноремонтних заводів можуть бути створені хороші метеорологічні умови пристроєм аерації і місцевих відсмоктувачів, шляхом влаштування парасольок над сурмами. При проектуванні в ковальському цеху аерації вирішальне значення має вибір конструкції ліхтарів і розташування відкриваються прорізів.

На рисунку 1 представлені схеми правильного і неправильного улаштування аерації.



Аерація і повітряне душирвання не лише істотно поліпшують метеорологічні умови в приміщенні кузень і особливо на робочих місцях, але одночасно сприяють зниженню загазованості повітря. Проте видалення продуктів неповного згоряння палива і нагрітих газів від ковальських сурм, і в деяких випадках від нагрівальних печей, повинно в основному реалізуватися за допомогою пристрою місцевої витяжної вентиляції - природної, за рахунок теплового спонукання, або механічної.

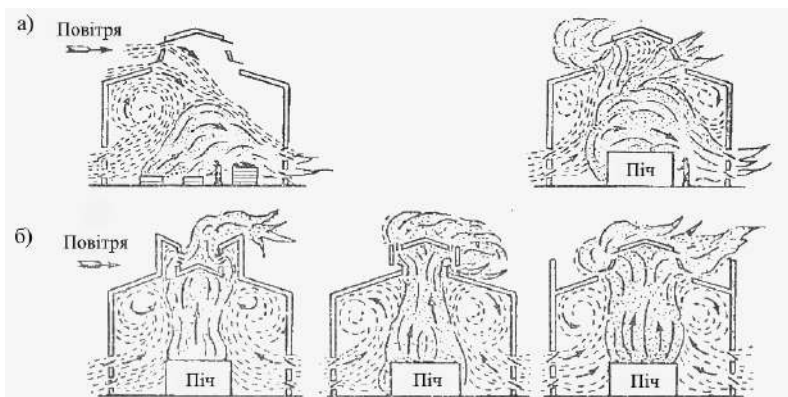


Рисунок 1 - Схеми аерації ковальського цеху: а) неправильно; б) правильно

При нагріванні дрібних поковок вдалою димовитяжною установкою природної вентиляції від ковальського горна є конструкція Мірець-Імшенецького.

## ОЦІНКА РИЗИКУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ

*Калашніков І.В., Калашнікова-Железова І.В.*

*Науковий керівник – Рогозін А.С., канд. техн. наук, доцент*

В основу роботи СУОП пропонується використовувати аналіз ризику [1], таким чином основним показником повинна бути величина ризику  $R$ .

Величина ризику може бути оцінена як математичне очікування ймовірності виникнення небезпечного фактору  $R_{нф}$  і величини збитку  $Y$ . У свою чергу  $R_{нф}$  залежить від технічного стану обладнання, підготовки персоналу, технічного обслуговування і виробничої дисципліни.

Стан обладнання може бути оцінений показниками надійності - ймовірність безвідмовної роботи  $P(t)$ , ймовірність відмови  $Q(t)$ , інтен-

сивність відмови  $\lambda(t)$  або комплексними показниками - коефіцієнт готовності  $K_g$ , коефіцієнт оперативної готовності  $K_{ог}$ .

Для оцінки підготовки персоналу пропонується ввести поняття надійності обслуговуючого персоналу НОП, яке визначається як математичне очікування показників підготовки персоналу, що враховують відповідні показники оцінки освіти, навчання, атестації, перевірки знань, тестування.

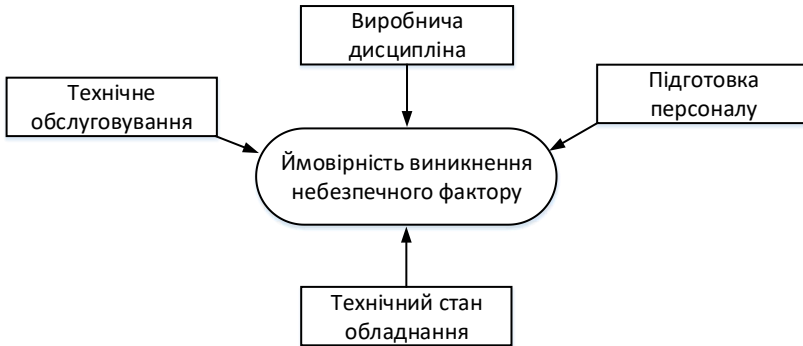


Рисунок 1 – Схема залежності ймовірності виникнення небезпечного фактору

Так як показники надійності зазвичай знаходяться в межах від 0 до 1, то інші показники повинні знаходитися в цих же межах.

Це може бути досягнуто використовуючи процедури нормування показників.

Для оцінки технічного обслуговування (ТО) вводиться поняття надійності технічного обслуговування  $N_{ТО}$ , яке передбачає оцінку повноти, своєчасності та якості ТО, своєчасність і повноту проведення огляду та перевірок обладнання.

Для оцінки виробничої дисципліни введено поняття надійності виробничої дисципліни  $N_{вд}$ , яке передбачає оцінку технологічної дисципліни, дотримання правил і заходів безпеки, виробничого контролю, забезпеченості і своєчасності перевірки засобів захисту, проведення робіт з підвищеною небезпекою.

Оціночні показники виставляються за результатами виробничого контролю та перевірок. Таким чином, в якості оцінок окремих процедур СУОП можуть виступати окремі або інтегральні показники. Кожен з цих показників має своє мінімальне значення, при якому стан ОП в блоках вважається неприпустимим.

Реалізація концепції вимагає:

- виявити найбільш небезпечні об'єкти (системи, обладнання, технології і т.д.);
- отримати об'єктивну інформацію про безпеку на основі аналізу ризику;
- запропонувати варіанти для прийняття рішень;
- отримати оцінки можливого збитку (втрат) для різних варіантів рішень;
- спланувати та здійснити заходи щодо зниження ризику до прийняттого рівня;
- оцінити витрати на управління ризиком.

Таким чином, концепція управління безпекою праці на основі аналізу ризику полягає у формуванні свідомого ставлення до ризику і орієнтує на обґрунтовані аналізом рішення, супроводжувані комплексом заходів щодо зниження або нейтралізації можливих небажаних подій у виробничій діяльності підприємства.

#### **Література**

1. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику.

## **ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ**

*Калашніков І.В., Калашнікова-Железова І.В.*

*Науковий керівник – Рогозін А.С., канд. техн. наук, доцент*

З метою підвищення ефективності оцінки ризику на підприємстві пропонується проводити експрес-оцінки ризику методами нейронних мереж. Завдання оцінки промислових ризиків (ОПР) відносяться до розряду важко формалізованих. Досить складно з достатньою точністю встановити, що саме впливає на ризик виникнення аварії, а що ні, і як ранжувати ступінь впливу величезного числа різних факторів на можливість виникнення аварійної ситуації.

Основні перешкоди, що виникають при використанні класичних методик оцінки ризику ОПР - це їх складність і коштовність, пов'язані з необхідністю залучення спеціалізованих організацій для проведення такої оцінки, а так само значний час, необхідний на збір необхідних даних і власне самі розрахунки. Існуючі тенденції аварійності вимагають більшої оперативності, частоти і точності оцінки, а також обліку ризику середніх і невеликих аварій. В даний час робляться спроби до реалізації оцінки ризику ОПР за допомогою апарату нейронних мереж (НМ). Переваги НМ для вирішення завдань оцінки ризику очевидні:

- НМ призначені для вирішення важко формалізованих завдань.

-НМ можна використовувати, коли алгоритмічний спосіб розрахунку кількісної міри небезпеки малоефективний або в повній мірі невідомий.

- НМ дозволяють домогтися необхідної швидкодії.

- НМ не пред'являють жорстких вимог до вхідних даних.

Для застосування НМ достатньо лише точно знати, що зв'язок між вхідними і необхідними вихідними даними існує.

При цьому сама залежність виводиться в процесі навчання НМ (на наборі прикладів), причому можлива побудова нелінійної регресійної залежності або нелінійної поділяючої поверхні, робастної до «викидів» у даних, без апріорного завдання виду нелінійної функції.

Існує також можливість донавчити НМ у при надходженні нових даних.

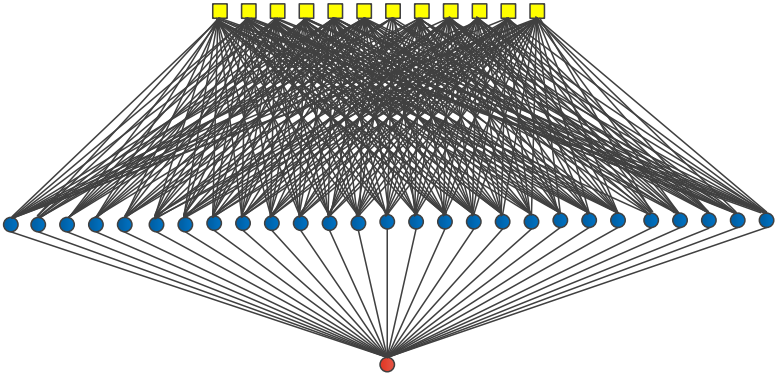
НМ дозволяють враховувати всі необхідні змінні і самостійно рахувати їх за впливом на кінцевий результат,

НМ прості у використанні і не вимагають глибокого розуміння суті процесів. У той же час, при використанні НМ для оцінки ризику виникають такі труднощі:

- складність побудови архітектури НМ для вирішення реальних завдань, (тому що типові архітектури НС не підходять для завдань оцінки ризику і необхідно створення нових);

- складність формування навчальної вибірки і складність інтерпретації результатів навчання. (Значення параметрів елементів мережі неможливо пояснити в термінах розв'язуваної задачі і НМ залишається «чорним ящиком»).

Застосування нейромережових технології доречно у випадках, коли алгоритмічний спосіб розрахунку кількісної міри небезпеки малоефективний або в повній мірі невідомий. Очевидним є те, що відомий формальний алгоритм оцінки ризику часто поступається оптимальному рішенню експерта, що має професійний досвід експлуатації. Переваги нейромереж дозволяють врахувати досвід оптимальних рішень експерта, і користуватись інтуїтивним досвідченим знанням. Відзначимо, що принциповим є наявність в прикладах оцінки ризику експертами різних відповідей при одних і тих самих вихідних даних. Така ситуація зближує завдання з регресійним аналізом. При розробці топології нейромережі і виборі її синоптичних коефіцієнтів повинна бути використана навчальна вибірка, побудована з досвіду оптимальних рішень експертів, відомих спостережень і загальноприйнятих рекомендацій і норм. Для оцінки ризику доречно використовувати топологію багат шарового перцептрону, [1] вид топології якого представлено на рис.1.



#### Література

2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – Москва : Вильямс, 2016. – 1104 с.

## **ПРОМИСЛОВІ ВІДХОДИ – ЦІННА СИРОВИНА ДЛЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ**

**Медведь Я.О.**

*Науковий керівник – Лемешев М.С., канд. техн. наук, доцент  
(Вінницький національний технічний університет)*

Проблемам використання промислових та побутових відходів присвячено багато наукових праць. Однак використання техногенних промислових відходів викликає низку проблем. Для їх використання в будівельній галузі необхідно розробляти нові технології для підготовки і подальшого використання таких відходів.

Сучасний стан економіки України потребує впровадження нових технологій виготовлення будівельних матеріалів та виробів з використанням промислових та побутових відходів. Так у відвалах підприємств енергетичної галузі накопичені золо-шлакові відходи, які необхідно використовувати для виготовлення ефективних бетонів і будівельних виробів на їх основі. Також в промисловості будматеріалів дуже мало використовують шкідливі відходи підприємств хімічної галузі, зокрема фосфогіпси, стоки з високим вмістом кислот та лугів [1-3].

За хімічним складом фосфогіпсові відходи можна віднести до цінної будівельної сировини, та як вони на 80-95% складаються з сульфату кальцію [3]. Але фосфогіпс містить в своєму складі кислі залишки кислот та ряд небезпечних речовин для довкілля.

Науковці ВНТУ в своїх роботах [4-5] пропонують комплексне використання промислових відходів в технології виготовлення будівельних виробів. А саме комплексний метод механо-хімічної активації золи винос кислими залишками фосфогіпсу. В результаті використання такого методу відбувається руйнування інертної поверхні склоподібної оболонки частинок золи. Застосування механічного перемішування зола-фосфогіпсової суміші призводить до більш повної руйнації скловидної поверхні золи-винос [6].

Використання активованої золи-виносу, як активного компонента у складі формувальних розчинів є одним з перспективних шляхів ресурсозбереження.

Для стабілізації процесів структуроутворення зола-фосфогіпсової суміші передбачається попереднє перемішування та витримання такої суміші на протязі 30 – 40 хвилин [7]. При такій технології активації золи-винос отримують оптимальний рівень механо-хімічної активації золи винос.

Використання червоних шламів для фізико-хімічної активації золи-винос також позитивно відображається на характеристиках комплексного в'язучого. Автори в своїй роботі [7] довели, що додавання бокситового шламу до золоцементної суміші забезпечує інтенсифікацію процесів новоутворень мінерально-фазового складу матеріалу.

**Висновки.** Використання промислових техногенних відходів забезпечує економію використання природної сировини, а також покращує екологічну ситуацію промислових регіонів України.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Березюк О. В. Поширеність спалювання твердих побутових відходів з утилізацією енергії / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2017. – № 2 (23). – С. 137-141.
2. Лемешев М. С. Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів / М. С. Лемешев, О. В. Христин, С. Ю Зузяк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2018. – № 1. – С. 18-23.
3. Христин О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізуючого випромінювання / О.В. Христин, М. С. Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. – № 2. – С. 18 – 23.
4. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар. – Рівне: Видавництво НУВГІП, 2013. – Випуск 26. – С. 186 – 193.
5. Сердюк В.Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев, О.В. Христин // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Випуск 33. – С. 57-62.
6. Лемешев М. С. Екологічно ефективні будівельні матеріали для теплодернізації будівель / М. С. Лемешев, О. В. Христин, К. К. Лемішко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2019. – № 2. – С. 52-61.

7. Сердюк В. Р. Золоцементне в'язуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О.В. Христинч // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2011. – №1(10). – С. 57-61

## **ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ**

*Мартинюк Ю.О.*

*Науковий керівник – Лемешев М.С., канд. техн. наук, доцент  
(Вінницький національний технічний університет)*

В результаті проведених аналітичних досліджень встановлено, що найбільшу кількість промислових відходів утворюють підприємства гірничодобувних, металургійних та теплоенергетичних галузей. Техногенні промислові відходи порушують екологічну рівновагу в природному середовищі, є джерелом забруднення навколишнього середовища [1-2].

Використання промислових та побутових відходів в будівельній індустрії дозволить вирішити - екологічну, економічну, та соціальну ситуацію в Україні [3].

Один з найбільш поширеніших відходів Вінницької області є зола-винос Ладижинської ТЕС. Використання золи-винос в бетонах та розчинах позитивно впливає на основні їх фізико-механічні властивості. По перше: знижується середня густина будівельних виробів в порівнянні з виробами на природні сировині. По друге внаслідок значної гідравлічної активності золи-винос зменшується термін теплової обробки та економиться 10-15 % цементу [4]. Заміщуючи частину цементу золою-винос, призводить до зниження водопотреби бетонної суміші [5]. Помірний вміст золи в суміші підвищує водонепроникність бетону, що обумовлено гідравлічними властивостями золи, поліпшенням гранулометричного складу бетонної суміші і зменшенням відкритої пористості бетону [6].

Другим поширеним промисловим техногенним відходом є червоний шлам Миколаївського глиноземного заводу. Дуже важлива особливість червоного шламу - лужна реакція (рН складає 12) та його дрібнодисперсна будова. Червоний шлам характеризується постійним хімічним складом, що дуже важливо для його використання.

Науковцями ВНТУ запропоновано використовувати золу-винос як активну мінеральну добавку. Таку добавку можна отримати після хімічної активації золи-винос (ЗВ) розчином червоного шламу. Ефективність активації золи-винос залежить від хімічного руйнування інер-

тної поверхні ЗВ. Активація ЗВ призводить до збільшення міцності зчеплення цементного каменю із ЗВ, що призводить до покращення основних експлуатаційних властивостей будівельних виробів. Автори в своїх дослідженнях [7] встановили, що водопоглинання бетонів на активовані золи-винос зменшується в залежності від активності лужного середовища розчину червоного шламу. Для підвищення зчеплення елементів зони контакту бетону, необхідно враховувати геометрію, фізичну та хімічну природу заповнювачів, специфіку утворення гідратів, особливості формування структури бетону.

**Висновок.** Використання золи-винос, як активного мінерального компонента в бетоні суміші, дасть можливість отримати будівельні вироби з покращеними експлуатаційними та спеціальними властивостями.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Березюк О. В. Регресія кількості сміттєспаловальних заводів / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // Сборник научных трудов SWorld. – Иваново : МАРКОВА АД, 2015. – Выпуск 1 (38). Том 2. Технические науки. – С. 63-66.
2. Сердюк В. Р. Золоцементне в'язуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О.В. Христинч // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2011. – №1(10). – С. 57-61.
3. Лемешев М. С. Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів / М. С. Лемешев, О. В. Христинч, С. Ю Зузяк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2018. – № 1. – С. 18-23.
4. Сердюк В. Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христинч // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Випуск 33. – С. 57-62.
5. Лемешев М. С. Радиоэкранирующие композиционные материалы с использованием отходов металлообработки / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Инновационное развитие территорий : материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., 25–27 февраля 2014 г. – Череповец : ЧГУ, 2014. – С. 63-65.
6. Христинч О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізуючого випромінювання / О.В. Христинч, М. С. Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. – № 2. – С. 18 – 23.
7. Лемешев М. С. Екологічно ефективні будівельні матеріали для тепло модернізації будівель / М. С. Лемешев, О. В. Христинч, К. К. Лемішко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2019. – № 2. – С. 52-61.



## СПЕЦІАЛЬНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЕМВ

*Іванов О.А.*

*Науковий керівник – Христич О.В., канд. техн. наук, доцент  
(Вінницький національний технічний університет)*

Аналіз рівнів електромагнітних забруднень свідчить, що у промислових містах шкідливий рівень ЕМВ створений штучними джерелами випромінювання перевищує природний рівень в сотні разів [1]. Більше половини населення промислових міст піддається шкідливому впливу електромагнітного випромінювання з рівнями, які перевищують нормовані показники і є надзвичайно шкідливими для здоров'я людини [1-2].

Для захисту населення від ЕМВ в провідних європейських країнах використовують спеціальні захисні матеріали. В теперішній час також важливо щоб будівельні вироби не тільки забезпечували несучу здатність будівельної конструкції, а також мінімальні теплові втрати споруди.

Для вирішення такої складної задачі вченими ВНТУ розроблений композиційний ніздрюватий бетон. Такий матеріал здатний забезпечити приміщення низьким рівнем тепловтрат і одночасно зменшувати вплив на людину ЕМВ. Отримати такий матеріал вдалося за рахунок використання у складі формувальних сумішей дрібнодисперсного металевого заповнювача [3]. Завдяки використанню у складі сировинних сумішей дрібнозернистого бетону металевих порошоків (відходи металлообробних виробництв) був отриманий новий різновид бетонів на основі мінеральних в'язучих – бетел-м [4].

В роботах [5-6] авторами встановлено, мінеральний заповнювач і металевий порошок приймають активну участь в процесі утворення структури металоцементної композиції, що виражається в зміні кінетики значень пластичної міцності, і в подальшому відображається на фізико-механічних і радіозахисних властивостях матеріалу .

В роботі [7] автори встановили, що дрібнозернистий металонасичений бетон можна використовувати для виготовлення конструкцій зовнішнього оздоблювально-захисного покриття будівель. Копозиційний ніздрюватий бетон володіє низьким коефіцієнтом відбиття ЕМВ і високими показниками поглинання [8] електромагнітного випромінювання. Теплозахисні характеристики виробів, виготовлених з ніздрюватого металонаповненого бетону забезпечуються наявністю в структурі композиційного матеріалу високотеплоінерційного компоненту [9].

**Висновки.** Використання нового різновиду спеціальних ніздрюватих бетонів забезпечить покращення комфортних умов всередині приміщень, а також дозволить одночасно вирішити екологічну проблему – утилізувати промислові відходи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Лемешев М. С. Будівельні матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Науковий журнал „Вісник Сумського національного аграрного університету”. Серія: будівництво. – Суми : СумНАУ. 2014. – вип. 8 (18). – С. 130–145.
2. Христин О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізуючого випромінювання / О.В. Христин, М. С. Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. – № 2. – С. 18 – 23.
3. Сердюк В.Р. Радіозахисні покриття варіатронної структури із бетелу-м / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2008. – № 5. – С. 37-40.
4. Христин О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізуючого випромінювання / О.В. Христин, М. С. Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. – № 2. – С. 18 – 23.
5. Сердюк В.Р., Лемешев М.С., Христин О.В. Фізико-хімічні особливості формування структури електропровідних бетонів // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1997. – № 2. – С. 5 – 9.
6. Лемешев М. С. Радіозахисний металонасичений бетон поліфункціонального призначення / М. С. Лемешев, О. В. Христин, Д. В. Черепаха // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2019. – № 2. – С. 37-45.
7. Христин О. В. Технологічні параметри виготовлення радіаційнозахисного бетону / О. В. Христин, М. С. Лемешев, Д. В. Черепаха // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2020. – № 1. С. 1-10.
8. Сердюк В.Р. Технологічні особливості формування металонасичених бетонів для виготовлення радіозахисних екранів / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев, О.В. Христин // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2007. – № 4. – С. 58-65.
9. Лемешев М. С. Екологічно ефективні будівельні матеріали для тепло модернізації будівель / М. С. Лемешев, О. В. Христин, К. К. Лемішко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2019. – № 2. – С. 52-61.

## ОТРИМАННЯ АКТИВНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК З ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

*Гладкий С.О.*

*Науковий керівник – Христин О.В., канд. техн. наук, доцент  
(Вінницький національний технічний університет)*

Перспективним напрямком збільшення виробництва будівельних виробів є використання промислових відходів в технології їх виробництва. Переробка промислових та побутових відходів вигідна як з економічної, так і екологічної точки зору, адже одночасно відбувається звільнення значних земельних угідь від накопичених відвалів шкідливих хімічних відходів і зниження витрат на їх утримання [1-2].

Перепорою для повномасштабного використання техногенних промислових відходів в галузі будівельних матеріалів є наявність у їх складі природних радіонуклідів. За результатами проведених аналітичних досліджень встановлено, що сумарна питома активність для фосфогіпсу складає 56,9 Бк/кг, золи-винос – 284 Бк/кг, червоного шламу – 450 Бк/кг [3].

Аналіз наукових досліджень золи-винос, показує економічну доцільність використання відходів ТЕС при виробництві цементу та інших будівельних матеріалів[4]. У зв'язку із складним економічним становищем в країні виникає необхідність використання промислових відходів при виробництві будівельних матеріалів.

В роботі [5] авторами встановлено, що активність золи зростає із збільшенням вмісту  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Зола-винос покрита інертною скловидною оболонкою. Руйнування такої оболонки відкриває доступ до реакційно здатних складових компонентів. Такі елементи здатні реагувати з гідроксидом кальцію  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , який виділяється при гідратації цементу [6].

Хімічна активація золи-винос можлива в результаті додавання до розчину бокситового шламу. Бокситовий червоний шлам утворюється як побічний продукт при виробництві алюмінію.

Авторами в роботах [7, 8] доведено, що додавання бокситового шламу до складу золоцементної суміші забезпечує інтенсифікацію процесів новоутворень мінерально-фазового складу комплексного в'язучого. Додавання до складу будівельного розчину попередньо активованої зола-шламової суміші в об'ємі 20-30 % мас портландцементу забезпечує збільшення механічної міцності зразків на стиск на 12 – 16%.

**Висновки.** В результаті проведених аналітичних досліджень можна стверджувати, що використання бокситового шламу в будівельні суміші призводить до хімічної активації золи-винос. В результаті чого зола-винос необхідно розглядати не як інертний наповнювач, а як активну мінеральну добавку. Така добавка здатна суттєво покращувати фізико-механічні властивості готових будівельних виробів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Березюк О. В. Поширеність спалювання твердих побутових відходів з утилізацією енергії / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2017. – № 2 (23). – С. 137-141.
2. Лемешев М. С. Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів / М. С. Лемешев, О. В. Христин, С. Ю. Зузяк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2018. – № 1. – С. 18-23.
3. Сердюк В.Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев, О.В. Христин // Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Випуск 33. – С. 57-62.

4. Лемешев М. С. Екологічно ефективні будівельні матеріали для тепло модернізації будівель / М. С. Лемешев, О. В. Христин, К. К. Лемішко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2019. – № 2. – С. 52-61.
5. Христин О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізуючого випромінювання / О.В. Христин, М. С. Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. – № 2. – С. 18 – 23.
6. Лемешев М. С., Березюк О. В. Легкі бетони отримані на основі відходів промисловості / Сборник научных трудов SWorld. – Иваново: МАРКОВА АД, 2015. – № 1 (38). Т. 13. – С. 111-114.
7. Сердюк В. Р. Зоцементне в'язуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О.В. Христин // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2011. – №1(10). – С. 57-61.
8. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар. – Рівне: Видавництво НУВГІП, 2013. – Випуск 26. – С. 186 – 193.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ІНЖЕНЕРНОЇ ЕКОЛОГІЇ  
УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ.  
ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ГОСПОДАРЧО-ПИТНОЇ  
ВОДИ ТА ВОДИ, ЩО СКИДАЄТЬСЯ У ВОДОЙМИЩА**

**ОБҐРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ МІСЬКИХ ОЧИСНИХ  
СПОРУД ВОДОВІДВЕДЕННЯ №1 м. ХАРКІВ**

**Боброва Т.О.**

*Науковий керівник – Благодарна Г.І., канд. техн. наук, доцент*

Останніми роками спостерігається погіршення якості стічної води, що надходить на міські очисні споруди №1 м. Харкова (далі МОС №1). Це відбувається за рахунок зменшення кількості води (проектна потужність їх складає 800 тис. м<sup>3</sup>/добу, зараз надходить 330 тис. м<sup>3</sup>/добу) і як слід збільшення концентрацій забруднень, а також за рахунок залпових скидів забруднених промислових стічних вод.

Незважаючи на надлишкову потужність очисних споруд, у зв'язку з перевищенням концентрації забруднюючих речовин в стоках, що скидаються, призводить до зниження продуктивності технологічного обладнання, що експлуатується, його передчасного зношування і виходу з ладу, порушення технологічного процесу очищення стічних вод, і, як наслідок, може привести до недотримання нормативних показників скидання стічних вод в річку міста Харкова після їх біологічного очищення очисними спорудами міста.

Метою реконструкції міських очисних споруд водовідведення №1 м. Харкова є підвищення технічного рівня, поліпшення техніко-економічних показників, нових умов експлуатації та охорони навколишнього середовища.

Реконструкцію цих споруд передбачається здійснювати за рахунок перебудови існуючих об'єктів основного призначення, пов'язаного з удосконаленням технологічного процесу, при одночасному поліпшенні якості очищення і досягненням встановлених норм і вимог гранично допустимого скиду (ГДС) стічних вод у р. Лопань, а саме:

- реконструкції піскоуловлювачів, за рахунок встановлення піскоуловлювачів, що аеруються і піскових майданчиків з метою підвищення ефективності до 90% видалення піску фракціями менше 0,2 мм;
- постійної модернізації систем аерації аеротенків;
- розробки та впровадження нових технологій видалення сполук азоту, за рахунок підбраної конфігурації зон в проєктованих або реконструйованих аеротенках, з врахуванням розподілу подачі стічних вод і внутрішніх рециклів, подачі повітря і т.п., при розробці схем перед-

бачається максимально врахувати конфігурацію існуючих аеротенків і мінімізацію будівельно-монтажних робіт при реконструкції;

- пропонується передбачити комбіноване біолого-хімічне видалення фосфору з використанням для хімічного осадження фосфатів коагулянта на основі заліза;

- реконструкції повітродувних станцій із заміною обладнання на менш енергоємне з регулюванням подачі повітря в автоматичному режимі;

- заміни технологічного обладнання радіальних відстійників, зокрема, мулоскреб в первинних відстійниках і муловсмоктувачів - у вторинних залежно від ступеня зносу, а також при роботі первинних відстійників передбачена ацидофікація (преферментація) осаду, поєднана з відстоюванням, застосування преферментації дозволить додатково підвищити концентрацію органіки, що легко окислюється, необхідної для видалення біогенних елементів із стічних вод в аеротенках. При цьому ефективність освітлення стічних вод знизиться;

- застосування нових технологій знезараження стічних вод;

- перекладки, санації внутрішньомайданчикових технологічних трубопроводів (повітропроводів, мулопроводу, пульпопроводів і ін.);

- реконструкції енергетичних об'єктів, що експлуатуються понад 40 років без капітального ремонту;

- тепло модернізації будівель;

- розробки та впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами механічного та біологічного очищення стічних вод, включаючи кількісний і якісний облік усіх його показників;

- заміни окремих елементів залізобетонних і металевих конструкцій радіальних відстійників, аеротенків на конструкції з корозійностійких матеріалів або визначення найбільш економічних з них з точки зору вартості методів захисту від корозії.

Таким чином, можна зробити висновок, що завдання вирішується в першу чергу за рахунок застосування сучасного обладнання і процесів, а також засобів автоматизації, а ті в свою чергу, мають підвищені ККД, а засоби автоматизації дозволяють гнучко реагувати на динаміку зміни вихідних технологічних навантажень як добового, так і сезонного характеру. При цьому одночасно зі зниженням експлуатаційних витрат (економічний ефект), як правило, покращується і стабілізується якість очищення стічних вод (екологічний ефект). Необхідна ступінь очищення стічних вод після повної реконструкції очисних споруд буде відповідати санітарним вимогам до умов скидання їх у водойму.

## ОСОБЛИВОСТІ ВОДОПІДГОТОВКИ КОСМЕТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

**Гончаренко В.В.**

*Науковий керівник – Дегтяр М.В., канд. техн. наук, доцент*

Ринок косметичних засобів в Україні динамічно зростає, що відповідає світовим тенденціям та зумовлює необхідність забезпечення високої якості та безпеки косметичної продукції.

Аналіз нормативної бази України показує невідповідність сучасним вимогам та застарілість діючої нормативної бази у сфері регулювання якості та виробництва косметичної продукції. Наразі є гостра потреба в регулюванні відповідності українського законодавства згідно вимог Європейського Союзу, що дозволить розширити ринки збуту.

Наразі в Україні головним нормативним документом, що регламентує безпеку косметичних засобів, є ДержСанПіН 2.2.9.027-99, в той же час дозволом на виробництво і застосування парфумерно-косметичної продукції є позитивний гігієнічний висновок на технічні умови та рецептуру з подальшою їх реєстрацією і затвердженням. Також слід зазначити, що 20 січня 2021 року був затверджений Технічний регламент на косметичну продукцію, що дозволить гармонізувати техрегулювання косметичної продукції в Україні з європейським законодавством.

Виготовлення будь-якого косметичного засобу передбачає використання води.

Непряме споживання води, необхідне для виробничого циклу, перевищує в рази вагу готового продукту. У багатьох лікарських формах і косметичних засобах вода становить від 80 до 97% рецептури. Враховуючи темпи розвитку ринку, споживання води росте, і вода стає усе більш дорогим компонентом рецептур та її якість повинна відповідати вимогам нормативних документів.

Від ступеня очищення води залежить якість продукції, що випускається, запах, консистенція та її зовнішній вигляд. Крім того, деякі домішки, що присутні у воді, можуть значно скоротити термін роботи технологічного обладнання парфумерно-косметичних виробництв, знизити надійність їх роботи.

Тому проаналізуємо основні вимоги до якості води, що використовується на підприємствах парфумерно-косметичної галузі, та можливі наслідки при недотриманні цих вимог:

- при високому вмісті солей утворюється осад при виробництві парфумів, туалетної води, одеколонів;

- при високому вмісті органічних домішок змінюється запах косметичних засобів внаслідок хімічних реакцій, що відбуваються, у першу чергу, між цими домішками та антиоксидантами, що вводяться до складу косметичних засобів;

- вміст у воді важких металів не повинен перевищувати гранично-допустимих значень, оскільки парфумерна продукція має безпосередній контакт із тілом людини. Виключення становить срібло, яке вводиться в косметичні засоби, для створення бактерицидного ефекту та продовження терміну придатності;

- вода не повинна мати неприємний запах (більше 3 балів) та високий показник забарвлення та каламутності.

Класична схема водопідготовки в косметичній промисловості повинна складатися з наступних етапів:

- механічне очищення - очищення води від домішок, які можуть викликати небажані реакції при контакті зі шкірою людини, та сприяти появі осаду у готовій продукції. Апаратурним оформленням процесу може бути фільтрування на засипних піщаних та вугільних фільтрах – для видалення зависі, органічних і хлороорганічних домішок;

- фізико-хімічне очищення – очищення води від дрібнодисперсних домішок (сорбція, іонний обмін, коагуляція). Апаратурним оформленням процесу виступають – іонообмінні фільтри, адсорбери та ін.;

- фізичні – ультрафіолетове випромінювання, зворотній осмос. Апаратурним оформленням процесу є – установки зворотного осмосу, установки бактерицидного випромінювання;

- хімічні – з додаванням реагенту та окислення (знезараження хлором, озоном, застосування сильних окисників).

Слід зазначити, що в багатьох випадках вимоги до якості підготовки води в косметичній галузі та для фармацевтичної промисловості збігаються, зокрема, при виготовлення лікарської косметики, де основним методом водопідготовки є використання баромембранних методів, зокрема зворотного осмосу, що дозволяє отримати фактично дистиллят. В ході виробництва, згідно технологічних вимог, таку води насичують необхідними компонентами.

Важливо відмітити, що використання даного методу передбачає високі витрати на створення та підтримання тиску в системі, та на заміну змінних блоків (мембран). Тому на даний момент спостерігається тенденція на зменшення непрямих витрат води, та запровадження так званих «сухих» виробництв.



## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД СПОЛУК ФОСФОРУ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕАГЕНТІВ**

*Дуда Є.В.*

*Науковий керівник – Айрапетян Т.С., канд. техн. наук, доцент*

Однією з найбільш актуальних проблем сучасності є проблема якісного очищення стічних вод і запобігання забруднення поверхневих джерел питної води. Основною причиною погіршення якості вод поверхневих джерел є евтрофікація – процес росту біологічної рослинності, що відбувається внаслідок порушення балансу живильних речовин.

Класичною схемою очищення господарсько-побутових стічних вод, що найбільш часто застосовується на очисних спорудах як великих і так і малих міст є біологічне очищення в аеротенках із застосуванням активного мулу. Однак у сучасних умовах існуючі на більшості каналізаційних очисних станцій традиційні технології біологічного очищення не забезпечують ефективного й надійне очищення стічних вод як від органічних забруднень, так і від сполук азоту та фосфору. У процесі традиційного очищення стічних вод ефективність видалення сполук фосфору становить 20–40 %, що не дозволяє досягти сучасних вимог скиду за вмістом фосфору в очищених стічних водах.

Також важливою проблемою є збереження активності мікробного мулу на біологічних очисних спорудах й забезпечення його стійкого відділення від очищеної води шляхом седиментації. Погіршення осідання веде до порушення роботи вторинних відстійників, виносу біомаси активного мулу з системи очищення й зменшенню його концентрації в аеротенку.

Тому важливим і актуальним завданням є розробка нових технологічних рішень, методів інтенсифікації технології біологічного очищення і підвищення якості очищених стічних вод від сполук фосфору.

Переваги й недоліки використовуваних методів дефосфотації стічних вод обумовлюють особливий інтерес до дослідження комбінованих методів видалення сполук фосфору, заснованих на спільних біологічних і фізико-хімічних процесах.

У практиці очищення стічних вод застосовуються різні схеми, що сполучають біологічний процес і хімічне осадження. Комбіновані технології очищення стічних вод розрізняються місцем введення реагенту й складом самого реагенту. На сьогодні у практиці застосовуються наступні схеми введення реагентів на біологічних очисних спорудах каналізації:

- попередня обробка стічної води (внесення реагенту в первинний відстійник);
- обробка реагентом біологічно очищеної стічної рідини (внесення реагенту після біологічної стадії очищення);
- дозування реагенту безпосередньо в аеротенк (симультанне осадження), найбільш раціональний спосіб застосування реагенту при біологічному очищенні. Досвід показав, що при застосуванні такої схеми відзначається максимальна дефосфотація й поліпшуються седиментаційні властивості активного мулу.

Основні переваги схеми біологічного очищення з подальшим доочищенням коагулянтами це невисокі дози реагентів й менша кількість утворених осадів. Однак проблеми, що відбуваються під час експлуатації споруд біологічного очищення, зокрема спухання активного мулу призводить до необхідності використання підвищених доз реагентів. Поєднання комбінації анаеробно-аеробного процесів з подальшою обробкою коагулянтами дозволяє досягти високої якості стічних вод (значення ХПК нижче за 10 мг/дм<sup>3</sup>).

Застосування схем з попередньою фізико-хімічною обробкою перед біологічним очищенням дозволяє видалити значну частину важко окислювальних органічних речовин. За таких схем значна частина забруднень, токсинів затримується на першій стадії, і тому у більшості випадків залпові скиди забруднень у міську каналізаційну мережу не викликають спухання активного мулу. Основним недоліком таких схем є утворення великої кількості осаду з високим вмістом органічних речовин, який важко піддається зневодненню.

На даний час для очищення стічних вод запропоновано велику кількість реагентів, які суттєво розрізняються за своїм складом, властивостями та ефективністю й по відношенню до активного мулу можуть виявляти різний ступінь токсичності.

Сполучення процесів біологічного й фізико-хімічного очищення дозволяє домогтися більш високої якості очищеної води, ніж при застосуванні одного з них.

## **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД З МЕТОЮ ВИДАЛЕННЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

***Красавін Є.О.***

*Науковий керівник – Айрапетян Т.С., канд. техн. наук, доцент*

Більшість каналізаційних очисних споруд України використовують застарілі технології, які не дозволяють належним чином очищати стоки від органічних забруднень і біогенних елементів.

Переважними напрямками у вирішенні сформованої проблеми є скорочення скидів стічних вод у водойми, впровадження технологій глибокого очищення (видалення біогенних елементів) і підвищення якості очищення стічних вод. Вирішення даних проблем дозволить досягти якості стічних вод у відповідності нормам скидання, мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище, виключити плату за скидання забруднюючих речовин, понад установлені ліміти.

Найефективнішими на сьогодні способами очищення стічних вод від біогенних елементів, з погляду глибини, швидкості процесу й ресурсозбереження є біологічні. Багаторічний досвід підтверджує екологічні та економічні переваги біологічного методу очищення в аеротенках за допомогою мікроорганізмів активного мулу. Однак потенційні можливості традиційного процесу є фактично вичерпані. Низька ефективність наявних очисних споруд веде до погіршення стану водних систем. Застосовувані на практиці споруди біологічного очищення дозволяють видалити не більше 35 % азоту й фосфору, не дозволяють досягти глибокого очищення від цих елементів.

Тому актуальним завданням є реконструкція споруд біологічного очищення стічних вод з метою інтенсифікації існуючих методів очищення, а також розробка нових технологій для видалення біогенних елементів із стічних вод.

Для інтенсифікації роботи аераційних споруд існують наступні основні способи:

- збільшення маси активного мулу, що бере участь у процесі очищення;
- впровадження технології біологічного видалення азоту й фосфору;
- оптимізація роботи аераційної системи, включаючи використання високоєфективних аераторів;
- удосконалення гідродинамічного режиму роботи аеротенків;
- використання двоступінчастого очищення стічних вод;

Впровадження зазначених вище способів на очисних спорудах може відбуватися шляхом реконструкції й інтенсифікації діючих або будівництва нових споруд.

Підвищення концентрації активного мулу в аеротенках є основним з можливих шляхів інтенсифікації їх роботи. Підвищити масу активного мулу в аеротенках можна за рахунок:

- застосування аеротенків, обладнаних спеціальними фільтруючими елементами;
- використання окремої регенерації активного мулу;
- іммобілізації мікрофлори на інертних завантаженнях.

Одним з варіантів вирішення проблеми біологічного очищення стічних вод є використання іммобілізованих мікроорганізмів та створення у спорудах можливостей для організації послідовних анаеробних, аноксидних, анаеробних і аеробних процесів й створення умов для здійснення нітри-денітрифікації та дефосфорації. Практична реалізація трофічних зв'язків шляхом поєднання прикріплених і вільно плаваючих мікроорганізмів, а також застосування анаеробних процесів на початковій стадії з наступним поєднанням аноксидних та аеробних процесів дозволять досягти значної інтенсифікації біологічного очищення стічних вод та довести показники забруднення стічних вод відповідно до діючих санітарних вимог.

## **ОСОБЛИВОСТІ ОЗОНУВАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ**

*Кудря О.В.*

*Науковий керівник – Шевченко Т.О., канд. техн. наук, доцент*

Озон був відкритий в 1839 р. швейцарським хіміком Християном Шомбейном після експериментів по електролізу кислот. За свій специфічний запах Шомбейн назвав цей новий газ озоном, використовуючи грецьке слово "ozein" – пахучий. Дуже скоро в результаті ряду досліджень було показано, що озон – це трьохатомний кисень, газ, при стандартних умовах характерним властивістю якого є його здатність до окислення багатьох речовин і дезінфекція мікрофлори. Ця властивість дуже скоро була використана в промисловості для обробки питної води.

В самому кінці 90х років XIX століття в Нідерландах і Німеччині робилися спроби дезінфікувати воду для пиття з допомогою озону. Загальновизнаною датою народження озонної технології водопідготовки прийнято вважати 1906 р., коли у французькому місті Ніцці почала працювати станція водопідготовки, яка носила символічну назву «Добрий шлях» («Bon voyage») з продуктивністю по воді 22,5 м<sup>3</sup>/добу. Ця станція успішно працювала до 1970 року, коли була модернізована.

Озон може реагувати з різними речовинами, що знаходяться у воді, за двома різними механізмами: безпосередньо як озон (в молекулярній формі) і вигляді радикала ОН<sup>•</sup>, який виникає при розпаді озону в воді. Вважається, що в нейтральній воді ці 2 канали реакцій розподілені порівну. У кислому середовищі переважає молекулярний механізм, а в лужному – радикальний. Оскільки озон виступає в хімічних реакціях як окислювач, то можна судити про його окислювальну здатність за, так званою, величиною окисного потенціалу.

Електронна структура озону біполярна: з одного боку – негативна, з іншого – позитивна. З цієї причини озон може реагувати одночасно як електрофільно, так і нуклеофільно. Зазвичай в реакції прямого окислення речовин озonom в воді переважає електрофільний механізм. Кінетика споживання розчиненого озону різними органічними сполуками була вивчена Ноїгне.

Дати характеристику реакції всіх основних органічних речовин з озonom досить важко. Розглядаючи прямий вплив озону, можна відзначити деякі загальні положення. Насичені алкільні сполуки реагують з озonom дуже повільно. Більшість хлорованих вуглеводнів і навіть, ненасичені вуглеводні не реагують безпосередньо з озonom. В цьому випадку необхідно опосередковану взаємодію з озonom через радикал ОН. Бензол окислюється озonom дуже повільно, а поліциклічні вуглеводні швидше.

За вірулентною активністю озон в середньому в 7–19 разів ефективніше хлору, за ефективністю знищення одноклітинних паразитів очищення води озонуванням перевершує хлорування майже в 80 разів.

Крім того, озон знищує ооцисти криптоспоридій, які не бояться хлору, броду, ультрафіолетового опроміювання. Додамо також, що під час хлорування деякі мікроорганізми переходять в так звані хлор резистентні форми, тобто виробляють щось на кшталт імунітету до хлору. Механізм дії озону, заснований на руйнуванні клітинної мембрани, виключає утворення таких форм.

Переваги озонування:

- знищення бактерій, вірусів і спор (зокрема, віруси поліомієліту);
- під дією озону одночасно зі знезараженням відбувається знебарвлення води, а також усуваються присмаки води і запахи, поліпшуються її органолептичні і дезодоруючі властивості;
- озон не змінює натуральні властивості води, тому що його надлишок (озон, що не прореагував) через кілька хвилин перетворюється в кисень і тому залишковий озон не викликає негативної дії на організм людини;
- нездатність озону до реакцій заміщення, на відміну від хлору;
- швидке розкладання, що дає ще одну перевагу, тому що навіть при деякому передозуванні залишкові кількості його не можуть бути великі і не вимагають усунення. Як показали наукові дослідження, залишковий озон в кількості 3,5–5,0 мг/л протягом 30 хв. знижувався до 0,2–0,3 мг/л;

- при методі озонування в воду не вносяться сторонні шкідливо діючі речовини і не відбувається скільки-небудь помітних змін мінерального складу води і її рН;
- завдяки високому окислювальному потенціалу озону його бактерицидна дія на мікроорганізми, що містяться у воді, значно перевищує дію хлору і інших незаражувальних речовин;
- метод озонування менш схильний до впливу змінних факторів, що спрощує технологічний процес;
- на відміну від хлорування, для озонування не потрібні постійні підвезення і підживлення витратним матеріалом, тому що кисень, необхідний для озонування завжди мається у складі навколишнього повітря.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ДІОКСИДОМ ХЛОРУ НА ДНІПРОВСЬКІЙ ВОДОПРОВІДНІЙ СТАНЦІЇ М. КИЇВ**

*Нагорнюк Л.С.*

*Науковий керівник – Сорокіна К.Б., канд. техн. наук, доцент*

Більшість джерел водопостачання є природним місцем існування патогенних мікроорганізмів і вірусів, які призводять до серйозних хвороб. Оскільки необхідно, щоб питна вода була безпечною для вживання, єдиний спосіб домогтися її високої якості – проведення дезінфекції. Знезараження є вимушеним заходом, який спрямований на повне або часткове знищення бактерій і вірусів, що викликають у людини інфекційні та вірусні захворювання.

Ефективними способами дезінфекції питної води, кожен з яких має свої переваги і недоліки, є: хлорування; ультрафіолетове очищення; обробка озоном.

Хлорування води із застосуванням газоподібного хлору є найбільш поширеним у практиці. Подібна затребуваність обумовлена порівняно невисокою вартістю реагенту і простотою в обслуговуванні. Хлор та його похідні руйнівно діють на речовини клітин бактерій і вірусів. Ефективність даного методу багато в чому залежить від правильності розрахунку дози реагенту.

Крім переваг, хлорування води також має свої недоліки. Основним під час застосування газоподібного хлору є ризик утворення похідних метану, що мають канцерогенні властивості. Накопичення хлору і його похідних в організмі відбивається на функціонуванні органів шлунково-кишкового тракту, печінки, серцево-судинної системи.

Кип'ятіння хлорованої води при цьому лише погіршує ситуацію – під впливом високих температур в ній утворюються токсичні речовини.

Діоксид хлору є окисником, який не виділяє активний хлор, і при цьому ефективно діє на бактерії, мікроорганізми, водорості та грибки. Діоксид хлору не виділяє активного хлору в атмосферу і не кородує поверхні; він інертний по відношенню до сполук азоту та бромідів.

На Дніпровській водопровідній станції м. Київ (ДнВС) проектною потужністю 600 тис. м<sup>3</sup>/добу прийнята класична схема реагентного очищення води з відстоюванням та фільтруванням.

Вода р. Дніпро через водозабір та сифони насосною станцією першого підйому подається на очисні споруди. Вода спочатку надходить до змішувачів, де оброблюється коагулянт (сульфат алюмінію або оксихлорид алюмінію) та флокулянт. Після коагуляції забруднень завислі речовини осаджуються у відстійниках. Залишки зкоагульованих забруднень видаляють на швидких фільтрах. Очищена вода поступає на станцію озонування для покращення органолептичних властивостей питної води. Після цього вода направляється до РЧВ.

Для знезараження питної води на ДнВС використовують хлораміачний метод. Аміачна вода подається в аванкамери, а хлор – перед насосом насосної станції першого підйому. За необхідністю вода додатково хлорується в барботажних камерах станції озонування.

В 2017 р. сумісно з компанією «Італіано Борман» було проведено лабораторні випробування з визначення доз діоксиду хлору та знезаражуючої дії діоксиду хлору порівняно із хлором на Дніпровській та Деснянській водопровідних станціях. На підставі результатів лабораторних досліджень прийнято рішення для проведення промислових випробувань застосування діоксиду хлору на ДнВС.

На підставі результатів лабораторних випробувань було визначено, що обробку води необхідно проводити в два етапи: на першому дозою 1,0–2,0 мг/дм<sup>3</sup>, а на другому – 0,2–0,5 мг/дм<sup>3</sup>.

В період проведення лабораторних випробувань хіміко-бактеріологічною лабораторією ДнВС проводилось відпрацювання методик визначення вмісту діоксиду хлору та хлоритів.

Згідно з розробленим планом підготовки та проведення промислових випробувань було визначено місце розміщення обладнання та місця дозування діоксиду хлору, придбані реагенти (хлорит натрію та соляна кислота), обладнання для виробництва діоксиду хлору – генератори діоксиду хлору T70G4000.

Під час підготовки до промислових випробувань було отримано дозвільні документи, розроблені заходи щодо порядку переходу на

знезараження питної води діоксидом хлору та план додаткового контролю якості води.

За одержаними результатами промислових випробувань встановлено, що доза первинної обробки діоксидом хлору 1,2–1,5 мг/дм<sup>3</sup> забезпечує відсутність відхилень за мікробіологічними показниками і належний санітарний стан споруд. Доза вторинної обробки 0,3–0,45 мг/дм<sup>3</sup> забезпечує залишкову кількість діоксиду хлору відповідно до норм. Якість питної води ДнВС в період випробувань відповідала вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» за фізико-хімічними та мікробіологічними показниками, в тому числі за вмістом діоксиду хлору (0,10–0,17 мг/дм<sup>3</sup>) та хлоритів (менше 0,2 мг/дм<sup>3</sup>).

Таким чином, встановлено, що застосування діоксиду хлору на ДнВС буде забезпечувати надійне знезараження питної води на всіх етапах очищення, під час подачі у водопровідні мережі та безпосередньо у водопровідних мережах міста.

## **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РОБОТИ ОЧИСНИХ СПОРУД ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

*Носко А.Е.*

*Науковий керівник – Ткачов В.О., канд. техн. наук, доцент*

Перехід багатьох водотоків України з розряду водойм культурно-побутового користування в рибогосподарські істотно змінили вимоги до ефективності роботи очисних станцій каналізації, до якості очищених стічних вод.

Від якісної роботи очисних споруд залежить екологічне благополуччя навколишнього середовища і людини як її невід'ємної частини. Тим часом моральний і фізичний знос споруд очистки стічних вод більшості населених пунктів змушує шукати нові шляхи вирішення інтенсифікації роботи міських каналізаційних станцій.

В умовах постійного зростання міст стає все гостріше проблема інтенсифікації очищення стічних вод. Це пов'язано з тим, що зростання обсягів стоків тягне за собою необхідність збільшення площ, займаних очисними спорудами, що не завжди можливо. Тому необхідно інтенсифікувати те, що вже є в наявності, з використанням сучасних матеріалів, технологій і механізмів.

Економічне становище України, міст і промислових підприємств не дозволяє здійснювати нове будівництво, робити великі капітальні вкладення в водоохоронні комплекси, тому інтенсифікація роботи очисних станцій можлива тільки за рахунок вдосконалення технології во-



доочищення, використання новітніх досягнень науки і техніки в поліпшенні роботи комплексу очисних споруд.

Одним з найбільш перспективних методів підвищення ефективності роботи очисних станцій є метод біологічного очищення, що базується на використанні спільнот прикріплених і вільно плаваючих мікроорганізмів. Застосування його можливе без зупинки роботи діючих очисних станцій, проте, недостатня вивченість параметрів методу, необхідного співвідношення кількості прикріплених і вільно плаваючих гідробіонтів для досягнення необхідних значень якості очищеної води перешкоджає широкому поширенню цього методу.

Об'єкт дослідження – міські і промислові стічні води.

Предмет дослідження – Метод інтенсифікації біологічної очистки міських і промислових стічних вод за допомогою прикріплених мікроорганізмів.

Дослідження були виконані в лабораторних і промислових умовах на пілотній і експериментальній установках. На лабораторній установці дослідження проводили з використанням прикріплених на волокнистої насадці мікроорганізмів. При цьому виконували лабораторні дослідження за допомогою оптичних приладів. Активну біомасу визначали за допомогою гідрогеназної активності мулу. На промисловій установці визначали ефективність окислення органічних речовин, а також забруднень, які відносяться до групи азоту з використанням зрачків-свідків з діючих аеротенків.

Під час проведення досліджень були отримані наступні результати:

- запропоновано технологічні рішення по збільшенню продуктивності та ефективності роботи діючих каналізаційних очисних станцій;
- використання комплексу прикріплених на полімерних жорстких йоршах і вільно плаваючого активного мулу аеротенків на діючій каналізаційній очисній станції дозволило в 1,5 рази збільшити її продуктивність при істотному поліпшенні якості очищеної стічної рідини;
- отримано параметри методу для реконструкції діючих очисних станцій без їх зупинки на період реконструкції;
- використання методу інтенсифікації роботи діючих каналізаційних очисних станцій за допомогою розміщення в аеротенках йоршової насадки для утримання прикріплених гідробіонтів дозволяє знизити капітальні витрати на доведення якості очищених стічних вод до необхідного рівня.

## ОСОБЛИВОСТІ КОНДИЦІОНУВАННЯ ОСАДІВ СТИЧНИХ ВОД МЕТОДОМ ПОСИЛЕНОГО ОКИСЛЕННЯ

*Попова Ю.О.*

*Науковий керівник – Шевченко Т.О., канд. техн. наук, доцент*

Питання утилізації осаду являється комплексною задачею, до рішення якої необхідно підходити, враховуючи не тільки економічні показники, а й локальні умови, такі як: наявність існуючої інфраструктури очисних споруд водовідведення, доступність енергоносіїв, кліматичні умови тощо.

На теперішній час все більше муніципальних підприємств європейських країн споруджують комплекси з спалювання осадів. Цей метод, який ще до недавнього вважався нераціональним, став нормою, не дивлячись на достатню високі інвестиційні та експлуатаційні витрати.

Підготовка осаду до спалювання займає значну частину бюджету через те, що його вологість та калорійність мають найбільший вплив як на параметри самого блока спалювання осаду, так і на його енергетичний баланс.

Камерно-мембранні фільтр-преси – це один з небагатьох типів обладнання, яке дозволяє забезпечити максимальне зниження вологості осаду, а можливість його доукомплектування системами термічної обробки в одному закритому корпусі роблять його ще більш привабливим рішенням для малих і середніх очисних споруд з очищення стічних вод.

Зворотною стороною застосування камерно-мембранних фільтр-пресів є значна витрата реагентів і більш висока у порівнянні з традиційними типами обладнання вартість самого пресу. Ключом до рішення вищевказаних недоліків може бути удосконалення методів кондиціонування осаду, що дає можливість не тільки знизити дози реагентів і збільшити питому продуктивність фільтр-пресу.

Велику зацікавленість на сучасному етапі розвитку технологій очищення стічних вод та утилізації осадів має технологія посиленого окислення АОР (з англійської АОР – Advanced Oxidation Process).

Проведені дослідження включають в себе лабораторні та промислові випробування.

Лабораторні дослідження включали:

- визначення доз и типів реагентів, які застосовували для кондиціонування осадів;
- визначення параметрів фільтрування на лабораторній установці камерного пресу;

– визначення параметрів фільтрування на моделі камерно-мембранного фільтр-пресу.

Промислові випробування включали:

– визначення параметрів зневоднення осаду на камерно-мембранному фільтр-пресі;

– визначення оптимальних режимів кондиціонування осаду.

Результати досліджень показують, що без реагентної обробки суспензія фільтрується дуже погано, повільно, отриманий фільтраційний осад відрізняється м'якою, гелеподібною структурою, малою товщиною, не тримає форму, не відшаровується від тканини. Збільшення тиску фільтрування в цьому випадку призводить тільки до ще швидшого утворення «замикаючого шару» на поверхні фільтрувальної тканини.

Додавання хлорного заліза і вапняного молока в співвідношенні 1:2,5 призводить до закономірного зростання ефективності фільтрування, як в якісному, так і в кількісному сенсах. При цьому ефективність зростає пропорційно збільшенню доз реагентів, що додаються. Так, при додаванні хлорного заліза в кількості до 10% по залізу і вапняного молока в кількості до 30% за активним хлором, час фільтрування знижується в 5 разів, продуктивність фільтрування виростає в 6 разів, вологість фільтраційного осаду скорочується до 75%; осад стає щільним, щільним, добре відстає від тканини як єдине ціле, практично не залишаючи на ній слідів. Такий осад може бути вивантажений на стрічковий або шнековий транспортер, безпосередньо в приймальний бункер або кузов автомобіля і вивезений в насипному вигляді.

В результаті тестових випробувань отримано фільтраційний осад (кек) з вмістом сухої речовини на рівні 35–36%. Безумовно, мембранний віджим і просушування осаду внесли свій вклад в зниження вологості. Спираючись на великий практичний досвід можна констатувати, що величина подібного впливу знаходиться на рівні 4–5%. Тобто без мембранного віджимання і просушування вологість фільтраційного осаду очікувалась би на рівні 30–31 %, що корелюється з даними, отриманими на напівпромисловому та лабораторному обладнанні.

На основі проведених досліджень зроблено наступні висновки:

1. Технологія АОР може застосовуватися для скорочення витрат реагентів (залізовмісних, вапна) при кондиціонуванні осадів комунальних очисних споруд при фільтруванні на камерно-мембранному фільтр-пресі.

2. Найбільш економічне і технологічно оптимальне співвідношення  $Fe / Ca / H_2O_2$  дорівнює 2/5/1 при дозуванні перекису водню  $H_2O_2$  на рівні 1 г/л.

3. При запропонованих дозуваннях реагентів можливе отримання фільтраційного осаду із залишковою вологістю на рівні 64–65% в порівнянні з 72–73% при використанні тільки заліза і вапна (початковий вміст сухої речовини в осаді на рівні 3%).

## **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НА МІСЬКИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ**

*Тихоненко С.М.*

*Науковий керівник – Дегтяр М.В., канд. техн. наук, доцент*

Аналіз обсягу стічних вод, що потрапляють на очисні споруди водовідведення дозволив виявити тенденцію скорочення об'ємів стічних вод, та збільшення концентрації забруднюючих речовин, зокрема азоту та фосфору.

Більшість очисних споруд водовідведення має ряд недоліків, основними причинами яких є фізично та морально застаріле обладнання, недосконалість технології очищення.

Характерними ознаками роботи очисних споруд є низька енергоефективність, проблеми з утилізацією осаду та недосягнення нормативного рівня очищення стічних вод перед скидом у водойму.

На даний момент на очисних спорудах водовідведення не досягаються нормативні вимоги на скид по сполуках азоту та фосфору, які викликають забруднення та евтрофікацію водойм.

Класична схема очищення стічних вод, в основному, передбачає вилучення легкоокисної форми ортофосфатів. За типовою схемою у результаті біологічного очищення вилучається не більш 50 % фосфорних сполук. У систему водовідведення з побутовими стічними водами надходять мінеральні та органічні сполуки фосфору, зокрема, до 50-70 % серед них становлять ортофосфати, до 15 % – нерозчинний фосфор, більша частина якого вилучається в первинних відстійниках.

Ефективне видалення азоту і фосфору з комунальних стічних вод – це важливе завдання на вже існуючих спорудах каналізації (та тих, що будуються), оскільки вони, запроектовані та побудовані за часів відсутності інтенсивного забруднення води біогенними елементами.

У таблиці 1 наведені гранично допустимі концентрації біогенних елементів, згідно Правил приймання стічних вод в системи каналізації населених пунктів України.

Для інтенсифікації процесів очищення стічних вод, зокрема від біогенних елементів можа назвати кілька технічних прийомів:

-застосування реагентів;

- збільшення дози активного мулу на спорудах біологічного очищення;
- біологічне очищення від фосфору, з технологією біологічної дефосфатації;
- комбінація біологічного очищення з хімічним осадженням фосфатів;

**Таблиця 1** - Гранично допустимі концентрації біогенних елементів

Показник	Нормативне значення для водойм різного призначення, г/м <sup>3</sup>	
	господарсько-питного та рекреаційного	рибо-господарського
Азот амонійний	2,0	0,5
Нітрати	3,3	0,08
Нітріти	45,0	40,0
Фосфати	3,5	Не нормується

Для видалення фосфору пропонується реагентний метод. Хімічний склад, дозу, місце введення реагенту визначають на основі досвіду експлуатації чи експериментальних даних.

Одним з найбільш перспективних способів, є інтенсифікація біологічного очищення стічних вод з використанням технологій на основі біомаси, прикріпленої до завантаження - біоплівки. Реалізація даного способу дає можливість багаторазового збільшення біомаси, що перебуває в спорудах біологічного очищення (в реакторі) в іммобілізованому стані, що забезпечує інтенсифікацію процесу видалення зі стічної води азоту та фосфору та зниження показника БПК. У якості носіїв можуть використовуватися губки, поліетиленові кільця, циліндри та ін.

Успішно також застосовується часткова ретехнологізація, що передбачає переобладнання первинних відстійників в зону аеротенків. Також в існуючих аеротенках виокремлюють анаеробну та аеробну зону. Таким чином, аеробну зону влаштовують в первинних відстійниках, а безкисневу та анаеробну, в існуючих аеротенках. Аеробні зони обладнують високоефективною системою дрібно пупирчастої системи аерації. В анаеробній зоні (зона перемішування) встановлюються занурені мішалки.

При втіленні запропонованих технічних рішень очікується наступні показники очищення: БПК<sub>повне</sub> 2,0-2,5 мг·О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (за класичної схеми – 8-10 мг·О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), завислі речовини 4-5 мг/дм<sup>3</sup>, (за класичної схеми

– до 10 мг/дм<sup>3</sup>) амонійний азот 0,03-0,04 мг/дм<sup>3</sup>, (за класичної схеми - 15 мг/дм<sup>3</sup>), фосфор 0,15 – 0,2 мг/дм<sup>3</sup>, (за класичної схеми - 0,35 мг/дм<sup>3</sup>).

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

*Тітова К.С.*

*Науковий керівник – Чуб І.М, канд. техн. наук, доцент*

Промисловість синтетичного каучуку є однією з провідних галузей хімічного виробництва, до складу якого входять: виробництво каучуку, вихідних мономерів, допоміжних продуктів, що застосовуються в процесах синтезу каучуку і мономерів. Промисловість каучуку орієнтована на випуск каучуків спеціального призначення та продукції на їх основі: натрійбутадієновий каучук, полісульфідні олігомери, силіконові та уретанові каучуки, герметики на основі силоксанових каучуків, автогерметики, латекси тощо. Продукція застосовується в самих різних галузях промисловості.

У стічних водах цього виробництва можуть бути присутніми специфічні органічні забруднення такі як діетиленгліколь, аніонні ПАВ, формальдегід, етілхлоргексидін, триетаноламін, бутанол, ацетат натрію, фталевий ангідрид, 2-етілгексанол, бензиловий спирт, нафтопродукти. При проведенні різних технологічних процесів утворюється значна кількість стічних вод. Однією з найперших проблем є вирішення ряду питань, щодо очищення стічної води та її повторного використання в господарстві.

Найважливішим етапом роботи очисних споруд є проведення біологічної очистки. Існує безліч методів для очищення води як від легких забруднювачів, так і від специфічних, таких як хімічні сполуки, які розчиняються у воді. Однак, у зв'язку з високою концентрацією забруднюючих речовин, а також наявністю важкоокислюваних домішок, традиційне біологічне окиснення не завжди забезпечує високу якість очищення стічних вод, тому підвищення ефективності біологічної очистки є пріоритетним екологічним завданням.

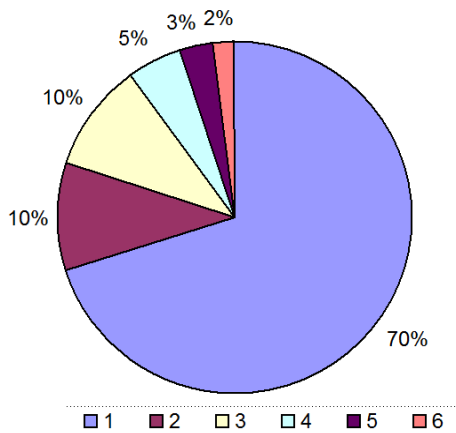
Аналіз літературних джерел іноземних авторів показує, що за кодом промислові відходи розглядаються в якості дешевих і ефективних сорбентів для очищення стічних вод. Особлива увага приділяється дослідженням процесу адсорбційно-біологічного очищення через наявність ряду переваг над основними способами очищення стічних вод. До основних переваг цього методу у порівнянні зі звичайними методами очищення стічних вод відносяться низькі капітальні витрати,

висока ефективність, мінімізація утворення хімічних і біологічних осадів, селективність до конкретних забруднень; відсутність необхідності введення додаткових поживних речовин для реалізації процесу; можливість регенерації сорбенту і високий відсоток вилучення забруднень.

Можливим способом підвищення ефективності очищення стічних вод хімічних підприємств є впровадження біологічно-адсорбційних процесів, що протікають з використанням відходів виробництва на прикладі застосування карбонатного шламу ТЕС в якості вторинних матеріальних ресурсів, що дозволить проводити комплексне зниження антропогенного навантаження на навколишнє середовище.

Фазовий склад шламу водопідготовки ТЕС представлений на рисунку 1

Вивчено сорбційні властивості карбонатного шламу. Встановлено, що з використанням запропонованого способу застосування карбонатного шламу підвищується ефективність біологічної очистки стічних вод підприємств синтетичного каучуку по пріоритетним забруднюючим домішкам: на 30% по ХПК, 35% по БСК<sub>5</sub>, 29 % по амонійного азоту.



1- CaCO<sub>3</sub> (70%); 2- органіка (10%); 3- Fe(OH)<sub>3</sub> (10%); 4- CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O (5%); 5- Ca(OH)<sub>2</sub>+ Mg(OH)<sub>2</sub> (3%); 6- SiO<sub>2</sub> (2%)

Рисунок 1 – Фазовий склад шламу ТЕС

Таким чином, карбонатний шлам може бути використаний в якості сорбційного матеріалу при біохімічному очищенні стічних вод хімічних підприємств за участю мікроорганізмів активного мулу. Використання відходу енергетики дозволить з одного боку інтенсифікувати

процес біологічного очищення стічних вод, з іншого проводити ефективну утилізацію відходів ТЕС.

## **ФЛОТАЦІЙНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

**Третяк О.Д.**

*Науковий керівник – Сорокіна К.Б., канд. техн. наук, доцент*

Флотація – це створення піноподібного шару пропусканням через воду потоку повітря чи газу. Бульбашки під час висхідного руху захоплюють ПАР, нафту, масла та інші сполуки, а потім утворену піну видаляють з поверхні води.

Даний метод очищення стічних вод ефективний як економічно, так і технологічно для видалення домішок, що мають природну гідрофобність (нафта, нафтопродукти, вуглеводневі рідини, жири, мила, синтетичні миючі засоби та ін.). Якщо у домішок, що знаходяться у воді, відсутня природна гідрофобність, тоді флотацію здійснюють тільки з використанням флотореагентів, які збільшують гідрофобність частинок, що видаляють.

Флотацію можна класифікувати за способом введення в очищувальну рідину бульбашок:

- 1) хімічна;
- 2) флотація з виділенням повітря з розчину (зі зміною тиску);
- 3) пневматична;
- 4) механічна.

Метод хімічної флотації полягає в тому, що в стічну воду додають різні реагенти; далі в результаті реакцій доданих речовин з тими, які знаходяться у воді, утворюються бульбашки газів: кисню, вуглекислого газу, хлору та ін. Установки для даного типу флотації найчастіше складаються з двох камер. У першій камері, де встановлюють лопатеву мішалку, відбувається змішування води, що очищається, і реагенту. У другій камері – флотореакторі – відбуваються хімічні реакції з утворенням флотокомпонентів. Шлам, що утворився, видаляється за допомогою скребка.

Підвидом хімічної флотації є електрофлотація. Сутність цього способу очищення полягає в пропусканні електричного струму через воду. У технологічній ємності встановлюють електроди і пускають постійний електричний струм. Через електроліз на електродах виділяються бульбашки газів, які піднімаються, проходячи через шар води, що містить домішки нафти та її продуктів. Під час руху в стічній воді бульбашки стикаються з дисперсними частинками, що знаходяться у



воді, прилипають до них і виводять на поверхню води у вигляді піни, яку видаляють за допомогою скребкового транспортера.

Флотацію з виділенням повітря з розчину застосовують для очищення виробничих стічних вод, що містять вкрай маленькі частинки забруднень. Спосіб полягає в тому, що створюється перенасичений розчин повітря в стічній рідині. Повітря, яке виділяється з подібного розчину, здатне утворювати мікропухирці, які здійснюють флотацію і видаляють забруднення з стічної води.

Пневматичні флотаційні установки можуть бути напірними і вакуумними. У першому випадку в напірних резервуарах створюють підвищений тиск і таким чином проводять насичення води повітрям. Коли у флотаційній камері тиск знижують до атмосферного, виділяються дуже дрібні бульбашки повітря, які ідеально підходять для флотаційного очищення. У менш поширених вакуумних установках повітря виділяється з води під дією розрядженого газу у водонепроникному резервуарі. В одному випадку повітря розчиняють безпосередньо в оброблюваній воді, в іншому – його вводять в частину води після флотаційної обробки.

Під час механічної флотації бульбашки повітря утворюються за рахунок обертового імPELLера, розташованого в центрі флотаційної камери. Повітря, яке подають в трубу, проходить через лопаті імPELLера, які розбивають потік повітря на маленькі бульбашки. Крім того, в цій зоні створюється велика кількість дрібних вихрових потоків, які подрібнюють бульбашки повітря. Даний спосіб очищення стічних вод від нафти і нафтопродуктів не є достатньо ефективним.

Таким чином, розглянувши різні способи флотації для очищення стічних вод, можемо виявити переваги і недоліки даного методу. До переваг флотації можна віднести:

- високий рівень очищення стічних вод за умови високих концентрацій нафтопродуктів, жирів та завислих речовин;
- невеликі витрати під час експлуатації;
- просте у використанні обладнання;
- можливість виділення певних забруднювачів;
- швидкість процесу флотаційного очищення від деяких суспензій вище швидкості осадження дрібнодисперсних нерозчинених часток;
- можливість видалення різних нафтопродуктів;
- продуктом флотації є шлам з не дуже високим вмістом води.

Але, як і у будь-якого методу, у флотації так само є свої недоліки, які безпосередньо пов'язані з технологічними особливостями її застосування, а саме:

– так як флотація залежить від гідрофобності речовини, застосовувати її можна для видалення не всіх забруднюючих компонентів, або використовувати додаткові реагенти, що призведе до зайвих витрат;

– необхідно точно здійснювати налаштування обладнання, що подає повітря з метою отримання бульбашок певного діаметра.

## **ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ**

*Андрійченко Ю.В.*

*Науковий керівник - Ломакіна О.С., ст. викладач*

Автотранспорт є одним з основних джерел забруднення атмосфери. Так у 2018 році в Україні в атмосферу надійшло 1358,4 тис. т забруднюючих речовин від автомобільного транспорту, Основними токсичними речовинами, якими забруднювалось повітря під час експлуатації пересувних джерел забруднення, були оксид вуглецю (1016,9 тис.т), діоксид азоту (156,9 тис.т), неметанові леткі органічні сполуки (137,6 тис.т), сажа (24,1 тис.т), діоксид сірки (27,6 тис.т) [0].

Щорічно кількість транспортних засобів зростає, призводячи до більш інтенсивного забруднення як атмосферного повітря так і інших компонентів довкілля шкідливими для життя і здоров'я населення речовинами-забрудниками. На початок 2020 року загальна кількість зареєстрованих транспортних засобів на території України складала близько 9,7 млн. одиниць, в т.ч. близько 8,4 млн. легкового автомобільного транспорту [0].

У зв'язку з цим, пошук рішень, що дозволяють знизити негативний вплив автотранспорту на довкілля, зокрема на атмосферне повітря, є актуальним не тільки для України, а й для усього світу.

Під час експлуатації автотранспорту в атмосферне повітря викидаються відпрацьовані гази двигунів, картерні гази, паливні випаровування. Найбільш об'ємними є відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Найбільший викид продуктів неповного згоряння палива відбувається при затримках машин біля світлофорів, при стоянці з невмикненим мотором в очікуванні зеленого світла, при рушанні з місця і форсуванні роботи мотора. Отже, одним зі шляхів зменшення викидів вихлопних газів, є усунення перешкод на шляху вільного руху потоку автомашин. Для цього потрібно будівництво спеціальних автомобільних магістралей, що не перетинаються з іншими магістралями на одному рівні і рухом машин або пішоходів, естакад або тунелів для розвантаження великих потоків транспорту [0].

Щоб знизити кількість шкідливих викидів від автотранспортних засобів логічним було б зменшити кількість самого транспорту, але нажаль його з кожним роком стає більше, тож одним зі шляхів зменшення викидів у атмосферне повітря є перехід на альтернативні види пального або електрокари, які мають незначний вплив на атмосферне повітря та навколишнє природне середовище в цілому.

Заміна двигунів внутрішнього згоряння на електродвигуни для автотранспорту є ефективною альтернативою, оскільки електрокари чинять значно менший шкідливий вплив на довкілля. Провідні світові автобудівники в останні роки проводять модернізацію свого обладнання для випуску електрокарів та збільшують інвестиції у виробництво електромобілів.

З метою зменшення викидів від ДВЗ та спонукання населення до переходу на електротранспорт, Уряд Великої Британії з 2030 року заборонить продаж нових автомобілів з дизельними та бензиновими двигунами. Ці заходи спрямовані на розвиток електромобільного ринку країни та досягнення нульових викидів парникових газів до 2050 р. [0].

Отже, проблема зменшення викидів від автотранспортних засобів є однією з головних проблем людства. Існує багато шляхів зниження екологічних ризиків від впливу автотранспорту на атмосферне повітря і довкілля, але найперспективнішим, на нашу думку, на сьогоднішній день, залишається перехід від автомобілів, що працюють на ДВЗ, до автотранспорту який працює на електроенергії.

#### Список літератури:

1. Велика Британія заборонить продаж авто з ДВЗ на 10 років раніше, ніж очікувалося [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://autogeek.com.ua/velyka-brytaniia-zaboronyt-prodazh-avto-z-dvz-na-10-rokiv-ranishe-nizh-ochikuvalosia/>
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні в 2018 році / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/news/35937.html>
3. Три факта про автопарк України / Федерація роботодавців автомобільної галузі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://fra.org.ua/ru/st/statistika/infoghrafika?page=2>
4. Шляхи зменшення шкідливих викидів автотранспорту у навколишнє середовище / Ю. В. Книш, М. Л. Копій // [Науковий вісник НЛТУ України](#). - 2014. - Вип. 24.3. - С. 81-86. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu\\_2014\\_24.3\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu_2014_24.3_14)

## **ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ**

***Кривокоріна К.В.***

*Науковий керівник – Коваленко Ю.Л., канд. техн. наук, доцент*

Основними причинами високих темпів розвитку альтернативної енергетики є те, що при роботі сонячних електростанцій не утворюються забруднюючі речовини, які викидаються в атмосферу і водні об'єкти, немає необхідності в розміщенні відходів виробництва в навколишньому середовищі, не використовуються ресурси викопного палива, запаси якого обмежені, не утворюються парникові гази, що несуть потенційну загрозу кліматичних катаклізмів.

У противників застосування альтернативних джерел енергії є важливий аргумент: висока вартість отриманої енергії.

Метою цих досліджень стало проведення порівняльної оцінки собівартості одиниці теплової енергії, яка подається в опалювальне приміщення, одержуваної від різних джерел.

У світі спостерігається тенденція зниження собівартості сонячної енергії, що пояснюється швидким розвитком технологій і зростанням конкуренції. За інформацією Управління з електро- і водопостачання Дубая (DEWA) мінімальна ціна на поставку електроенергії склала 2,99 цента за кВт/рік.

У США сонячні електростанції промислового масштабу постачають електрику, в середньому, за ціною 5 центів за кВт год. Середня собівартість сонячної електроенергії в інших країнах теж знижується, хоча в смузї помірного клімату вона буде вище, ніж в ОАЕ або Саудівської Аравії.

В Україні собівартість сонячної електроенергії впала до 0,97 грн за кВт/год. Про це повідомляє прес-служба дистриб'ютора технологій і обладнання для відновлюваної енергетики.

Результати розрахунків і порівняльної оцінки вартості одиниці отриманої енергії наведені в таблиці 1.

Вартість енергоносіїв приймається за станом на лютий 2020 р. виходячи з тарифів енергопостачальних підприємств, роздрібних цін торгових організацій України. В якості критерію оцінки будемо використовувати вартість 1 мДж тепла, що надходить в приміщення від різних енергоносіїв.

Таблиця 1 – Результати розрахунку наведених значень вартості одиниці теплової енергії, що надходить в опалювальне приміщення

Найменування, одиниця виміру енергоносія	Вартість	Теплотворна здатність	Вартість одиниці виробленої енергії	Тепловий к.к.д., %	Вартість одиниці отриманої енергії
Сонячна електроенергія	0,97 грн/кВт·год	3,6 мДж/кВт/год	0,269 грн/мДж	100	0,269 грн/мДж
Енергія, вироблена ТЕЦ	1,62грн/кВт·год	3,6 мДж/кВт/год	0,45 грн/мДж	100	0,45 грн/мДж
Енергія гідроелектростанцій	0,59грн/кВт·год	3,6 мДж/кВт/год	0,164 грн/мДж	100	0,164 грн/мДж
Енергія атомних електростанцій	0,42грн/кВт·год	3,6 мДж/кВт/год	0,117 грн/мДж	100	0,117 грн/мДж
Теплоносій міських теплових мереж	1 748 грн/гкал	4 190 мДж/гкал	0,417 грн/мДж	100	0,417 грн/мДж
Природний газ, з урахуванням доставки	7,28 грн/м <sup>3</sup>	38,5 мДж/м <sup>3</sup>	0,189 грн/мДж	90	0,211 грн/мДж
Вугілля довгополу'мяне газове	4 000 грн/т	6 100 ккал/кг	0,156 грн/мДж	85	0,184 грн/мДж
Пелети з лушпиння соняшника	2300 грн/т	4 400 ккал/кг	0,107 грн/мДж	85	0,126 грн/мДж
Дрова дубові колоті	750 грн/м <sup>3</sup>	2 100 кВт·год/м <sup>3</sup>	0,099 грн/мДж	85	0,116 грн/мДж
Торф	2 500 грн/т	2 900 ккал/кг	0,206 грн/мДж	85	0,242 грн/мДж

З представлених результатів випливає, що сучасні технології дозволяють сонячній енергії конкурувати з тепловими електростанціями та підприємствами центрального тепlopостачання. При збереженні тенденції зниження вартості сонячних батарей в майбутньому можливе заміщення інших джерел енергії.

## **СПОСОБИ ОТРИМАННЯ ВТОРИННИХ РЕСУРСІВ ІЗ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ**

*Щербак О.М.*

Слід звернути увагу на те, що в Україні обсяг утворення органічних відходів становить близько 40 % від загального об'єму твердих побутових відходів (ТПВ). Зважаючи на те, що в Україні основний метод поводження з ТПВ – це захоронення, більшість органічних відходів безповоротно втрачаються. В свою чергу, розміщення органічних відходів на звалищах призводить до утворення небезпечних фільтрату та біогазу, які становлять серйозну небезпеку для довкілля та здоров'я людини.

Саме тому, у більшості цивілізованих країн органічні відходи сортуються окремо і переробляються. Це, у свою чергу, призводить до наступних позитивних результатів:

1) зменшується маса та об'єм ТПВ, тобто менша кількість відходів потрапляє на полігони ТПВ;

2) полегшується сортування відходів на сортувальних станціях, адже коли сухі відходи не змішані з мокрими відходами (органічні відходи), ефективність сортування відходів підвищується;

3) вирішується проблема неприємного запаху та санітарно-гігієнічні проблеми;

4) отримуються вторинні ресурси із органіки - біогаз для опалення житла та органічне добриво - біогумус.

Отож, органічні відходи є не тільки забруднювачами навколишнього середовища, але й можуть виступати в якості основної сировини для виробництва органічних добрив. Компостування в даний час розвивається як високотехнологічний процес обробки органічних відходів, який окремо замінює захоронення ТПВ. Залежно від джерела органічних відходів може бути обрана методика компостування для ефективного розкладання і кращої якості компосту. Наприклад, овочеві відходи з високим вмістом органічних речовин можна компостувати для отримання матеріалу, який містить поживні речовини. Це набагато знизить кількість відходів та допоможе не вивозити їх на відкриті звалища та полігони.

Одним із найбільш перспективних методів утилізації органічних відходів є їх біоконверсія. Використання біомаси для виробництва енергії - одна з альтернатив, яка останнім часом стала популярною в усьому світі як чисте джерело енергії. За допомогою біоконверсійних технологій можливе отримання із відходів органічних добрив, біогазу, етилового спирту, пектину, кормів і кормових добавок для тварин, продуктів і білкових добавок до харчування людей, сировини для фармацевтичної промисловості тощо.

Анаеробне зброджування є однією з кращих технологій для переробки органічних відходів для виробництва біогазу і метану, які можуть використовуватися в якості альтернативного палива. Біогаз утворюється в результаті анаеробного зброджування в біореакторі. Його виробництво може здійснюватися в періодичному або безперервному процесі, в одно-, дво- або багатоетапні стадії, при цьому в якості субстрату використовуються в основному органічні речовини з відходів. Процес має чотири основні етапи: попередня обробка, зброджування відходів, рекуперація газу і обробка залишків. Залишки сільськогосподарських культур є одним з найпоширеніших джерел енергії, доступних в усьому світі. Проте, біоконверсія органічної речовини в біогаз являє собою складний процес, який включає безліч реакцій між декількома мікроорганізмами, що живуть в стабільному взаємозв'язку.

Ще однією перевагою такого процесу є те, що виробництво біогазу захищає навколишнє середовище від патогенів, зменшуючи кількість відходів, які можуть гнити на відкритому повітрі, що підвищило б можливість залучення переносників хвороб, крім того, він значно знижує забруднення повітря і води. Біогаз можна використовувати для виробництва електроенергії, тепла і автомобільного палива, замінюючи тим самим традиційні джерела енергії, що виробляють парникові гази.

Таким чином, біологічні методи переробки органічних відходів є ефективними як з екологічних, так і з економічних міркувань. Особливістю біологічних методів утилізації є те, що вони не потребують значних трудових і матеріальних витрат.

З метою більш широкого впровадження біологічних методів утилізації органічних відходів необхідно забезпечити екологічну освіту населення з метою поширення інформації про способи екологічно безпечного та економічно вигідного поводження з органічними відходами.

Необхідно також запровадити на державному рівні обмежуючі та стимулюючі заходи. Це дозволить вирішити проблеми, пов'язані із забрудненням довкілля ТПВ, та матиме позитивні екологічні, економічні і соціальні наслідки.

## **РОЗРОБКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЙ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ (НА ПРИКЛАДІ м. ГЕНІЧЕСЬК, ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛ.)**

*Лукашевич Д.С.*

*Науковий керівник – Телюра Н.О., канд. техн. наук, доцент*

Підвищення екологічної безпеки територій населених пунктів, може відбуватись різними шляхами, враховуючи всі навантаження, одним з напрямів можна розглянути на прикладі зниження рівнів шумового забруднення населених пунктів шляхом розробки типологічних техніко-економічних рішень (ТЕР) з підвищенням ефективності використання шумозахисних екранів. В дослідженні використано адаптований аналіз пріоритетних джерел екологічної небезпеки, які формуються шумовими забрудненнями навколишнього природного середовища у техногенно навантаженому місті для багатокритеріальної оцінки на основі стандартних процедур оцінки впливу на навколишнє середовище, яка раніше була реалізована науковцем кафедри ІЕМ ХНУМГ ім. О.М. Бекетова.

В основу досліджень включено наступне: з кожним з варіантів техніко-економічних рішення шумозахисту повинен бути зіставлений відповідний йому кількісний показник (глобальний пріоритет).

Для виконання завдань такої складності застосовують методи системного аналізу, окремим випадком яких є метод аналізу ієрархій (МАІ). Ієрархія – це лінійна структура, яка має початкову вершину – мету поставленої задачі, яка має бути вирішена роботу поділено на етапи. Перший етап включає 1-й рівень ієрархії, це мета дослідження. 2-й рівень ієрархії доповнюють критеріїв еколого-соціальної безпеки населених пунктів (К). Фактори рівня стану (РС) 3-й ієрархії деталізують критерії безпеки в частині розвитку. На 4-му і 5-му рівнях ієрархії показані рівень стану автошляхів (РСА) населених пунктів і рівень стану забудови (РСЗ), спрямованих на поліпшення їх оціночних ознак. 6-й рівень ієрархії представлений альтернативними варіантами ТЕР.

На другому етапі розробленого програмно-аналітичного методу вибору здійснюють експертне порівняння пар критеріїв поточних рівнів ієрархії, в якості яких виступає елемент вищого ступеня.

На третьому етапі виконують розрахунок локальних та глобальних пріоритетів чинників і критеріїв ієрархії. Вихідною інформацією для цього служить результат другого етапу. В якості інструментальної підтримки доцільно застосувати середовище MPRIORITY 1.0 (My Priority). На останньому ієрархічному рівні розраховується глобальний пріоритет альтернативних варіантів ТЕР: ТЕР1 – ТЕР9. На четвертому етапі приймають обґрунтоване рішення за вибором екологічно і соціально безпечного ТЕР за найбільшим значенням глобальних пріоритетів (рис. 1).



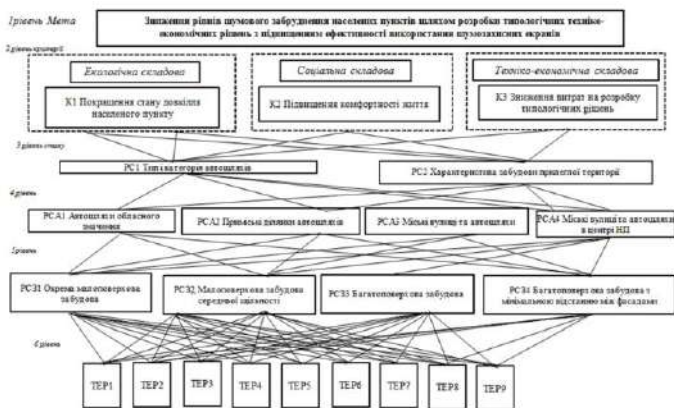


Рисунок 1 – Ієрархія вибору найбільш еколого-соціально безпечних ТЕР

На підставі запропонованого програмно-аналітичного методу вибору з використанням експертної оцінки фахівців визначена відносна значущість елементів ієрархії в групах, на кожному ієрархічному рівні. На підставі отриманої матриці розраховані вагові коефіцієнти з використанням програмного продукту MPRIORITY 1.0. Точність розрахунку становить 10-4.

Результат порівнянь попарно обраних трьох критеріїв (К) і розрахунку відносної важливості наведені на слайді, з якого випливає:

- найбільш важливим визнаний критерій К1;
- на другому місці знаходиться К2;
- відносно менша значимість надається критерію К3 (рис. 2).

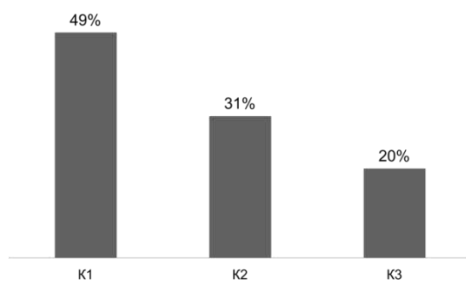


Рисунок 2 – Розраховане значення відносної важливості критеріїв ієрархічного рівня 2 (К)

За підсумками розрахунку визначена оцінка узгодженості матриці: 0,04623 (задовільною є оцінка  $<0,1$ ). На підставі переважаючих значень глобальних пріоритетів можна вибрати оптимальний захід. За результатами глобальних пріоритетів найбільше значення має ТЕР3 (0,1765) (рис. 3).

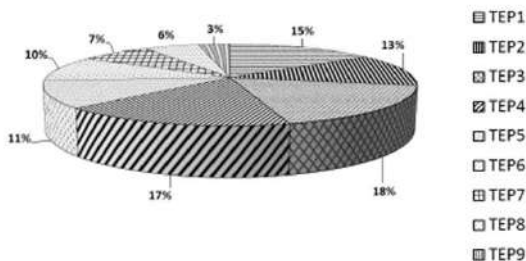


Рисунок 3 – Розраховані значення глобальних пріоритетів рівня альтернатив для м. Генічеськ, Херсонської обл.

Наведений програмно-аналітичний методу вибору дозволяє вибудувати стратегію управління екологічної та соціальної безпекою для населених пунктів України від шумового забруднення, шляхом розробки обґрунтованих рекомендацій з організації типологічних ТЕР.

З використанням методу аналізу ієрархії дана оцінка кожному рівню і визначені зв'язки між елементами. Згідно з розрахунками, для м. Генічеськ рекомендовано ТЕР № 3 із значенням глобального пріоритету – 0,1765 зі всього переліку типологічних ТЕР.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМУ РОБОТИ ДИЗЕЛЯ НА ВМІСТ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК У ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗАХ

**Буланова А.А.**

*Науковий керівник – Полив'янчук А.П., д-р техн. наук, професор*

Серед найбільш небезпечних забруднюючих речовин, які потрапляють до атмосфери з відпрацьованими газами (ВГ) дизельних установок і суттєво погіршують показники якості повітря, є тверді частинки (ТЧ). Усереднений масовий викид цієї речовини з ВГ, який визначається з врахуванням умов експлуатації двигуна, являє собою один з основних нормованих екологічних показників дизеля. Регламентована нормативними документами методика визначення масових викидів ТЧ передбачає використання гравіметричного методу вимірювань, який характеризується підвищеною вартістю, трудомісткістю та тривалістю

процедури випробувань. У зв'язку з цим при проведенні екологічного діагностування дизелів за показниками токсичності ВГ актуальним є завдання створення більш економічних, зручних у використанні та швидкісних непрямих методів контролю вмісту ТЧ у ВГ. Одним з таких методів є розрахунковий метод досліджень, який базується на використанні математичних моделей впливу режимів роботи дизеля на концентрації та викиди ТЧ.

На базі моторного стенду автотракторного дизеля 4ЧН12/14, оснащеного частковопотоковою системою розбавлення ВГ повітрям – мікротунелем МКТ-2 проведено математичне моделювання впливу режимів роботи двигуна на вміст ТЧ у ВГ. Досліджено вплив параметрів сталих режимів – числа обертів колінчастого валу –  $n$  і навантаження –  $L$  на масові і об'ємні концентрації –  $c_{pt}$  і  $C_{pt}$ , масові –  $PT_{mass}$  і питомі –  $PT_p$  викиди ТЧ. Контроль викидів ТЧ здійснювався гравіметричним методом у відповідності до вимог нормативних документів – стандарту ISO8178, Правил ЄЕК ООН R-49, R-96 та ін. з похибками  $\pm 3 \dots 10$  %. В результаті досліджень обрано тип та встановлено коефіцієнти найбільш достовірної регресійної залежності – поліноміальної моделі 2-го порядку, яка дозволяє оцінювати величини  $C_{pt}$ ,  $PT_{mass}$  і  $PT_p$  в діапазонах варіювання параметрів  $n$  і  $L$  –  $1000 \dots 2000$  хв<sup>-1</sup> і  $25 \dots 100$ %. СКВ встановлених залежностей при визначенні вказаних величин є співставними з похибками мікротунеля МКТ-2 і складають  $\pm 0,0042$  г/мн<sup>3</sup>,  $\pm 2,02$  г/год,  $\pm 0,077$  г/(кВт·год) або  $\pm 11,3\%$ ,  $\pm 8,1\%$  та  $\pm 18,8$  %, відповідно. Встановлені в ході досліджень математичні моделі складають основу економічного і зручного у експлуатації розрахункового методу контролю вмісту ТЧ у ВГ на сталих і несталих режимах роботи дизеля.

## **ВИПРОБУВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТЕПЛОВИХ ДВИГУНІВ І КОТЕЛЕНЬ**

***Вишинська В.В.***

*Науковий керівник – Полив'янчук А.П., д-р техн. наук, професор*

Систематичні викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами теплових двигунів і димовими газами котельних установок призводять до погіршення показників якості навколишнього середовища міст, підвищення канцерогенної небезпеки та виникнення регіональних і глобальних екологічних наслідків. Актуальним напрямком досліджень у вирішенні цієї проблеми є створення універсальних систем екологічного діагностування двигунів і котелень. На кафедрі інженерної екології міст ХНУМГ ім. О.М. Бекетова створено експериментальний зразок такої

системи, відмінними властивостями якої є: багатофункціональність, компактність, мобільність, зручність у експлуатації, висока ступінь автоматизації, інформативність результатів, здатність до вирішення як науково-дослідних, так і навчальних завдань. Система складається з 3-х модулів:

– вимірювального, який містить: мікротунель МКТ-2, прилади і обладнання для безпосереднього вимірювання показників хімічного та фізичного забруднення навколишнього середовища – газоаналізатор ОКСИ 5М, електроаспіратор АСА-2М, шумомір-реєстратор ДТ-8852, тепловізор Testo 871, пневмометричні трубки конструкції НИИОГАЗ, мікроманометр ММН 2400;

– тестувально-демонстраційного, який складається з: установки для досліджень аеродинамічних процесів у вихлопних системах двигунів та димових трубах котелень, процесів відбору та підготовки до аналізу газових проб, лабораторної стійки-трансформеру, на базі якої можуть збиратися різні вимірювальні та випробувальні стенди відповідно до завдань досліджень, тощо;

– лабораторного, який містить лабораторні прилади, обладнання і витратні матеріали для аналізу проб, відібраних в ході екологічних досліджень натурних об'єктів, зокрема: спектрофотометри КФК-2, ULAB 102, електронні ваги Radwag AS 60/220 R2, ТВЕ-0,5-0,01, витяжна шафа ШВЛ-02, Шафа сушильна СП-30, тощо.

Проведено експериментальне відпрацювання створеної системи на базі моторних стендів транспортних двигунів – автотракторного дизеля 4ЧН12/14 і бензинового двигуна автомобіля ВАЗ 21081 та котелень з газовими – ДКВР-20/13, АОГВ-100Є і твердопаливним – КЧМ-2М-4 котлами, яке підтвердило її практичну придатність для ефективного контролю хімічних і фізичних забруднень довкілля.

## **БОТАНІЧНИЙ ЗАКАЗНИК МІСЦЕВОГО ЗНАЧЕННЯ «ЗАПАДНЕ»: НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ ОБ'ЄКТУ ПЗФ (ДВОРІЧАНСЬКИЙ РАЙОН, ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ)**

***Бітюцька В.В.***

*Науковий керівник – Задорожний К.М., канд. біол. наук, доцент*

У всьому комплексі природної рослинності України флора крейдяних відслонень є найбільш цінним у науковому відношенні об'єктом [1, 2, 3], так як в її складі значна кількість видів, багато з яких занесені до Червоної книги України та інших переліків рідкісних видів рослин.

Надмірне антропогене навантаження на площі степових залишків, що призводить до деградації природної рослинності крейдяного субстрату, відсутність особливого статусу для крейдяних ландшафтів згідно земельного законодавства України, викликає необхідність включення даних реліктових ландшафтів у систему державного природного-заповідного фонду з метою збереження рідкісних та зникаючих рослинних угруповань.

Мета роботи полягає у дослідженні флори крейдяних відслонень біля с. Западне Дворічанського району Харківської області, визначенні фітосозологічної цінності флори, приналежності видів рослин до переліків рідкісних та охоронюваних видів та створенні наукового обґрунтування для створення об'єкту ПЗФ.

Для реалізації вищевказаної мети були виконані наступні завдання: досліджено флористичний склад судинних рослин заказника, зроблено фітосозологічну оцінку флори крейдяних відслонень та складено наукове обґрунтування щодо доцільності створення ботанічного заказника місцевого значення «Западне».

Дослідження рослинності проводилося за маршрутним методом з закладенням та описом пробних геоботанічних площадок. Вказано видовий склад, щільність видів та проективне покриття у відсотках. Для визначення щільності рослин на ділянці застосовувався окомірний облік за шкалою щільності О. Друде. Вивчено відсоткове та числове співвідношення родин, виявлені особливості флористичного складу даних територій.

Аналіз флори крейдяних відслонень досліджуваної території показав, що вона налічує не менше 72 видів судинних рослин з 24 родин, 11 з яких є провідними. Найбільш чисельними є родини Asteraceae, Lamiaceae, Rosaceae, Fabaceae, Poaceae. Таке співвідношення родин флори крейдяних відслонень є доволі типовим для подібних досліджених ділянок Пооскілля.

Зафіксовані унікальні природні угруповання крейдяних відслонень, серед яких до Зеленої книги України занесені: *Androsace koso-poljanskii* Ovcz., *Hyssopus cretaceus* Dubjan., *Linum ucranicum* (Griseb. ex Planch.) Czern.

До Червоної книги України (2009) [4] охороняються 10 видів, до Європейського червоного списку занесені 5 видів, до регіонально рідкісних видів, що підлягають охороні за Переліком рідкісних видів Харківської області відносяться 19 видів.

Види рослин, які занесені водночас до вищевказаних документів: *Androsace koso-poljanskii* Ovcz., *Hyssopus cretaceus* Dubjan., *Scrophularia cretacea* Fisch. ex Spreng., *Silene cretacea* Fisch. ex Spreng.

За результатами проведених досліджень встановлено, що охоронюваними є 22 рідкісних і ендемічних видів. У цілому раритетна складова флори становить 31% від загального числа видів, що є високим показником, і характеризує територію як цінний природний резерват, який потребує особливої уваги та охорони.

Незважаючи на те, що встановлення особливого режиму охорони цінних територій є одним із основних та традиційних підходів до збереження біологічного різноманіття, такі заповідні об'єкти все одно зазнають високого рівня антропогенного впливу та, викликаними ним, трансформацій. Зважаючи на це, актуальним стає визначення реальної ролі об'єктів природно-заповідного фонду України у збереженні біологічного різноманіття.

Перспективним напрямком продовження дослідження є оцінка природоохоронної цінності та прогностичної ефективності перспективної території для створення ботанічного заказника місцевого значення «Западне».

#### Література

1. Горелова Л. Н. Состояние и перспективы охраны видов растений среднего течения р. Северский Донец, включенных в «Красную книгу СССР» и «Червону книгу Української РСР» // Флора и растительность Украины. – К., 1986. – С. 19–22.
2. Гринь Ф. О. Рослинність крейдяних відслонень // Рослинність УРСР. Степи, кам'янисті відслонення, піски. – К.: Наукова думка, 1973 – С. 336–356.
3. Клімов О. В. Природно-заповідний фонд Харківської області / О.В. Клімов, О.Г. Вовк, О.В. Філатова та ін. – Х.: Райдер, 2005. – 304 с
4. Червона книга України: Рослинний світ. – К.: Українська енциклопедія, 2009 – 608 с.

## ДО ПИТАННЯ НІТРАТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД У МІСТАХ

**Кулик А.С., Якових А.І.**

*Наукові керівники – Яковлев В.В., д-р. геол. наук, професор,  
Дмитренко Т.В., канд. техн. наук, доцент,  
Мацюк С.А.*

На цей час суспільство стикається з проблемою якості питної води, незважаючи на наявність сучасних методів її очищення. Особливо гостро цю проблему відчувають міста та населені пункти України, в яких дотепер використовуються підземні води з колодязів і свердловин різної глибини, тому проблема якості води для таких населених пунктів наразі є актуальною.

Колодязі облаштовуються таким чином, що вони завжди розкривають перший від поверхні водоносний горизонт – ґрунтові води. Гру-

нтові води накопичуються на першому від поверхні водотривкому шарі і живляться за рахунок інфільтрації атмосферних вод або за рахунок розташованого вище за потоком водоносного горизонту. Ці води, не дивлячись на повсюдну невідповідність питним нормам, часто використовуються без будь-якої водопідготовки.

В той же час відомо, що через недбале ставлення людини до навколишнього середовища - негерметичні вигрібні ями, внесення добрив і ядів у ґрунт, розлив автомобільного палива і мастильних матеріалів, посипання доріг хімічними речовинами, відбувається забруднення підземних вод. У першу чергу від цього потерпає перший від поверхні водоносний горизонт (ґрунтові води), які звичайно відкриваються колодязями. В той же час, зважаючи на типові одноколонні конструкції свердловин, що облаштовуються на подвір'ях, і повсюдну відсутність захисних зон санітарної охорони, забрудненню піддаються також води більш глибоких горизонтів.

Техногенне накопичення нітратів у природній воді є фактором збільшення дитячої смертності, адже вони впливають на рівень метгемоглобіну. Відомо, що у разі, якщо у дорослих рівень метгемоглобіну становить близько 50 % в крові, то спостерігається істотне погіршення самопочуття.

Метою роботи є виявлення ступеню забруднення підземних вод у великому місті від глибини каптажної споруди (колодязі і свердловини).

Авторами оброблений масив даних з протоколів аналізів підземних вод, що були проведені у атестованій лабораторії ТОВ «Лабораторія якості води «ПЛАЯ» за період 2018-2020 рр. На рис. 1 представлений графік залежності вмісту нітратів у підземних водах від глибини каптажів (колодязів і свердловин).

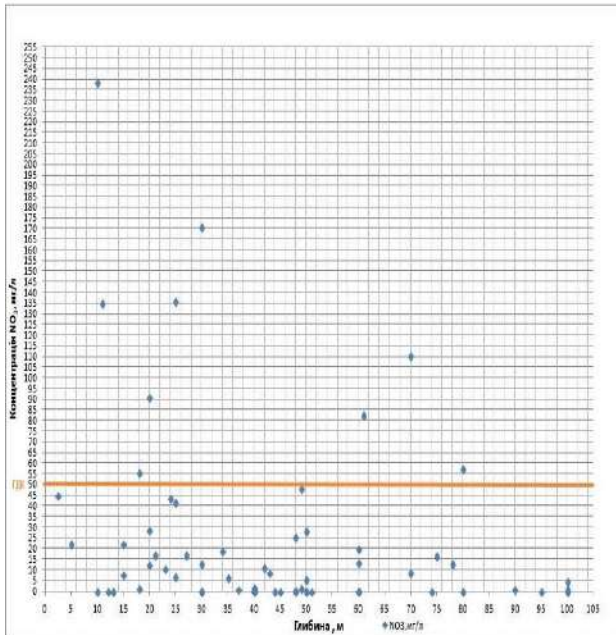


Рисунок 1 - Графік залежності вмісту нітратів у підземних водах від глибини каптажів (колодязів і свердловин)

Попередній аналіз представлених даних дозволяє зробити наступні висновки: 1) більша частина відібраних проб води має вміст нітратів у діапазоні 0-30 мг/дм<sup>3</sup>, що характеризує їх дограничне забруднення; 2) 20 % відібраних проб води мають вміст нітратів, що перевищує ГДК для питних вод (50 мг/дм<sup>3</sup> згідно ДержСанПіН 2.2.4-171-10); 3) загальною закономірністю є зменшення максимальних значень вмісту нітратів з глибиною, але перевищення ГДК зустрічається до глибини майже 80 м.

## АКТУАЛЬНІСТЬ ФАСАДНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ

**Жидкова І.Є.**

Науковий керівник – *Решетченко А.І., канд. техн. наук, асистент*



Актуальність проблеми шумового забруднення населених міст зростає із кожним роком. Стрімка урбанізація, розвиток інфраструктури та автомобілізація – головні причини збільшення рівнів шумового пресингу у містах. Загальновідомо, що близько 80% шумоутворення у містах припадає на автомобільний транспорт, що є лінійним пересувним джерелом шуму. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (World Health Organization) тисячі людей у всьому світі передчасно помирають внаслідок серцевих розладів, викликаних довготривалою дією підвищеного рівня шуму, зокрема від роботи автотранспорту. Постійне збільшення кількості транспортних засобів призводить до зростання екологічної небезпеки, зниження якості життя сельбищних зон, що розташовані у зоні впливу автомобільних доріг, а складений ансамбль сучасних міст не залишає за собою можливості впроваджувати дієві архітектурно-планувальні шумозахисні рішення.

Найбільш екологічним засобом оптимізації урбосистем у зниженні шумового навантаження є впровадження додаткового озеленення. У випадках обмеженого простору для впровадження озеленення сельбищної зони слід використовувати альтернативні шумозахисні рішення – фасадне озеленення житлових будинків. Поєднання зелених насаджень із ландшафтними та архітектурно-будівельними прийомами дозволяє не лише знизити техногенне навантаження на урбосистему але й покращити еколого-естетичну комфортність урбанізованих міст.

Варто зауважити, що фасадне озеленення здійснюється не лише для зниження шуму, а також для оздоровлення повітряного басейну, формування оптимального мікроклімату, забезпечення умов для відпочинку, а також з огляду на декоративно-планувальні цілі (усунення монотонності забудови, поживалення ландшафту та організація сприятливого середовища проживання для населення). Використання витких рослин на стінах будівель регулює їх тепловий режим, сприяє зменшенню нагріву стін, особливо в південних містах. Крім того, в'юнки рослини зменшують ступінь проникнення в будівлі пилу, звожують повітря, знижують силу вітру, створюючи тим самим більш м'які і сприятливі кліматичні умови в приміщеннях. Переваги фасадного озеленення не обмежуються тільки користю для навколишнього середовища, а також допомагають знизити експлуатаційні витрати на будівлі в довгостроковій перспективі.

Об'єкти вертикального озеленення можуть створюватися, як із використанням спеціальних опор, так і без їх використання в будь-яких функціональних зонах міста. Для озеленення ампельними рослинами використовуються кашпо та контейнери різних форм і розмірів, що закріплюються на балконах і фасадах будівель. При оформленні

рослинами житлових і громадських будівель використовуються такі прийоми: суцільне озеленення, озеленення групою рослин і озеленення поодинокими рослинами. При суцільному озелененні слід передбачати формування пагонів навколо вікон і входів. Найбільш розповсюджені рослини для суцільного озеленення – ліани. Оформлення поодинокими рослинами використовується для лоджій і балконів.

Багатьма експериментальними дослідженнями закордонних та вітчизняних науковців підтверджується ефективність впровадження фасадного озеленення для зниження рівнів шуму на територіях сельбищних зон та в приміщеннях. Так, наприклад, було підтверджено ефективність зниження шуму на 5% за рахунок фасадного озеленення у місті Харкові. Експериментальні данні зниження рівнів шуму, отримані протягом вегетаційного періоду у 2020 році на натурних об'єктах по вул. Шекспіра та пл. Конституції, демонструють дієвість впровадження фасадного озеленення та слугують підґрунтям для подальших досліджень із виявленням властивостей шумопоглинання у різних видів витких рослин.

Закордонний досвід демонструє широке використання фасадного озеленення з метою зниження шумового забруднення. Так, наприклад, світовим лідером використання нетрадиційних систем озеленення, особливо дахового, є Європа, де технології озеленення міських ландшафтів в умовах обмежених земельних ресурсів існують і вдосконалюються протягом останніх 40 років. Лідером дахового озеленення є Німеччина. Площа зелених дахів в цій країні щорічно збільшується на 15–20%. Наразі, в Українському законодавстві відсутні нормативні чи рекомендаційні документи щодо організації вертикального озеленення фасадів також відсутня єдина загальноприйнята класифікація елементів вертикального озеленення, незважаючи на багаторічний досвід використання такого типу озеленення будівель, на що варто звернути увагу, при удосконаленні та розробці нових галузевих та будівельних нормативів, з метою актуалізації та популяризації впровадження фасадного озеленення.

## **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ УРАЛКІДНИХ ОЛІГОМЕРІВ**

***Базиль О.В.***

*Науковий керівник – Гуріна Г.І., канд. хім. наук, доцент*

До групи екологічно чистих композиційних лакофарбових матеріалів належать органорозчинні матеріали з низьким вмістом легколетких органічних речовин (ЛОС). Розробка рецептур матеріалів із вміс-

том ЛОС меншим за 300г/л, що відповідає вимогам Технічного регламенту щодо обмеження викидів летких органічних сполук у лакофарбових матеріалах для будівель та ремонту колісних транспортних є актуальним питанням для сучасного виробництва органорозчинних олігомерів. Технічний регламент розроблено на основі Директиви 2004/42/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 квітня 2004 року про обмеження викидів летючих органічних сполук через використання органічних розчинників у певних фарбах і лаках і продуктах повторної обробки автомобілів.

Для одержання олігомерів для лаків з високим вмістом нелетких речовин та низькою в'язкістю слід застосовувати плівкоутворювачі із зменшеною молекулярною вагою, яка становить зазвичай 800 – 1500 г/моль, використовувати олігомери - плівкоутворювачі, що характеризуються вузьким молекулярно-масовим розподілом та вносити до складу матеріалів високоактивні реакційно-здатні розчинники- флексобілізатори.

Проаналізована можливість використання лаків з більшим вмістом нелетких речовин ніж 55%, що є нормативним значенням ( $55\pm 2$ )% для лаку УРФ-01, з метою одержання матеріалів з ЛОС=300г/л.

Проведені теоретичні розрахунки, які дозволили встановити можливість одержання рецептур олігомерів при зміні сухих залишків лаків від 53% до 100 %. Результати розрахунків представлені в таблиці 1.

Розроблено енергозберігаючу технологію виробництва уралкідних лаків з різною жирністю від 30 до 65%. З метою зменшення часу перебігу реакції переестерифікації передбачено завантаження рослинної олії з температурою 150 °С, підігрів якої від температури оточуючого середовища до 150 °С здійснюється за рахунок енергозберігаючих заходів з передачі теплової енергії від реакційної маси з температурою 240 °С при необхідності її охолодження перед вивантаженням у змішувач.

Таблиця 1 – Вміст ЛОС у уралкідних лаках з різним вмістом нелетких речовин

№	Одиничні показники лаків	Значення показників для лаків									
		53	56	60	65	70	75	80	85	90	95
1.	Вміст нелетких речовин для уралкідних лаків										
2.	Щільність	929	940	950	970	980	1000	1020	1040	1060	1080

	лаку, кг/м <sup>3</sup>										
3.	Вміст ЛОС	436	414	380	340	294	250	204	156	106	54

Розроблено ресурсозберігаючу технологію виробництва уралкідних лаків з різною жирністю. На стадії алкохолізу 20-25 відсотків реакційної маси заміщують вторинним поліетилентерефталатом. Процес деструкції вторинного поліетилентерефталату контролюють органолептичним методом за досягненням прозорості проби реакційної маси при охолодженні від 240 °С до кімнатної температури.

Одержані екологічно чисті уралкідні лаки із вмістом ЛОС ≤ 300г/л та покриття на їхній основі. Визначені властивості органічних олігомерів, лаків та покриттів на їхній основі: умовна в'язкість за вискозиметром ВЗ-246 з діаметром сопла 4мм при температурі (20±0,5)°С, с, в межах 50-280 с; час тверднення при температурі (20±2)°С не більше 2,5 год.; твердість плівки по маятниковому приладу ТМЛ, умовні одиниці, не менше 0,3; міцність плівки при ударі по приладу типу У-1, не менш 50 см; еластичність плівки при згинанні, не більш 1 мм; адгезія методом решітчастих надрізів, бали, не більш 1.

Розроблені екологічно чисті уралкідні олігомери та лаки на їхній основі за ресурсо- та енергозберігаючими технологіями призначені для нанесення на металеві та дерев'яні поверхні для захисту від агресивних середовищ металоконструкцій, пересувного залізничного, міського транспорту, авто- і сільгосптехніки та технологічного обладнання.

## **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ГІБРИДНИХ АКРИЛУРАЛКІДНИХ ТА АКРИЛУРЕТАНОВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Рогожин Р.С.*

*Науковий керівник – Гуріна Г.І., канд. хім. наук, доцент*

Перспективним напрямком створення матеріалів спеціального призначення є розробка матеріалів для захисту від корозії устаткування і металевих конструкцій у зв'язку із значним руйнуванням металу в різних агресивних середовищах. Рішення цієї задачі здійснюється як шляхом створення гібридних композиційних лакофарбових матеріалів на основі плівкотвірних речовин з поліпшеними захисними властивостями, так і завдяки застосуванню вискоєфективних протикорозійних пігментів і перетворювачів іржі.

Створені лакофарбові матеріали із застосуванням перспективних акрилуалкідних та акрилуретанових олігомерів замість алкідних та використанням екологічно чистих фосфатних протикорозійних пігментів в композиціях з перетворювачем іржі. Порошковий перетворювач

іржі на основі гідролізного лігніну характеризується розмірами часток 10-12 мкм, вологістю 3-4%, рН водної витяжки 7,5- 8,2.

Розроблені технології виробництва ґрунтівкоок, ґрунт-емалей та емалей шляхом виготовлення окремих пігментних паст на основі розчину акрилуалкідного та акрилуретанового олігомерів та пасти з порошковим перетворювачем іржі. Розраховані рецептури пігментних паст та пасти з перетворювачем іржі та рецептур складання ґрунтівкоок, ґрунт-емалей та емалей.

Інноваційна технологія виробництва гібридних композиційних акрилуалкідних та акрилуретанових матеріалів розроблена з використанням методу концентрованих паст, що дозволяє підвищити продуктивність виробництва у 2-3 рази, зменшити витрати електроенергії шляхом зменшення часу диспергування пігментів у концентрованих пастах з низькою в'язкістю та підвищити якість готового продукту внаслідок покращення дисперсності композиційних матеріалів. У відповідності до розроблених рекомендацій виготовлені зразки лакофарбових матеріалів та покриттів.

За даними прискорених кліматичних випробувань акрилуалкідні а акрилуретанові ґрунт-емалі в умовах помірного та холодного клімату зберігають захисні властивості на протязі 8 – 10 років, а в умовах тропічного клімату – 3-х років.

В результаті випробувань встановлено, що стійкість покриттів до статичної дії води становить 120 годин, розчину луґу 96 годин, бензину 72 години.

Встановлені фізико-механічні властивості гібридних композиційних акрилуалкідних та акрилуретанових матеріалів та покриттів: колір покриття повинен бути у межах припустимих відхилень від еталонних зразків кольору; зовнішній вигляд покриття встановлюється після висихання, плівка повинна бути однорідною, без механічних включень; умовна в'язкість за вискозиметром ВЗ-246 з діаметром сопла 4мм при температурі (20±0,5)°С, с, в межах 50-110 для ґрунт-емалей, 50-90 для емалей та 50-120 для ґрунтівкоок; масова частка нелетких речовин %, в межах 59±4 для ґрунт-емалей, 58±4 для емалей та 62±2 для ґрунтівкоок; ступінь перетиру, мкм, не більше 50 для ґрунт-емалей, 20 для емалей та 50 для ґрунтівкоок; укривність в перерахунку на суху плівку г/м<sup>2</sup>, не більше 100 для ґрунт-емалей, 100 для емалей та не регламентується для ґрунтівкоок; час висихання при температурі (20±2)°С, год, не більше 1.5 годин для ґрунт-емалей, 6 годин для емалей та 4 години для ґрунтівкоок; твердість плівки по маятниковому приладу М-3, умовні одиниці, не менше 0.1 для ґрунт-емалей, 0.4 для емалей та 0.1 для ґрунтівкоок; по приладу ТМЛ (маятник Б), умовні одиниці, не менше 0.05 для ґрунт-емалей, 0.2 для емалей та 0.05 для ґрунтівкоок; міцність

плівки при ударі по приладу типу У-1, см, не менше 50 для ґрунт-емалей, 50 для емалей та 50 для ґрунтівок; еластичність плівки при згинанні, мм, не більше 1 для ґрунт-емалей, 3 для емалей та 3 для ґрунтівок; адгезія методом решітчастих надрізів, бали, не більше 1 для ґрунт-емалей, 1 для емалей та 1 для ґрунтівок;

Сформульовані рекомендації стосовно застосування отриманих матеріалів для фарбування пересувного складу залізничного та наземного міського транспорту, вагонів метрополітену, сільськогосподарської техніки, коли від матеріалів та покриттів окрім атмосферостійкості вимагається висока твердість, зносостійкість до дії миючих засобів, палива, мінеральних мастил, розчинів солей, кислих та лужних середовищ.

## **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ НАНОКОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ МОНТМОРИЛОНІТУ**

*Погуляйко Е.В.*

*Науковий керівник – Гуріна Г.І., канд. хім. наук, доцент*

Актуальною задачею сучасної технології полімерних композиційних матеріалів є розширення асортименту нових екологічно безпечних, ефективних протикорозійних матеріалів з використанням пігментів, що не містять хроматів цинку, стронцію, кальцію, основних хроматів свинцю, які заборонені для виробництва та використання нормативними документами Європейського парламенту.

Встановлена можливість одержання наноконпозиційних матеріалів на основі основного мінералу бентонітових глин – монтморилоніту. Бентонітові глини Григорівського родовища застосовані для одержання наповнювачів для лакофарбових матеріалів шляхом вибілювання бентоніту; перспективних протикорозійних пігментів внаслідок впровадження фосфатовмісних інтеркалянтів у міжшарові галереї шаруватої матриці монтморилоніту; функціональних органомодифікованих бентонітів як реологічних тиксотропних добавок до лакофарбових матеріалів.

Синтез протикорозійного пігменту здійснено шляхом модифікації бентоніту фосфатовмісними розчинами внаслідок паралельно перебігаючих процесів осадження фосфатів заліза, інтеркаляції у міжшарові проміжки монтморилоніту продуктів осадження та їх нейтралізації амінами різної природи. Нейтралізацію здійснювали аміачною водою, розчинами гексаметилендіаміну та поліетиленполіаміну до рН=5.5-8.

Досліджені процеси інтеркаляції монтморилоніту фосфатмодифікуючими розчинами методами спектроскопії у видимій області спе-

ктуру у діапазоні 400-720 нм, інфрачервоної спектроскопії за змінами положення смуг поглинання  $\nu(\text{SiO})$ ,  $\nu(\text{OH})$ ,  $\nu(\text{NH})$ .

Методом рентгенофазового аналізу вивчено процес інтеркаляції та зафіксовано збільшення величини міжшарових відстаней або параметру «с» кристалічної матриці монтморилоніта, що є свідченням перебігання процесу інтеркаляції.

Проведений аналіз хімічного складу пігментів та визначені їх брутто формули. Вміст азоту визначали методом Кьельдаля, вміст заліза – перманганатометричним методом. Встановлена форма часток пігменту за допомогою методу електронної мікроскопії та показано, що первинні частки пігментів мають пластинчасту форму.

Визначені технічні характеристики синтезованих пігментів: маслоємкість, рН водної витяжки, вміст водорозчинних речовин, укривісткість.

Здійснено покращення властивостей залізофосфатмодифікованих бентонітів шляхом механохвильової обробки систем бентоніт-фосфатмодифікуючі домішки-вода на ультразвуковому диспергаторі внаслідок ексfolіації бентоніту, що супроводжує інтеркаляцію у неорганічну матрицю шаруватої структури.

Синтез протикорозійних пігментів здійснено шляхом модифікації бентоніту фосфатовмісними розчинами та осадження фосфатів заліза, а також інтеркаляції у міжшарові проміжки монтморилоніту барвників малахітового зеленого та родаміну з їх спиртових розчинів. Встановлено відсутність водорозчинних речовин у пігментах зеленого та фіолетового кольору та рН водної витяжки пігментів, що дорівнювала 8-9. Для покращення укривістості пігментів методом механо-хімічної модифікації одержані суміші синтезованих пігментів з червоним залізо оксидним та фталоціаніновим зеленим пігментами. Кількість пігментів для сумішей була обмежена економічною доцільністю.

Одержані пігментовані протикорозійні гліфталеві та пентафталеві матеріали з підвищеними протикорозійними властивостями.

Досліджено процес інтеркаляції четвертинних солей амоніаку: алкіл-бензил-диметиламоній хлориду, диметил ди-н-октадецил-амоній хлориду, (9-2карбоксіфеніл)-6-диетиламіно-3-ксантеніліден) диетиламоній хлориду, тетраетил-4,4-діамінотрифенілметан хлориду з метою одержання наповнювачів та пігментів – модифікаторів реології для стабілізації пігментних дисперсій.

Встановлені технічні характеристики синтезованих пігментів: маслоємкість, укривісткість.

Виміряні індекси тиксотропії для пігментованих систем на основі розчинів пентафталевих та гліфталевих алкідних олігомерів та розроблені рекомендації по застосуванню синтезованих пігментів для проти-

корозійних емалей, ґрунт-емалей та ґрунтівок з ізолюючим та проти-корозійним механізмом захисту металевих поверхонь від корозії.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛЬОВОШПАТОВОЇ СИРОВИНИ УКРАЇНИ ТА ЇЇ СПОСОБИ ЗБАГАЧУВАНОСТІ**

*Калиновська А.В.*

*Науковий керівник – Саввова О.В., д-р техн. наук, професор*

Одним із вагомих чинників подолання кризового становища в економіці України є належне забезпечення потреб економіки в мінерально-сировинних ресурсах та ефективне їх використання. Це визначається Загальнодержавною програмою розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року. На території України в межах Українського кристалічного щита широко розвинуті польовошпатові породи архей-протерозою. Пегматити 33 полів локалізації тяжіють до масивів гранітів різних комплексів, де утворюють скупчення переважно жильних тіл середньою потужністю 3–8 метрів, часто диференційованої будови. Блокова і пегматитова зони цих жил становлять промисловий інтерес як польовошпатова сировина.

Створений мінерально-сировинний комплекс протягом багатьох років не забезпечує потреби промисловості України в польовошпатовій сировині, тому щороку завозилося приблизно 300 тис. тонн польовошпатового концентрату з рідкісноземельних родовищ Карелії та Узбекистану. Родовища, що розробляються в Україні, поставляють сировину низької якості. Для розв'язання проблеми польовошпатової сировини необхідно виконати роботи з технології збагачення лужних каолінів, а також провести пошук і розвідку нових родовищ високоякісної польовошпатової сировини.

У цьому напрямі передбачаються:

- прогнозна оцінка сировини на родовищах пегматиту, що розробляються, - Балка Великого Табору у Приазов'ї та родовищ лужних каолінів - Проснянівське у Дніпропетровській області та Дібровське в Житомирській області;
- впровадження вітчизняних технологій збагачення лужних каолінів;
- проведення пошуків і пошуково-оцінювальних робіт у перспективних районах.

Динамічний розвиток гірничодобувної промисловості і будується на основі численних бізнес-процесів спрямованих, зокрема, на видобування мінеральної сировини для будівельної індустрії. Серед вітчизняних видобувників ТОВ «Майдан-вильський кар'єр» (Україна, Хмельницька обл.) – найбільший постачальник польового шпату на тери-



торії Східної Європи. Загальні запаси родовища оцінюються в більш ніж 19 млн. т польового шпату. Компанія займає 3 % світового ринку польового шпату і продовжує нарощувати свої позиції. Сьогодні на підприємстві встановлені єдині в Україні високотехнологічні виробничі системи шведської компанії SANDVIK – світового лідера в галузі обладнання для гірничо-видобувних компаній. Системи призначені для очищення та подрібнення польового шпату до фракції 1–5 мм. Крім того, в кар'єрі встановлений комплекс магнітної сепарації компанії ASKA – світового виробника обладнання для збагачення польового шпату. Аналогічне обладнання використовується на найбільших кар'єрах з виробництва польового шпату в Туреччині.

Трибоелектричні барабанні сепаратори застосовуються для розділення польових шпатів і кварцу та призначені для розділення корисних копалин, що складаються з суміші зерен діелектриків і напівпровідників, які здатні при електризації тертям одержувати різнойменні заряди. Крупність матеріалу, який перероблюється в трибоелектричних сепараторах складає 0,1–1,7 мм. Такі сепаратори можуть бути використані й для розділення за електропровідністю, але для цієї мети вони практично не використовуються, тому що коронні сепаратори для цього більш ефективні.

При збагачуваності кварц-польовошпатової сировини (КПШС) України важливим є визначення можливості зниження кількості залізовмісних домішок з використанням електромагнітної сепарації як найбільш доступного і простого для реалізації методу збагачення. Така технологія дозволяє не лише видаляти темнозабарвлені залізовмісні домішки, які погіршують якість КПШС, але й отримувати продукти із заданим мінеральним складом. Первинна переробка кварц-польовошпатових порід передбачає усереднення, ручну рудорозборку, подрібнення і класифікацію матеріалу за крупністю та наступну магнітну сепарацію для видалення магнітних домішок. Технологія збагачення включає дроблення та тонке подрібнення КПШМ, повітряну сепарацію для видалення домішок легких фракцій (мусковіт), класифікацію за крупністю, електричну сепарацію для одночасного видалення вільного кварцу та регулювання калієвого модуля продукту збагачення, а також магнітну сепарацію з сильним полем, яке характеризується щільністю магнітного потоку  $B \sim 1,4 \text{ Т}$ , що дозволяє видаляти слабомагнітні фемічні мінерали (гематит, гетит, біотит тощо).

Продукти збагачення КПШС матеріалів українських родовищ у вигляді польовошпатових і КПШС концентратів, отримані в результаті збагачення, задовольняють вимоги, що висувуються до КПШС сировини у виробництві господарчо-побутової, санітарно-технічної, хімічностійкої та електротехнічної порцеляни.

## **ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ СКАФФОЛДІВ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦІЇ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ**

*Байрамов Емін Салех Огли*

*Науковий керівник – Саввова О.В., д-р техн. наук, професор*

Лікування дефектів кісткових тканин, отриманих в наслідок механічних травм, вроджених аномалій або хірургічних втручань, продовжує залишатися актуальною медичною та соціальною проблемою. В даний час дана проблема вирішується виробництвом індивідуальних імплантатів з додаванням біоактивних речовин на основі скаффолдів (каркасних структур) з синтетичних біорезорбуючих матеріалів, які заселяються аутологічними стовбуровими клітинами пацієнта, внаслідок чого з великою точністю за структурними і біомеханічними особливостями відповідають ушкодженій ділянці, а також не мають імунологічного відторгнення.

Скаффолди отримують на основі матеріалів, які широко застосовуються в кістковому протезуванні. Виділяють чотири покоління матеріалів для трансплантації кістки. Кісткові трансплантати першого покоління, метали і сплави, мають відмінні механічні властивості, але не біоактивними і не резорбуються. Тривалість життя цих трансплантатів обмежена, і, отже, їх необхідно видаляти і замінювати хірургічним шляхом. До матеріалів другого покоління відносять біоактивну кераміку і полімери, що розсмоктуються. Полімерні скаффолди не мають достатньої біологічної активності і необхідних механічних властивостей, в той час як керамічні скаффолди на основі фосфатів кальцію крихкі, тому їх можна було використовувати при великих навантаженнях, на основі тугоплавких оксидів – є біоінертними. Трансплантати третього покоління представлені композитними скаффолдами, які поєднують в собі міцність, жорсткість остеокондуктивних кераміки з гнучкістю і здатністю до резорбції полімерів. Трансплантати четвертого покоління представляють собою полімер-керамічні композитні скаффолди з включенням остеогенних клітин, чинників росту або кісткових морфогенетичних білків окремо або разом.

Виробництво сучасних біокомпозитних скаффолдів являє собою складний процес, що враховує багато критеріїв – біосумісність і низьку імуногенність, механічну міцність, контрольовану біорезорбцію, остеокондуктивні, остеоіндуктивні, певні поверхневі властивості, пористість і особливо васкуляризацію.

Найбільш перспективною процедурою лікування таких дефектів є 3D-друк каркасів завдяки її здатності виготовляти індивідуальні кар-

каси із заданою геометрією, контрольованими хімічними і механічними характеристиками. Для вирощування кісткових тканин використовують міцні синтетичні полімери типу Polycaprolactone (PCL) і природні мінерали, такі як hydroxyapatite (HA). Вони мають високу біосумісність, високі механічні властивості, регульовану біодеградацію і легко адаптуються до 3D-друку. Зокрема, гідроксиапатит (HA) успішно використовується при друку протезів суглобів та зубних імплантатів завдяки їх високій біоактивності, що забезпечує успішну остеоінтеграцію.

Чорнило з кераміки для друку можна умовно розділити на три групи:

- на основі фосфатів кальцію,
- на основі силікатів кальцію,
- на основі біоактивного скла (наприклад, боросилікатне скло),
- на основі біоактивної склокераміки.

Біоактивна склокераміка представляє особливу цінність завдяки одночасному забезпеченню високих міцносних властивостей та здатності до резорбції

Для моделювання кісти на основі 3D-друку в даний час успішно використовуються такі полімерно-мінеральні композити, як PCL (полімолочна кислота)-TCP (трикальційфосфат),-PLGA (полі молочно-гліколева кислота)-TCP-HA, PCL-PLGA-TCP, PLGA-PCL, желатин з HA.

На сьогодні піонер і світовий лідер в області 3D-друку кераміки 3DCeram (Франція). використовує технологію 3D-друку SLA більш ніж на 10 років для виготовлення на замовлення кісткових імплантатів (міжпозвоноквої кейджи та остеомічні-берцові кліні), а також черепні імплантати. Відомий Український стартап Kwambio, який виробляє 3D-принтери, спільно з фондом WeFund Ventures представив проєкт з друку людських кісток та органів Adam. Спеціально для проєкту розроблені нові матеріали. Одним з них є модифікований біополімер на основі полікапролактону з добавкою гідроксиапатиту, який має високу міцність і біосорбцію. Інший матеріал – керамічне біоскло на основі гідроксиапатиту і боросилікатного скла, яке здатне реагувати з кістковою тканиною для ефективного сполучення з імплантатом і стимулювання остеогенезу. Дефекти кісток людини, які виконують захисні і скелетні функції (кістки черепа, верхньої та нижньої щелеп), можна протезувати за допомогою біоактивних склокристалічних імплантатів, а модифікований біополімер може використовуватися для дефектів трубчастих кісток.

## КИСЛОТНІСТЬ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ

*Кушнарєнко Ю.Л.*

*Науковий керівник – Панайотова Т.Д., канд. хім. наук, доцент*

Кислотні дощі виникають внаслідок порушення кругообігу речовин між атмосферою, гідросферою і літосферою. Реакція природного водного середовища в природних умовах змінюється в широкому діапазоні значень рН, причому показники реакції середовища є найважливішими класифікаційними ознаками природних вод. Ступінь кислотності атмосферних опадів також змінюється в широкому діапазоні від слаболужних і нейтральних (рН 9,8–7) до кислих (рН 6–4,5) і дуже кислих (рН <4,5).

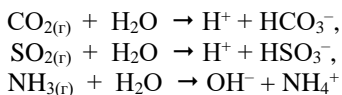
Основною причиною кислотних дощів є забруднення атмосфери газоподібними викидами, які в процесі атмосферної циркуляції зазнають фізико-хімічні перетворення і випадають на поверхню землі у вигляді кислотних опадів. В даний час відомо, що кислоти можуть випадати з атмосфери і без води самі по собі або з частинками пилу. Такі сухі кислотні відкладення можуть накопичуватися на поверхні рослин і при змочуванні невеликою кількістю вологи, наприклад при випаданні роси, утворювати більш кислі розчини.

Кислотні дощі гублять ліси, врожаї і рослинність, руйнують будівлі і пам'ятники культури, трубопроводи, виводять з ладу автомобілі, знижують родючість ґрунту і можуть призводити до проникнення токсичних металів у водоносні шари ґрунту. Випадання кислотних дощів стало в даний час широко поширеним явищем, що призводить до негативних екологічних змін на території цілих регіонів. Атмосферні опади можуть випадати у вигляді дощу, снігу, туману, роси, в яких присутня вода, що є прекрасним розчинником багатьох домішок. Основною причиною утворення кислотних опадів є сульфур(IV) оксид і оксиди Нітрогену, які надходять в навколишнє середовище в основному у вигляді промислових викидів. Сірчистий газ утворюється і викидається в атмосферу при спалюванні вугілля, нафти, мазуту, а також при видобутку кольорових металів з сірчистих руд. Оксиди Нітрогену утворюються при взаємодії азоту з киснем повітря при високих температурах головним чином в двигунах внутрішнього згорання, котельних установках та інших паливовикористовуючих агрегатах.

Згідно з даними про загальні обсяги викидів в атмосферу  $\text{SO}_2$  і оксидів Нітрогену, кислотні опади пов'язані в першу чергу з роботою вугільних електростанцій і промислових підприємств. Вода звичайного дощу теж є слабкокислим розчином. Це обумовлено тим, що приро-

дні речовини атмосфери, такі як Карбон(IV) оксид, вступають в реакцію з дощовою водою. При цьому утворюється слабка карбонатна кислота. Тоді як в ідеалі рН дощової води дорівнює 5,6–5,7, в реальному житті показник кислотності дощової води в одній місцевості може відрізнятись від показника кислотності дощової води в іншій місцевості. Це перш за все залежить від складу газів, що містяться в атмосфері. До складу атмосферних опадів входять такі аніони і катіони, як  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ , співвідношення яких визначає рН опадів, тобто їх кислотність. Терміном «кислотні дощі» називають всі види метеорологічних опадів, рН яких менше, ніж середнє значення рН дощової води (рН = 5,6 – відправна точка при розгляді кислотно-основних властивостей природних водних середовищ, що межують з атмосферним повітрям). Оподи, які мають показник рН нижче 5,6, відносяться до кислотних.

Процеси розчинення в дощовій воді таких домішок як карбон(IV) оксид, сульфур(IV) оксид і аміак, що містяться в атмосфері повітря, можна представити наступними брутто-рівняннями:



Для цих процесів були розраховані концентрації іонів Гідрогену і гідроксид-іонів при нормальному атмосферному тиску і температурі 25<sup>0</sup> С. Проведено розрахунок очікуваного значення рН в дощовій воді, яка знаходиться в рівновазі з атмосферним повітрям, що містить в якості домішок тільки карбон(IV) оксид, а так само проведена оцінка значень рН в дощовій воді, яка знаходиться в рівновазі з атмосферним повітрям, що містить карбон(IV) оксид, сульфур(IV) оксид та аміак. Оцінений внесок (%), який вносять ці домішки в процес закислення дощової води.

## **ПРОЦЕСИ ПЕРЕТВОРЕННЯ І РОЗПОДІЛУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ**

*Гримашевич А.М.*

*Науковий керівник – Панайотова Т.Д., канд. хім. наук, доцент*

Термін важкі метали, що характеризує широку групу елементів, отримав останнім часом значного поширення. В якості критеріїв приналежності використовуються численні характеристики: атомна маса, густина, токсичність, поширеність в природному середовищі, ступінь залученості в природні і технологічні цикли. В ряду важких металів

одні вкрай необхідні для життєзабезпечення людини і інших живих організмів і відносяться до так званих біогенних елементів; інші викликають протилежний ефект і, потрапляючи в живий організм, призводять до його отруєння або загибелі. Фахівцями з охорони навколишнього середовища серед металів-токсикантів виділена пріоритетна група. До неї входять кадмій, мідь, миш'як, нікель, ртуть, свинець, цинк і хром, як найбільш небезпечні для здоров'я людини і тварин.

Іони металів є неодмінними компонентами природних водойм. Залежно від умов середовища (рН, окисно-відновний потенціал, наявність лігандів) вони існують у різних ступенях окислення і входять до складу різноманітних неорганічних і металоорганічних сполук, які можуть бути істинно розчиненими, колоїдно-дисперсними або входити до складу мінеральних і органічних суспензій

Крім акумулювання металів за рахунок адсорбції та подальшої седиментації в поверхневих водах відбуваються інші процеси. Найбільш важливий з них полягає в зв'язуванні іонів металів у водному середовищі розчиненими органічними речовинами. Прийнято вважати, що найбільш токсичними є гідратовані іони металів, а пов'язані в комплекси небезпечні меншою мірою або майже нешкідливі. Спеціальні дослідження показали, що між загальною концентрацією металів-токсикантів в природних поверхневих водах і їх токсичністю немає однозначної залежності.

Важкі метали, що потрапили у воду, піддаються ряду перетворень під впливом численних факторів. У гідросфері можуть спостерігатися такі процеси: фізичні (механічне перемішування, осадження, адсорбція і десорбція); хімічні (дисоціація, гідроліз, комплексоутворення, окислювально-відновні реакції); біологічні (поглинання живими організмами, руйнування і перетворення за участю ферментів); геологічні (накопичення в донних осадах і породоутворення).

Гідроліз є одним з найбільш важливих процесів, що визначає форми знаходження металу в природних водах. Багато сполук металів гідролізуючись можуть утворювати нерозчинні гідроксиди в інтервалі рН природних вод. Знаючи значення рН, при якому відбувається осадження того чи іншого металу з водних розчинів у вигляді гідроксиду, можна прогнозувати тенденцію його поведінки при попаданні в водну екосистему.

Якщо гідроліз призводить до утворення малорозчинних сполук – гідроксидів металів і їх основних солей, то комплексоутворення навпаки – до зв'язування іонів металу в розчинні сполуки. Основними неорганічними комплексоутворювачами важких металів у поверхневих водах є іони  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  і  $\text{Cl}^-$ , а також  $\text{F}^-$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SCN}^-$ , що зустріча-

ються в стоках. З органічних комплексоутворювачів металів виділяють ароматичні і амінокислоти, які входять до складу розчинних органічних речовин природного походження.

Ступінь токсичності важких металів знаходиться в прямій залежності від міцності зв'язування їх в комплекси, що характеризується величиною константи стійкості: чим більше значення константи стійкості комплексної сполуки, тим нижче токсичність досліджуваного металу.

У незабруднених, слабомінералізованих природних водах розчиненими формами металів є:  $Me_{aq}^{n+}$ ,  $MeL$  (де лігандом  $L$  є розчинена органічна речовина), гідроксокомплекси. При цьому, на кількісне співвідношення форм металу вирішальне значення має рН середовища і концентрація розчинених органічних речовин.

## **АМІНОДІОЦТОВА КИСЛОТА ЯК КОРИСНИЙ ЛІГАНД У ВИРОБНИЦТВІ СОРБЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Шаповал В.М.**

*Науковий керівник – Зайцева І.С., канд. хім. наук, доцент*

Швидкий розвиток виробництва породжує низку техногенних проблем. Однією з таких проблем є необхідність очистки стічних вод промислових підприємств від домішок важких металів. В епоху розвитку ядерної енергетики все більше стає актуальною необхідність економічного та ефективного видалення радіонуклідів зі стічних вод атомних електростанцій. Методи вирішення даної проблеми, що використовують: екстракція, осадження і т.і., не мають достатньої економічної ефективності, тому що важкі метали в стічних водах присутні в надзвичайно низьких концентраціях і виникає потреба в дорогому концентруванні, яке супроводжується значною кількістю супутніх відходів, які також потребують утилізації.

Найсучаснішим методом очистки стічних вод від важких металів є використання йонообмінних смол – полімерів, що містять функціональні групи, здатні ефективно зв'язувати потрібні катіони, і не переходять в розчин. Дані матеріали складаються з полімерної основи з прищепленою на неї функціональною групою, здатною до реакції комплексоутворення з катіоном металу.

Значна кількість найсучасніших методів очистки стічних вод від важких металів ґрунтуються на сорбції катіонів синтетичними або напівсинтетичними полімерними матеріалами, які містять хімічно активні функціональні групи, що здатні утворювати з катіонами важких металів міцні комплексні сполуки. Розробка функціональних матеріалів з такими властивостями – це та галузь матеріалознавства, яка швидко

розвивається в наш час. Одержано велику кількість хелатоутворюючих смол на основі штучних (полістирол і його сополімери, поліакрилати) й природних (хітозан) полімерів, що містять хелатуючі групи різної природи, які дають можливість селективно регулювати процеси сорбції різних катіонів.

Серед таких функціональних груп присутні, зокрема, залишки амінодіоцтової кислоти (аналога ЕДТА), гідроксипіноліну, дитизону та інших поширених комплексоутворювачів (рис. 1).

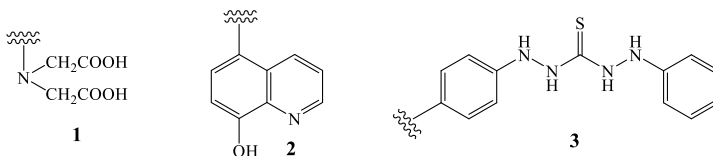


Рисунок 1 – Хелатуючі функціональні групи:  
1 – залишок амінодіоцтової кислоти; 2 – залишок гідроксипіноліну;  
3 – залишок дитизону

З великої кількості різноманітних функціональних груп, які використано у розробці полімерних комплексоутворювачів, фрагмент амінодіоцтової кислоти є одним з найбільш простих. Матеріали на її основі – так звані Chelex 100 та Chelex 20 від Bio-Rad Laboratories, Inc. є поширеним засобом для очистки речовин за допомогою йонного обміну. Таким чином, амінодіоцтова кислота є досить простою модельною сполукою для теоретичного вивчення рівноваги комплексоутворення.

При цьому однією з центральних проблем є забезпечення селективності екстракції конкретного катіона йонообмінною смолою.

Дана робота є частиною досліджень із розробки подібних матеріалів, і присвячена теоретичному дослідженню ефективності комплексоутворення амінодіоцтової кислоти з важкими металами. Дсліджено можливість теоретичної оцінки селективності комплексоутворення амінодіоцтової кислоти з металами на основі квантовохімічних розрахунків енергій відповідних комплексних сполук. Виявлено тенденцію до кореляції між розрахованими енергіями комплексоутворення у ряді комплексних сполук та експериментальними даними з селективності екстракції катіонів полімерним матеріалом на основі амінодіоцтової кислоти.

## **КРАУН-ЕФІРИ ЯК КОМПЛЕКСОУТВОРЮВАЧІ ДЛЯ ЕКСТРАКЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ**

*Максаков А.Д.*

*Науковий керівник – Зайцева І.С., канд. хім. наук, доцент*



Краун-ефіри є представниками величезного класу сполук, молекули котрих мають циклічну форму й здатні утворювати комплекси з йонами металів в ряді випадків з високим ступенем селективності, завдяки чому їх використовують в аналітичній хімії (хроматографічне розділення), в органічному синтезі, при моделюванні процесів у ферментах, вивченні трансмембранного переносу йонів (створення синтетичних йонофорів), в процесах молекулярного розпізнавання як синтетичні рецептори (розробка хемосенсорів). Відомо, що такі сполуки є досить токсичними, тому їх використання для промислової очистки стічних вод вимагає особливих заходів, зокрема, одним з напрямків створення нових функціональних матеріалів для очистки стічних вод є розробка йонообмінних смол на основі природних або синтетичних полімерів з прищепленими фрагментами краун-ефіру на поверхні полімеру, що дає можливість ефективно очищувати стічні води від важких металів й не вносити додаткових забруднень.

Незважаючи на велику кількість даних з комплексоутворення за участю краун-ефірів, при створенні функціональних матеріалів на їх основі основною проблемою є забезпечення достатнього рівня селективності комплексоутворення. Одним з найбільш вдалих підходів, які описано в літературі, до розв'язання даної проблеми є вивчення ряду похідних краун-ефірів, молекули яких містять деяку структурну різницю, що впливає на розмір порожнини й, відповідно, на енергію комплексоутворення.

Дана робота є частиною досліджень із розробки подібних матеріалів, і присвячена теоретичному дослідженню ефективності комплексоутворення заміщених 18-краун-6 ефірів в якості функціональної групи з катіонами металів з різними ван-дер-ваальсовими радіусами методами квантової хімії.

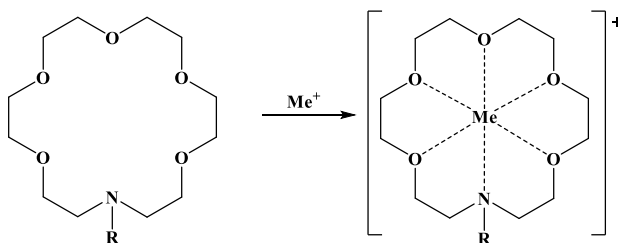


Рисунок 1 – Схема процесу комплексоутворення заміщених аза-18-краун-6 ефірів з катіонами металів

Методами квантової хімії досліджено вплив замісника на просторову будову аза-18-краун-6-ефіру й на енергію комплексоутворення. Виявлено, що збільшення стеричної навантаженості спричиняє якісну

зміну конформації макроциклу. Встановлено, що збільшення об'єму замісника у аза-18-краун-6-ефірі призводить до більш ефективного комплексоутворення з атомами, що мають менший ван-дер ваальсовий радіус, що надає можливість регулювати селективність комплексоутворення.

## НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ НАНОТЕХНОЛОГІЙ. АНТРОПОМОРФНІ МОЛЕКУЛИ

**Коробкіна О.Ю.**

*Науковий керівник – Зайцева І.С., канд. хім. наук, доцент*

У сучасному світі нанотехнології – створення матеріалів з винятковими, наперед заданими властивостями шляхом оперування окремими молекулами розвиваються в усіх сферах діяльності людини: медицина та нанобіотехнології, електроніка, енеогетика, екологія і т.і.

Речовина може мати зовсім нові властивості, якщо взяти дуже маленьку частинку цієї речовини. Так, наприклад, виявилось, що наночастинки деяких матеріалів, мають дуже добрі каталітичні і **адсорбційні** властивості. Інші матеріали показують дивовижні **оптичні** якості, наприклад, надтонкі плівки **органічних матеріалів** застосовують для виробництва **сонячних батарей**. Вдається домогтися взаємодії штучних наночастинок з природними нанорозмірними об'єктами — білками, **нуклеїновими кислотами** й іншими. Ретельно очищені наночастинки можуть самоорганізуватися у певні структури. Така структура містить суворо впорядковані наночастинки і також, часто проявляє незвичайні властивості.

У 2003 році вченими-хіміками з Техасу були синтезовані молекули, розміром 2 нм, що нагадували силует людини – антропоморфні молекули. Автори за аналогією з ліліпутами Джонатана Свіфта назвали новий клас хімічних сполук нанопутами (Nanoputians) (рис. 1).

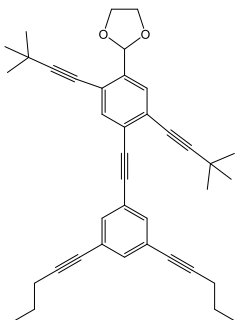


Рисунок 1 – 2-(4-{2-[3,5-біс(пент-1-ин-1-іл)]феніл}етиніл)-

В даній роботі методами квантової хімії були досліджені конформації подібних молекул та можливість теоретичної оцінки їх агрегації.

## **ВПЛИВ ЗАГАЛЬНОЇ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ НА ЯКІСТЬ ПИТНОЇ ВОДИ**

*Єфімова А.В.*

*Науковий керівник – Воронов Г.К., канд. техн. наук, доцент*

Метою розвитку кожного міста є забезпечення безпеки життєдіяльності та здоров'я його жителів, що формуються завдяки взаємодії різних факторів: екологічних, економічних, соціальних та інших. Формування безпечного середовища існування відбувається за рахунок якісного, чистого навколишнього середовища, одним з елементів якого є вода.

У середньому людському організму на добу необхідно отримувати 30 мл води на кілограм нормальної маси тіла. При цьому слід враховувати всі рідини, які вживає людина. Тобто за добу необхідно вживати 2–2,5 л рідини, з яких 1–1,5 л – чиста питна вода. Проте не слід забувати, що кількість рідини, необхідної організму людини, визначається багатьма чинниками. До того ж питна вода має бути питною і чистою – тобто без домішок, консервантів, антибіотиків та інших шкідливих для здоров'я речовин. Також слід враховувати вміст різноманітних природних та антропогенних речовин та домішок, що входять до складу вживаної питною води.

Що ж таке питна вода? Питна вода – це вода, призначена для щоденного безпечного вжитку, та якість якої контролюється рядом вимог, в тому числі – рекомендаціями ВОЗ. Чиста питна вода містить у своєму складі Ca, Mg, Na, F, Cu, Zn. Вона сприяє швидкому очищенню організму від різноманітних шкідливих речовин.

Якість води формується рядом чинників: кількість розчиненого кисню, наявністю певних мікроорганізмів, кількістю різних хімічних елементів у її складі. Одним з важливих чинників формування якості води є мінералізація загальна.

Загальна мінералізація – це показник загального вмісту розчинених іонів та солей у воді. Мінералізація води зумовлена насамперед природними чинниками (геологічними умовами, рівнем розчинності мінералів порід). Найбільший вплив на формування мінералізації води мають 7 основних аніонів та катіонів (іонів): аніони –  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ; катіони –  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mn}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ . Вимірюється мінералізація у наступних одиницях:  $\text{мг/дм}^3$ ,  $\text{г/дм}^3$ , ppm.

Межа мінералізації питної води була свого часу встановлена за органолептичеському ознакою. Води з великим вмістом солей мають солонуватий або гіркуватий смак. Як правило, нормальним смак води вважається при загальній мінералізації до  $600 \text{ мг/дм}^3$ , при солевмісті більш  $1000\text{--}1200 \text{ мг/дм}^3$  вода може викликати нарікання у споживачів. У зв'язку з цим ВОЗ за органолептичними показниками рекомендує межа загальної мінералізації в  $1000 \text{ мг/дм}^3$ . Даний рівень може змінюватися в залежності від сформованих звичок і місцевих умов.

Наближеним до мінералізації води є «сухий залишок» – маса речовин, отримана після випарювання фільтрованої води з подальшим висушуванням осаду за  $105^\circ\text{C}$  до постійної маси; виражається в мг/л. Використовується для контролю якості води для водопостачання.

Згідно з Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) мінералізація питної води та джерел господарсько-питного водопостачання України не має бути більша за  $1000 \text{ мг/л}$ . Проте, через дефіцит прісної води, у деяких регіонах, за погодження з головним санітарним лікарем, може досягати  $1500 \text{ мг/дм}^3$ . Наприклад, мінералізація Дніпра та Десни, які є основними джерелами водопостачання м. Києва, становить  $300\text{--}350 \text{ мг/дм}^3$ , а підземних вод –  $500 \text{ мг/дм}^3$ . А у США, наприклад, верхня межа мінералізації прісних вод лише  $500 \text{ мг/дм}^3$ . Експериментально доведено, що нижньою межею мінералізації, при якому гомеостаз організму підтримується адаптивними реакціями, є сухий залишок в  $100 \text{ мг/дм}^3$ , оптимальний рівень мінералізації питної води знаходиться в діапазоні  $200\text{--}400 \text{ мг/дм}^3$ . При цьому мінімальний вміст кальцію повинно бути не менше  $25 \text{ мг/дм}^3$ , магнію –  $10 \text{ мг/дм}^3$ .

Від рівня мінералізації залежить не тільки смак води, її вплив на організм людини та прилади водопостачання та водоспоживання. Наприклад, якщо мінералізація висока, то й жорсткість також висока. В такому разі слід знизити рівень мінералізації та солей жорсткості через зворотній осмос та йонообмінний фільтр. Також слід пам'ятати, що через високу мінералізацію псується прилади та трубопровід, які контактують з водою. Це виражено у вигляді утворення накипу. Також висока мінералізація значно пошкоджує речі, посуд, негативно впливає на організм людини. В той же час лише за аналізом загальної мінералізації не можна судити чи придатна питна вода для споживання, чи ні. Саме тому нормативи ВОЗ несуть рекомендаційний характер. Для оцінки якості води необхідно визначити концентрацію кожної речовини, що в ній міститься, та порівняти ці данні з ГДК вказаних речовин.

Таким чином у сучасних умовах проблема забезпечення населення доброякісною водою стає все більш актуальною. Це викликано не тільки дефіцитом питної води, але і інтенсивним хімічним і мікробіологічним забрудненням джерел питного водопостачання.

## **ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ АНТИБАКТЕРІАЛЬНОЇ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ**

**Козієва А.В.**

*Науковий керівник – Смирнова Ю.О., канд. техн. наук, ст. викладач*

Мікробіологічне забруднення помешкання відіграє важливу роль при розподілі та передачі інфекційних захворювань, у тому числі госпітальних інфекцій. Нераціональне використання дезінфікуючих засобів часто призводить до появи стійких штамів мікроорганізмів в організації здорової людини.

Для будівельних матеріалів, що застосовуються для внутрішнього облицювання, передбачені особливі вимоги до санітарно-епідеміологічного режиму, який передбачає виключення стимулювання росту і розвиток мікрофлори, в тому числі патогенної, і стійкість до власної дезінфекції. Використання для внутрішнього облицювання будівельних матеріалів із заданими антимікробними властивостями дозволяє забезпечити мінімальний рівень рівня контактів з патогенними та умовно-патогенними мікроорганізмами.

В даний час багато виробників облицювальних матеріалів включають свій асортимент керамічну плитку при розробці якої реалізується технологія антибактеріальної захисту. Компанією *AGROB* розроблено надійне керамічне покриття, яке проявляє активний опір токсичним речовинам у повітрі, та має антибактеріальні властивості. Антибактеріальні властивості італійської плитки компанії *VipKlinker* роблять її незамінною в лікарнях та медичних навчальних закладах. Німецька компанія *Zahna Fliesen GmbH* пропонує високоякісні та естетичні керамічні плитки *Silverzanit* з антибактеріальною поливою. Антибактеріальна кераміка *Silverzanit* активно запобігає забрудненню, знижує ризик мікробного забруднення для всього навколишнього середовища. Антибактеріальна кераміка *Silverzanit* запобігає розвитку штамів мікроорганізмів: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans* та *Pseudomonas aeruginosa* із гарантованою надійністю 99,9 %.

Забезпечення антибактеріальних властивостей керамічних та скломатеріалів може бути реалізовано шляхом введення бактерицидних агентів до їх складу або нанесення на їх поверхню наноплівки на основі вказаних агентів. Так, японською компанією *Sumitomo Osaka*

Cement Co., Ltd. розроблено антибактеріальну добавку AM15, яка надає антибактеріальну функцію керамічним виробам: сантехніка, плитка, посуд та емаль. Добавка AM15 складається з неорганічної композиції, яка включає сполуки срібла. Срібло проявляє антибактеріальну дію за рахунок «олігодинамічного ефекту». Компанією Biosera розроблено антибактеріальні керамічні порошки на основі фосфатів кальцію, глинозему та кварцу з іонами аргентуму. Продукт має свідоцтво безпеки FDA, як нетоксичний матеріал, характеризується високим антибактеріальним ефектом (99 %) та довготривалістю, оскільки стабілізований при високій температурі. Введення як біоцидних агентів тонкодисперсних мікропорошків MgO, CaO, Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ZnO та SnO<sub>2</sub> до складу цинквмісної поливи забезпечує не тільки необхідні біоцидні властивості в короткочасних умовах експозиції, але і дозволяє суттєво підвищити хімічну стійкість та естетико-декоративні характеристики покриття.

На даний момент існує кілька зарубіжних фірм, що випускають в промислових масштабах скла і керамічну плитку з TiO<sub>2</sub>-покриттям, які самоочищаються – це AFG Industries, Pilkington, PPG Industries, Deutsche Steinzeug Keramik. Компанія Pilkington Inc. представляє своє самоочисне скло під торговою маркою – Pilkington Activ™. Відомі фотокаталітичні покриття фірм NANOPHOS SURFASHIELD, ELCOM.biz, «Технолуч», які використовуються багатьма виробниками для створення антибактеріальних самоочисних скломатеріалів. Фотокаталітично-активні покриття з плівкою на основі AgO – TiO<sub>2</sub> проявляють бактерицидну дію проти *S. Aureus*, *E. Coli* та *B. Cereus*. Дані покриття потенційно корисні для облаштування обладнання та інтер'єру лікарень, завдяки стабільності, надійності, легкості очищення, можливості повторного використання та відмінному антибактеріальному ефекту. Антибактеріальна активність покриттів зі скляними поверхнями може бути досягнута при нанесенні плівок на основі Cu / TiO<sub>2</sub>, Cu / SiO<sub>2</sub> та Ag / SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> / Cu, SiO<sub>2</sub> / Cu та SiO<sub>2</sub> / Ag. Однак, фотокаталітична дія оксидів металів ZnO, SnO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CdO, WO<sub>3</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та TiO<sub>2</sub> обмежується необхідністю опромінення поверхні каталізатора світлом з довжиною світла не менше 390 нм. Дослідження впливу аргентуму на живі організми неоднозначно вказують на наявність для кумулятивного ефекту, який полягає в ускладненому виведенні цього елемента з організму навіть при невеликих концентраціях. Крім цього, агенту виявляє вибірккову активність по відношенню до збудників різних хвороб.

У зв'язку з відсутністю даних про можливість експлуатації керамічної плитки у зонах високого ризику зараження патогенними мікроорганізмами необхідною є розробка ресурсних біоцидних склокомпо-

зиційних покриттів для кераміки з пролонгованою дією з використанням недорогих та екологічно безпечних біоцидів у їх складі.

## **ТЕРМОДИНАМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ НЕФОРМОВАНИХ МАС ЗАПРОЕКТОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Базиль О.В.*

*Науковий керівник – Бражник Д.А., канд. техн. наук*

В Україні за останні роки відбувається змінення мартенівського виробництва сталі конвертерним виробництвом (ПАТ «Алчевський металургійний комбінат», ПАТ «Металургійний комбінат «Азов-сталь») та електросталеплавильним (ПАТ «Інтерпайп» – ПАТ «Дніпросталь»). Природно, зі зміною умов експлуатації теплових агрегатів і вимог до якості металу радикально змінюються вимоги до матеріалів, що використовують: на перший план виходять оксидовуглецеві, високоякісні неформовані матеріали на різних зв'язуючих.

Периклазовуглецеві матеріали за останні роки набули широкого поширення. Їх використання дозволило значно збільшити стійкість футерівки сталерозливних ковшів та інших металургійних агрегатів завдяки їх термічній стійкості та стійкості до руйнівної дії розплавів металів. Структурні зміни в технологічних процесах у споживачів в останні десятиріччя призвели до суттєвих змін вимог до експлуатації металургійних агрегатів. Споживачі в чорній металургії, інтенсифікували пошук нових технічних рішень та звернулись до закордонного досвіду. В результаті за останнє десятиріччя всюди зупинено використання безвипалювальних пеко- та смолозв'язних матеріалів. Тому проведення наукових досліджень у галузі розробки технологічних рішень отримання зв'язуючого на фенолформальдегідній смолі при виробництві периклазовуглецевих матеріалів є доцільним.

У технології одержання неформованих матеріалів процес змішування є ключовою технологічною операцією. Тривале перемішування у виробництві таких мас є обов'язковим для кращого розподілу добавок, що вводять. Спосіб введення вуглецевмісного компонента і антиоксидантної добавки у масу впливає на експлуатаційні властивості периклазовуглецевих вогнетривів.

Метою роботи було розробка якісного антиоксиданту, необхідного у виробництві периклазовуглецевих матеріалів на фенолформальдегідній смолі, а першочерговою задачею стало термодинамічне дослідження формування складів, перспективних для використання у виробництві металургії.

Як антиоксиданти при виробництві периклазовуглецевих виробів застосовують елементи, які мають вищу спорідненість з киснем в умовах служби у порівнянні з вуглецем; такими є Al, Mg та інші метали, в тому числі Ni. Роль добавки зводиться не тільки до участі в процесах, які знижують парціальний тиск кисню, але й до участі у фазоутворенні на поверхні матеріалу, що забезпечує умови формування нових структур з покращеними корозійними характеристиками.

Проведення термодинамічного аналізу субсолідусної будови діаграми стану системи Mg–O–C–Ni дозволило зробити триангуляцію складових її підсистем. Візуально-політермічний аналіз розгляду системи показав, що Ni може термодинамічно співіснувати з вуглецем, CO, CO<sub>2</sub>, NiO, MgO і MgNi<sub>2</sub>. При зменшенні кількості Ni за рахунок утворення NiO стає неможливим його існування з вуглецем, тобто починається взаємодія нікелю з киснем. У зв'язку з неможливістю контролю кількості кисню в умовах служби периклазовуглецевих матеріалів, необхідно здійснювати синтез складів, які обмежені фазами MgO, Ni, NiO, а також Ni, MgNi<sub>2</sub> і MgO. Як антиоксидант в цьому випадку буде ефективним використання Ni або NiO, як прекурсор якого можна застосовувати неорганічні й органічні солі нікелю.

Відомо, що за хімічною активністю сполуки нікелю знаходяться в такій послідовності: NiO•Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> → NiO•Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> → NiSO<sub>4</sub> → 2NiO•SiO<sub>2</sub> → NiO. Відновлення іонів Ni є можливим при використанні хімічних відновників. Змінюючи умови відновлення, можна контролювати вміст нікелю у зразках. Відновником солей нікелю, має бути уротропін, який вводиться в шихту цих вогнетривів при використанні фенолформальдегідної смоли як зв'язуючого. Для покращення технологічних властивостей зв'язуючого на фенолформальдегідній смолі авторами запропоновано використовувати алкоксид кремнію і його похідних. При перетворенні таких модифікаторів утворюється SiC у вигляді наночастинок. SiC. Взаємодія SiC з киснем і газами, які містять кисень, починається при температурі, вищій за 800 °С. На поверхні SiC утворюється захисна плівка кремнезему. Таким чином, виходячи з термодинамічних розрахунків, прогнозується, що при введенні орґано-неорґанічного комплексу, який включає алкоксид кремнію і неорґанічні або орґанічні солі нікелю, в склад периклазовуглецевого матеріалу з антиоксидантом (Al), що зазвичай використовується, створюється комплексний антиоксидант Al + SiC + Ni(NiO), компоненти якого співіснують з периклазом і вуглецем та можуть використовуватися для захисту запроєктованого матеріалу від окиснення.



## ОСОБЛИВОСТІ ОДЕРЖАННЯ ВИСОКОМІЩНИХ СКЛОКЕРАМІЧНИХ ПОКРИТТІВ ПО ТИТАНУ ДЛЯ СТОМАТОЛОГІЇ

*Тюріна О.І.*

*Науковий керівник – Фесенко О.І., канд. техн. наук, асистент*

На сьогодні дентальна імплантологія – одна з найбільш динамічних областей стоматології та медицини, яка розвивається. Сучасна дентальна імплантація дозволяє найбільш адекватно замінювати втрачені зуби, а також зберігати функції повноцінної зубо-щелепної системи.

Найбільшого використання для виготовлення стоматологічних ендопротезів набули біоінертні металеві імплантати. Основною перевагою металевих матеріалів є високі показники фізико-механічних характеристик, еластичність, просте і порівняно неважливе виготовлення та легка оброблюваність, а головними недоліками – незадовільна корозійна стійкість у фізіологічних середовищах та небезпека сенсibiлізації (індукування алергенів).

З технічної та біологічної точок зору кращими для виготовлення імплантатів є титан і його сплави. Такі імплантати забезпечують міцність і жорсткість, необхідну для протезів, які експлуатуються на навантажених ділянках тіла.

Однак, головним недоліком титанових імплантатів є утворення лише фізичного з'єднання з кістковою тканиною. Ефективним методом підвищення функціональності титанових імплантатів є нанесення на їх поверхню біоактивних склокерамічних покриттів, які за рахунок часткового розчинення та утворення перехідних на своїй поверхні, з подальшою мінералізацією, забезпечують утворення хімічного зв'язку в системі «імплантат–кістка».

Окрім цього, для забезпечення значного терміну використання імплантатів з біоактивними покриттями важливим є забезпечення високої міцності зчеплення покриттів з металом-основою. Тому при розробці біоактивних склокерамічних покриттів по титану для дентальної імплантології є необхідним одночасне забезпечення високої міцності зчеплення покриття з металевою основою, за рахунок структурної міцності покриттів, та біоактивності, за рахунок його контрольованої резорбції.

Метою даної роботи є визначення особливостей одержання склокерамічних покриттів по титану для виготовлення стоматологічних імплантатів з комплексом важкосумісних властивостей, а саме високою міцністю зчеплення з металевою основою та біоактивністю.

Одним з найважливіших аспектів використання склокерамічних покриттів по титану як штучних замінників фрагментів кісткової структури пародонту є забезпечення їх біологічної активності відносно кісткоутворюючих клітин. Ключовим питанням теорії біоактивності неорганічних матеріалів є виявлення характеру їх поведінки в живому організмі. У результаті узагальнення проведених на сьогоднішній день досліджень в області розробок біоактивних матеріалів було сформульовано фізико-хімічний механізм утворення міцного зв'язку в системі «біоматеріал-кістка», який полягає в протіканні комплексу поверхневих явищ та процесів, а саме: розчинення матеріалу; осадження на поверхні матеріалу компонентів; гетерогенне зародкоутворення кристалів апатиту на поверхні матеріалу; структурні перетворення в при поверхневих шарах матеріалу.

Остеоіндуктивні властивості кальційфосфатних матеріалів визначаються численними фізико-хімічними і структурними параметрами, такими як розмір, форма, величина пор, хімічний склад, поверхнева мікроструктура біоматеріалу та ін. Матеріал повинен мати розмір пор, близький до розміру остеонів – структурно-функціональних одиниць природної кістки, тобто  $80 \div 300$  мкм.

Особливістю емальовання титану формування в процесі випалу крихкого альфованого шару значної товщини, що зменшує зчеплення в системі «титан-покриття» та може призвести до зниження терміну експлуатації імплантату. Тому при розробці таких покриттів для титану комплекс вимог до них крім біоактивних характеристик, включає технологічні та експлуатаційні показники, а саме:

- забезпечення міцного зчеплення (міцність зчеплення покриття  $\sigma_{зч} \geq 15$  МПа) в системі титанового покриття в умовах одностадійної короткочасної низькотемпературної термічної обробки завдяки наближенню значень термічного коефіцієнту лінійного розширення покриття і титану, а також зменшення товщини крихкого шару;

- максимальне наближення механічних властивостей покриття до відповідних властивостей природних кісток;

- забезпечення тривалого терміну служби виробу в умовах циклічних навантажень завдяки високій тріщиностійкості покриття ( $K_{IC} = 2 \div 3$  МПа·м<sup>1/2</sup>).

Дані закономірності є основою при створенні нового типу біоактивних покриттів по титану для стоматології з регульованими термінами резорбції та можливістю формування міцного апатитоподібного шару на їх поверхні в скорочені терміни у взаємозв'язку зі структурними параметрами поверхні.

## СІРКООЧИЩЕННЯ ЗРІДЖЕНОГО ГАЗУ РОЗЧИНАМИ ЇДКОГО НАТРІЮ

*Лихобаба А.Р.*

*Науковий керівник – Нестеренко.С.В., канд. техн. наук, доцент*

Зріджений природний газ є найбільш поширеним альтернативним паливом в Україні. На підприємствах-виробниках зіткнулися з новими вимогами щодо якості зрідженого газу, яке повинно відповідати стандартам Євро 5. Особливі труднощі виникають у зв'язку з відповідністю виробленого продукту тесту на корозію мідної пластинки (тест ASTM D-1838). Дане випробування є індикатором дії корозійно-активних компонентів, переважно сірковмісних. Забруднення, присутні в зрідженому газі, можуть викликати корозію конструкційних матеріалів, що контактують з цим паливом, наприклад, обладнання паливної системи, трансмісійні установки. Тверді продукти процесів корозії є механічними забрудненнями, які проникають разом з паливом в систему подачі газу транспортного засобу, можуть викликати пошкодження компонентів системи.

Зріджений газ складається в основному з алканів (мають три або чотири атома вуглецю в молекулі), алкенів або є сумішшю обох. Ці компоненти газу не викликають корозії. У більшості випадків корозійні зміни викликані такими сполуками сірки, як  $H_2S$  (сірководень), існуючими в газі в невеликій кількості, меркаптанами,  $CO_2$  (карбонілсульфід), елементарною сіркою (в формі восьми атомних циклічних молекул  $S_8$ ), а також атмосферною водою і киснем. Корозія різних металів відбувається по-різному, в залежності від типу хімічної сполуки, в якому міститься сірка. Наприклад, мідна корозія, викликана елементарною сіркою, проходить в 3,7 рази швидше, ніж корозія, викликана етил меркаптаном. Сірководень ( $H_2S$ ) володіє найбільшими корозійними властивостями, особливо в присутності води.

В даній роботі було проведено дослідження по розробці рекомендацій щодо селективного очищення зрідженого газу від меркаптанів та сірководню при застосуванні лужного промивання (розчином  $NaOH$ ) в умовах промислового добування зрідженого газу на установці «АТ Укргазвидобування». Метою даної роботи була удосконалення засобу очистки достатнього для підвищення якості продукції, зокрема, прохідності зрідженим газом тесту ASTM D-1838.

Концентрації сірковмісних органічних компонентів і сірководню в очищеному і у газі, який є неочищеним, проводили за методикою ГОСТ 22985-90.

Для виявлення ефективності промивки скрапленого газу від сірковмісних домішок лугом було проведено аналіз рідкого залишку скрапленого газу. за допомогою інфрачервоної спектроскопії (ІЧ спектроскопія). Підготовку скрапленого газу проводили по стандартній методиці. Визначення хімічного складу продуктів, що викликають потемніння мідних пластинок в ході проведення тесту згідно ASTM D-1838, була зроблена зняттям мікрорамановських спектрів мідних пластинок.

Показано, що склад зрідженого газу не є постійним, інколи до нього входять карбонілсульфід COS, постійно є наявність CS<sub>2</sub>. Крім того в газі є значна присутність CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>S. Кількість CO<sub>2</sub> досягає 3.4-3.6 г/кг. Доведено присутність диетилсульфооксиду та тіацикланів в зрідженому газі.

Промивка 10-20% лугом (NaOH) приводить до значного зменшення кількості сірковмісних сполук в зрідженому газі. Добре відмиваються сульфооксиди, сірководень, а також частково COS і CS<sub>2</sub>. Необхідно відмітити, що COS повільно гідролізується з утворенням CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>S. Для контролю процесу необхідно підтримувати надлишкову лужність і, тим більш, не допускати появи бікарбонатів в промивній рідині. Падіння концентрації вільної луги (NaOH) є сигналом до підготовки заміни розчину. Рекомендується мати деякий запас стосовно вільної луги у промивному розчині (> 10 г/л).

Вдосконалено існуючу лужну промивку скрапленого газу шляхом розбивки на стадію інтенсивного змішування та стадію спокійного відстоювання. Для інтенсифікації змішування луги та скрапленого газу розроблено виносний змішувач статичного типу.

Показано доцільність додавання натрій фосфату в розчин лугу в кількості 1 г/л, що знижує у 2-3 рази швидкість корозії обладнання. Рекомендується склад розчину для обробки трубопроводів скрапленого газу з метою надання захисної плівки, що захищає метал від утворення сульфідів заліза.

Впровадження розроблених рекомендацій дозволило стабілізувати якість скрапленого газу на рівні «класу 1» згідно ASTM D-1838.

## **ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ОЦІНКА ЗАХИСТНОЇ ЗДАТНОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТЬ**

*Постолова Є.С.*

*Науковий керівник – Нестеренко С.В., канд. техн. наук, доцент*

Відомо, що хімічна стійкість лакофарбових покриттів визначається суцільністю захисних плівок і складом вихідних мономерних складових. Модифіковані лакофарбові матеріали отримують на основі хімістійких матеріалів (епоксидні, перхлорвінілові смоли) Використання коксохімічних продуктів, а також інгібіторів корозії (ксантановий водень) істотно впливають на реологічні властивості лакофарбових систем. Метою даних досліджень є оцінка захисної дії при захисті металів від корозії лакофарбовими матеріалами, що містять добавки полімерів бензолного відділення і ксантанового водню електрохімічними методами.

Всі зразки покриттів лакофарбових матеріалів були отримані на сталевих підкладках з Ст. 3 розміром  $50 \times 150 \times 1$  мм (для лабораторних досліджень) і  $148 \times 210$  мм (для натурних випробувань).

У лабораторних умовах системи захисних покриттів випробовували прискореним методом по циклу "Помірний клімат", згідно ГОСТу 6992-88. Придатність складених лакофарбових композицій оцінювали за допомогою фізико-механічних показників (удар, вигин, адгезія, пенетрація) відповідно до державних стандартів.

Електрохімічні випробування захисних покриттів проводили методом зняття потенціостатичних кривих, визначення струмів короткого замикання. Стійкість до впливу ультрафіолетового випромінювання проводили за допомогою ламп ПРК-2М в камері штучної погоди. Зняття потенціостатичних кривих і визначення струмів короткого замикання проводили на потенціостаті П-5827 М і на амперметрах М-254, М-2038 і М-95 відповідно.

Розглянуто вплив добавок полімерів бензолного відділення та інгібітору корозії - ксантанового водню на стійкість лакофарбових систем на основі хімістійких матеріалів (епоксидні та перхлорвінілові смоли). Встановлено, що зазначені добавки поліпшують реологічні і захисні властивості лакофарбових систем в середовищах, що моделюють умови експлуатації в атмосфері коксохімічного виробництва.

Таким чином, модифіковані епоксидні і перхлорвінілові полімерні композиції є цілком прийнятними варіантами захисних покриттів, які мають достатню стійкість для забезпечення довгострокового захисту металу в конструкціях та обладнанні, що експлуатуються в атмосферних умовах коксохімічного виробництва.

## **ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ РОЗПОДІЛЕНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРОГИН І КУТ ПОВОРОТУ КОНСОЛЬНОЇ БАЛКИ**

*Кальницька І.В.*

*Науковий керівник – Шпачук В.П., д-р техн. наук., професор*

Консольні балки мають широке використання у будівництві. Тому важливим є питання визначення їх прогинів і кутів повороту перерізів за довжиною балки в умовах діючого зовнішнього навантаження. У даній роботі досліджується вплив саме параметрів розподіленого навантаження на вказані параметри деформаційного стану балки, що є актуальним питанням на стадії проектування споруд.

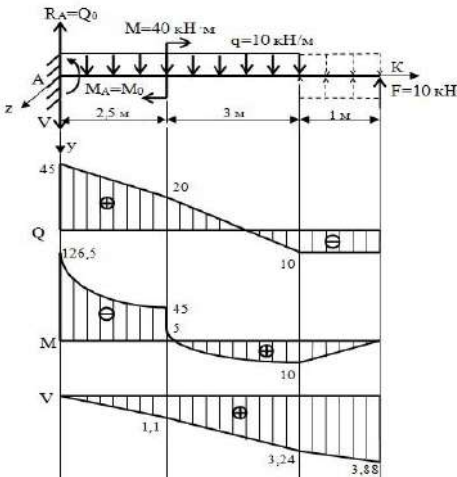


Рисунок 1– епюри внутрішніх сил

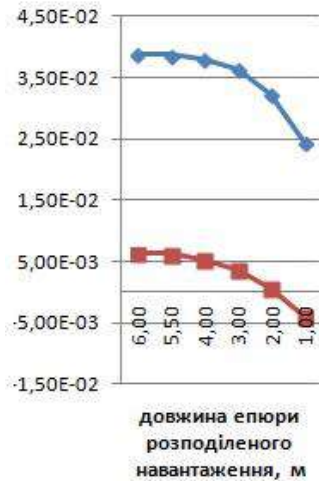


Рисунок 2– прогини і кут повороту

Розрахункова схема конструктивного елемента наведена на рис.1. В процесі розрахунку визначено реакції у защемленні, побудовано епюри поперечних сил та згинальних моментів, а з умови міцності – згинальна жорсткість для двотавра № 36 з моментом інерції 13380 см<sup>4</sup>. На рис.2 показано прогини (синій колір) і кути повороту (червоний колір) перерізу балки в точці "К", які досліджено методом початкових параметрів за допомогою пакету Excel. Аналіз графіків показує, що при зміні довжини розподіленого навантаження в діапазоні 1÷6 м, прогин балки збільшується відповідно в діапазоні 2,45÷3.88 см, а кут повороту перерізу може змінюватись з додатного до від'ємного значення на рівні -4,04E-3 рад. Цей важливий результат треба враховувати в реальних умовах.

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ В УМОВАХ ДЕФОРМУВАННЯ ЗА МЕЖАМИ ПРУЖНОСТІ

**Романова А.В.**

*Науковий керівник – Чупринін О.О., канд. техн. наук, доцент*

Широке поширення стержневих і тонкостінних конструкцій як елементів сучасних будівельних конструкцій вимагає розвитку нових методів розрахунку таких конструктивних елементів.

Завдання пластичної течії в тонкостінних елементах конструкцій привертало увагу дослідників протягом досить тривалого періоду. Однак, інтерес до пластичного деформування елементів конструкцій не слабшає. У зв'язку з тим, що методи розв'язання фізично нелінійних задач пластичності і повзучості близькі (метод послідовних наближень або метод змінних параметрів пружності, метод пружних розв'язків та ін.) і методологічна основа однакова, розглянемо методи розв'язання пружних і пружно-пластичних задач.

При дослідженні двовимірних задач теорії тонких оболонок змінної товщини, які описуються звичайними диференціальними рівняннями, пропонується підхід, заснований на зниженні розмірності за допомогою методу сплайн-апроксимації, вирішення задачі в одному координатному напрямку і чисельного рішення по іншій координаті (метод дискретної ортогоналізації).

Більш складні завдання деформування оболонок, які описуються рівняннями в приватних похідних, вирішуються методами, що зводять їх до одновимірних завдань: поділу змінних, Власова-Канторовича, і методом, що ґрунтується на розкладанні функції в ряди Фур'є. Рішення геометрично нелінійних задач оболонок полягає в лінеаризації вихідних нелінійних рівнянь і граничних умов, що дозволяє вихідну задачу звести до послідовності лінійних задач.

Досить широко поширені методи безпосереднього інтегрування диференціальних рівнянь сучасними чисельними методами. Процес навантаження оболонки розбивається на ряд малих етапів за часом. На кожному етапі завдання вирішується методом послідовних наближень, в кожному наближенні вирішується лінеаризована крайова задача для нормальної системи звичайних диференціальних рівнянь. Для інтегрування роздільної системи використовується метод Рунге-Кутта з дискретною ортогоналізацією.

Геометрична форма і умови навантаження реальних конструктивних елементів є досить складними. У зв'язку з цим для аналізу напружено-деформованого стану (НДС) елементів конструкцій останнім часом широко використовується метод скінчених елементів (МСЕ).

У зв'язку з цим розглянуті методи вирішення задач теорії стрижнів і тонких оболонок на базі МСЕ, по суті є варіаційним методом.

Найпростіший скінчений елемент (СЕ) оболонки обертання має прямолінійну образуючу.

При цьому оболонку представляють у вигляді декількох кільцевих елементів. Мінімальна кількість вузлових точок - дві (по межах елемента). Кожна вузлова точка має три ступені свободи нормальне і дотичне переміщення і кут повороту. Це фактично повторює ступені свободи балочного елемента в глобальній системі координат. Переміщення в елементі задані у вигляді поліномів: нормальні третього ступеня, дотичні - першої.

Застосування найпростіших елементів з малим числом ступенів свободи для задовільного опису НДС конструкції вимагає поділу її на велике число СЕ. При більш точній апроксимації поля переміщень вдається використовувати менше число елементів великих розмірів. Це в багатьох випадках призводить до збільшення точності результатів розрахунків, особливо при необхідності диференціювання функцій при знаходженні напруження.

## **ВИЗНАЧЕННЯ РЕЗЕРВУ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПОЗДОВЖНЬОЇ БАЛКИ ВІЗКА ВАГОНУ МЕТРО ПРИ ДІЇ РІВНОМІРНО РОЗПОДІЛЕНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПРИ РОЗРАХУНКУ ПО ГРАНИЧНОМУ СТАНУ**

*Бабаєв Д.М.*

*Науковий керівник – Кузнецов О.М., канд. техн. наук, доцент*

Пріоритетними напрямками та заходами для основних галузей міського електричного транспорту є підвищення резерву несучої здатності конструкцій. Ця проблема досліджується в працях багатьох зарубіжних і вітчизняних авторів. При всьому різноманітті існуючих підходів до цієї проблеми на транспорті у багатьох випадках вони не дозволяють раціонально використовувати всі можливості конструкції. Не розкритими залишаються резерви міцносних характеристик по несучій здатності поздовжньої балки візка головного вагону складу метрополітену при дії по середині балки рівномірно розподіленого силового навантаження. Тому актуальним залишається завдання реалізації надійного методу розрахунку, який би забезпечував не тільки міцність конструкції, але і приводив би до збільшення терміну служби рухомого складу. Тому в роботі запропоновано нові підходи для підвищення ресурсозберігаючого резерву міцності поздовжньої балки візка головного вагону складу метро за рахунок розробки нових наукових рішень щодо модернізації ресурсозбереження на міському електричному транспорті. Для досягнення мети були сформульовані ос-



новні переваги методів розрахунку конструкцій по допустимим напруженням (він забезпечує міцність конструкції, проте в багатьох випадках не дозволяє раціонально використовувати всі її можливості і часто призводить до завищення ваги) і по граничному стану (під яким розуміється такий стан конструкції, при якому вона втрачає здатність чинити опір зовнішнім впливам або перестає задовольняти пропонованим експлуатаційним вимогам). Розроблена математична модель напружено-деформованого стану поздовжньої балки візка головного вагону складу метро без урахування поперечної сили; проведене математичне моделювання із заданим запасом міцності силового розрахунку поздовжньої балки візка головного вагону, що представляє собою просту балку постійного положо прямокутного перерізу, защемлену на кінцях і навантажену по середині рівномірно розподіленим силовим навантаженням; проведений аналіз результатів моделювання з отриманням даних по допустимому моменту при розрахунку поздовжньої балки по допустимим напруженням і щодо граничного моменту при розрахунку по граничному стану; проведений аналіз результатів моделювання з отриманням даних по найбільшому допустимому навантаженню при розрахунках поздовжньої балки по допустимим напруженням і по граничному стану; визначений вплив кожного методу розрахунку на величину найбільшого допустимого навантаження і надана кількісна оцінка резерву міцності поздовжньої балки при дії по середині балки рівномірно розподіленого силового навантаження. Зроблений висновок, що несуча здатність поздовжньої балки при розрахунку по граничному стану збільшується в три рази у порівнянні з розрахунком по допустимим напруженням. Таким чином, насправді, конструкція володіє запасом міцності більшим, ніж при розрахунку по допустимим напруженням.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ НА МІЦНІСТЬ СТАЛЕВОКЛЕЄВИХ З'ЄДНАНЬ**

***Пенкін М.В., Савельєва Л.В.***

*Науковий керівник – Серєда Н.В., канд. техн. наук, доцент*

В даний час при виробництві будівельних робіт, а також при реконструкції будівель і споруд кріплення сталевими болтами і анкерами будівельних вузлів, інженерних комунікацій, технологічного обладнання є не економічним через високу вартість металу, трудомісткості підготовчих робіт, зниження міцності з'єднання внаслідок корозії і інше. Більш ефективним є спосіб поверхневого приклеювання з використанням з'єднання сталь-бетон. Для визначення можливості застосу-

вання поверхневого приклеювання досліджена міцність сталевоклеєвих з'єднань, а також проаналізовані діючі на вузол кріплення навантаження.

У практиці будівництва набув поширення безанкерний спосіб кріплення технологічного обладнання, інженерних комунікацій і конструкцій. Кріплення за цим способом здійснюється шляхом приклеювання до поверхні бетону кріпильних вузлів і опорних частин обладнання або конструкцій, а також інженерних комунікацій. З цією метою широко використовуються акрилові клеї. Численні експериментальні дослідження міцності зазначеного з'єднання, а також його впровадження в практику будівельного виробництва свідчать про зниження термінів будівництва будівель та споруд, зменшення матеріалоемності та трудомісткості робіт.

Більшість теорій деформування и руйнування клейових з'єднань сталь-бетон на першому етапі, до появи мікроруйнування, розглядають, як правило, тільки пружні деформації. Моделі, засновані на теоріях пластичності, не можуть описати багато особливостей деформування клейових з'єднань.

В роботі запропоновано спосіб застосування безанкерного кріплення в будівництві, проведені теоретичні дослідження напружено-деформованого стану з'єднання сталь-бетон на акрилових клеях. Виконані дослідження авторів показали, що в елементах безанкерного кріплення в разі впливу на вузол розрахункового зусилля виникають напруження, що не перевищують межі пружності. Тому була розглянута осесиметрична задача теорії пружності для багатопарової системи, пов'язаної між собою умовами безперервності напружень і переміщень, при осесиметричному довільному навантаженні.

## **ВЛАСНІ КОЛИВАННЯ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ**

*Кальницька І.В.*

*Науковий керівник - Засядько М.А., доцент*

При проектуванні та реконструкції багатоповерхових будівель необхідно враховувати наявність динамічних впливів: вітрове навантаження, сейсмічні впливи. Важливою частиною таких розрахунків є обчислення частот та форм власних коливань. Сучасні висотні будівлі виконуються каркасними. У такому разі обираючи розрахункову схему раціонально подати її у вигляді консольного стержня, що має по своїй довжині точкові маси  $m_i$ . Ці маси відповідають маса перекриттів будівлі, жорсткість  $EI$  може бути постійною за довжиною стержня або ступінчато змінною.



У результаті обчислень одержані такі власні частоти: (0,057; 0,37; 0,99)  $\cdot \sqrt{EI / m}$ .

Форми вільних коливань:

перша: (1,0; 3,4; 6,4); друга: (1,0; 1,19; -0,79); третя: (1,0; -0,70; 0,22).

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГИНУ ВІДДАЮЧОГО РЕЛЬСУ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ СТИКОВОЇ НЕРІВНОСТІ ПОРОЖНІМ ВАГОНОМ ТРАМВАЯ**

*Постолова Є.С.*

*Науковий керівник – Супрун Т.О., канд. техн. наук, асистент*

Найбільш слабкою частиною рейкового шляху є ізольовані стикові нерівності, що належать до рейкових стиків. До того ж деформаційні характеристики баластового шару під опорами рейок (параметри пружного й залишкового осадження) регламентують, зрештою, технічний ресурс та тривалість його експлуатації. Практика показує, що найбільше баластовий шар просідає в місцях стикових нерівностей під шпалами приймаючої рейки. Це пов'язано з тим, що в таких місцях рейки, зазвичай, зазнають найбільшого динамічного навантаження ударного типу.

В роботі розглянуто динамічну взаємодію трамвайного вагона з рейковою колією в зоні стику з урахуванням наступних факторів: висоти стику, яка відповідає параметрам статичної взаємодії руху трамвайного вагона, а також його завантаженню, конструктивних та експлуатаційних факторів механічної системи «трамвайний вагон – рейкова колія». При цьому динамічні характеристики післяударної взаємодії на фазі зростання прогинів континуальної системи під першою опорою визначаються з урахуванням параметрів реального об'єкта у вигляді трамвайного вагона та рейкового шляху у зоні ізольованої стикової нерівності типу «зазор – ступінь вгору».

Вирішено наступні задачі: методами моделювання, механічну систему, що розглядається, представлено у вигляді багатопрогонної балки на пружних опорах. Стикову накладку – еквівалентним пружним елементом на кінці приймаючої або віддаючої рейки, коефіцієнт жорсткості якої визначено з урахуванням її плоского напруженого стану. Також, враховуючи ударну взаємодію колеса першої колісної пари з торцем приймаючої рейки, трамвайний вагон, що взаємодіє з приймаючою рейкою, розглянуто у вигляді підресореної зведеної маси. При цьому поточна висота ступені визначається з урахуванням статичної

взаємодії трамвая з рейковою колією, що відповідає фазі руху трамвайного вагона через нерівність стику.

Представлено результати чисельних розрахунків параметрів динамічної взаємодії трамвайного вагона з рейковою колією в місці стикового з'єднання, яке враховує експлуатаційні, механічні і геометричні фактори з використанням наведених моделей. Встановлено нові закономірності взаємодії трамвайного вагона з рейковою колією при проходженні транспортним засобом стикової нерівності.

Отримані результати на практиці використовуються при розробці технічних рішень по вдосконаленню стику рейкової колії, а також при визначенні режимів експлуатації трамвайних вагонів, створенні експериментально-теоретичного комплексу для дослідження, розрахунків та вдосконалення параметрів трамвайного вагона і верхньої будови колії шляхом їх раціонального вибору і оптимізації.

## **МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ АНКЕРНОГО КРІПЛЕННЯ ОПОР ПРИ ПРОКЛАДАННІ ТРАСИ ВЛЕП**

***Шабанова Ю.В.***

*Науковий керівник – Склярів В.О., канд. техн. наук, доцент*

Для кріплення будівельних конструкцій і технологічного устаткування в Україні і за кордоном широко застосовують анкерні болтові з'єднання найрізноманітніших видів і конструкцій. Різниця між ними в типах анкерів пристроїв, способи установки, а також способи передачі навантажень на фундаменти. Типи болтів, встановлюваних на готових фундаментах, можна розділити на дві групи. До першої групи, традиційної, відносяться глухі болти, що встановлюються в шанці з подальшою заливкою цементним розчином високої марки, і знімні, без подальшої заливки. До другої групи належать болти, що встановлюються в свердловини, утворені після бетонування фундаменту. При цьому, як і в першому випадку, вони можуть бути глухими, що закріплюються будь-якими матеріалами, чи знімними самоанкериваючимися.

Одним із шляхів вирішення цих проблем є використання клейових анкерних з'єднань при монтажі опор або коригування їх положення в бетон фундаменту. Такі конструкції характеризуються відсутністю складних підготовчих процесів, значним скороченням витрат стали, цементу і трудовитрат, термінів виробництва робіт.

У Харківському національному університеті міського господарства імені О.М.Бекетова розроблений модифікований акриловий клей з підвищеними показниками міцності, який за своїми адгезійними

і когезійними властивостями не тільки перевершує застосовувані в даний час клеї, але і володіє високими технологічними властивостями: вони малокомпонентні (полімер, наповнювач, добавки, що підвищують міцність властивості клею), прості і надійні в приготуванні. Крім того, анкероустановочні роботи можна проводити при температурі навколишнього середовища до 200С і вище без додаткових технологічних заходів. Вартість акрилового клею в 2 ... 3 рази нижче епоксидного. Акрилові клеї прості в приготуванні зважаючи на їх малокомпонентності. Вони високотехнологічні: низька в'язкість, час затвердіння 12 ... 24 год., висока наповнюваність.

Роботи з монтажу і встановлення обладнання на споруджуваних і готових фундаментах проводяться при будівництві, експлуатації та реконструкції опор повітряних ліній електропередач. Тому важливе значення має використання раціональних методів кріплення технологічного обладнання до фундаментів та інших будівельних конструкцій. Від способів виробництва, вивірки і закріплення анкерних болтів залежать темпи та вартість монтажних робіт, оскільки трудомісткість цих операцій становить до 30-40% загальної трудомісткості механомонтажних робіт. Висоту фундаменту для багатьох видів устаткування часто визначають по довжині закладення анкерних болтів, що призводить до перевитрати бетону і сталі.

Методика досліджень деформативності закладень на модифікованому акриловому клею у затягнутому анкерному з'єднанні (сталевий анкер - станина устаткування - підкладки або бетонна підлива; сталевий анкер - будівельна конструкція - бетонна підлива - фундамент) зовнішнє навантаження від працюючого устаткування розподіляється між вхідними в з'єднання елементами відповідно до діаграми  $P_i - \delta_i$  пропорційно їхній жорсткості. Діюче на анкер зусилля безпосереднє залежить від величини його затягування і змінюється в часі. Перший фактор оцінюється коефіцієнтом навантаження  $\chi$ , другий - коефіцієнтом стабільності  $k$  зусилля попереднього затягування.

Після попереднього затягування анкера зусиллям  $F$  останній на вільній довжині одержує переміщення

$$\delta_s = \lambda_s \cdot F = \frac{l_s}{A_s \cdot E_s} \cdot F. \quad (1)$$

Одночасно відбувається переміщення завантаженого кінця клейового закладення

$$\delta_3 = \lambda_3 \cdot F = f(l_{\text{анк}}, d_s, t) \quad (2)$$

і переміщення елементів анкерного з'єднання, що з'єднуються, (станина устаткування, підкладки або підбетонка, тіло будівельної конструкції) на величину

$$\delta_\phi = -\lambda_\phi F = \frac{l_\phi}{A_\phi \cdot E_\phi} \cdot F, \quad (3)$$

де  $l_s, l_\phi$  - відповідно довжина вільної частини анкера і висота елементів фундаменту, що з'єднуються, (мм);  $A_s, A_\phi$  - відповідно перерізи анкера й елементів, що з'єднуються, мм<sup>2</sup>;  $E_s, E_\phi$  - відповідно модуль пружності анкера і приведений модуль пружності елементів, що з'єднуються, МПа;  $\lambda_s; \lambda_3, \lambda_\phi$  - коефіцієнти податливості вільної частини анкера, клейового закладення та елементів, що з'єднуються, (мм/н).

## ФОРМУВАННЯ ВИГРАШНИХ СТРАТЕГІЙ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ ПОВНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

*Данченко А.С.*

*Науковий керівник – Коваленко Л.Б., канд. фіз.-мат. наук, доцент*

Теорія ігор в сучасному суспільстві широко застосовується як потужний математичний апарат моделювання задач промисловості, математичної моделі множини задач економічного характеру – торгів та аукціонів, торгівельної та монетарної політики держав, конкуренції країн, тобто формування раціональної поведінки у вигляді прийняття рішення в умовах повної невизначеності або не співпадіння інтересів сторін.

Основною метою формування вигравних стратегій є реалізація задач стратегічного управління. Розвинений математичний апарат теорії ігор дозволяє класифікувати їх кількість гравців, рівнем інформованості гравців, динамічністю та можливістю спільних дій.

Класифікація за можливістю спільних дій на кооперативні (при яких гравці вибирають свої стратегії спільно та мають можливість створювати коаліції) та некооперативні (при яких передавання ресурсів та інформації заборонено) дозволяє автору для реалізації поставленої задачі обрати некооперативну форму ігор. В такому випадку у якості першого гравця виступає об'єкт дослідження, вибір стратегії

якого базується на множині  $S(s_1, s_2, \dots, s_m)$  рішень, одне з яких йому необхідно прийняти, а у якості другого гравця – економічне середовище, яке може знаходитися в одному з попарно несумісних станів  $C(c_1, c_2, \dots, c_n)$ , одне з яких обов'язково настане.

Однією з найпоширеніших форм представлення некооперативних ігор є динамічна форма, алгоритм реалізації якої полягає у:

- визначенні порядку ходу гравців;
- формуванні множини сценаріїв на кожному з етапів «гри»;
- визначенні інформації, яку має гравець при виборі сценарію;
- формуванні функції виграшу, які має гравець на кожному етапі;
- дослідженні ймовірнісного розподілу реалізації сценаріїв.

Формування виграшних стратегій в умовах повної невизначеності передбачає відсутність апіорі у першого гравця інформації про те, в якому із станів  $C(c_1, c_2, \dots, c_n)$  знаходиться другий гравець. При цьому множина критеріїв оцінювання функціоналу у вигляді матриці  $F = ||f_{kj}||$  ( $k=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ ), кожен елемент якої має бути інтерпретований як оцінка ефективності результату діяльності першого гравця у виборі стратегії при реалізації станів другого гравця.

Реалізація ігрової стратегії полягає у застосуванні принципу «мінімакса», за яким перший гравець намагається здобути максимального виграшу

$$g^+ = \max_{s_k \in S} \min_{c_j \in C} f_{kj}^+ \quad (1)$$

А другий гравець – мінімізацію свого гарантованого програшу

$$l^- = \min_{c_j \in C} \max_{s_k \in S} f_{kj}^- \quad (2)$$

За таких умов гра має сідлову точку при виконанні умови

$$V^* = g^+ = l^- \quad (3)$$

Перспективність та універсальність застосування теорії ігор при розробці виграшних стратегій в умовах повної невизначеності обумовлена можливістю формуванні функціоналу оцінювання для кожного об'єкта дослідження у рамках поставленої задачі.

## **ФІЗИЧНІ ЗАДАЧІ, ЩО ПРИВОДЯТЬ ДО ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ**

*Безхутра М.А.*

*Науковий керівник – Ламтюгова С.М., канд. фіз.-мат. наук, доцент*



При вирішенні багатьох завдань математики, фізики і техніки часто не вдається встановити безпосередню залежність між шуканими і даними змінними величинами, проте вдається скласти рівняння, що зв'язує незалежну змінну, шукану функцію та її похідні. Таке рівняння називається диференціальним. Розв'язуючи його, знаходять залежність вже між самими змінними. Диференціальне рівняння може не містити в явному вигляді незалежну змінну і шукану функцію, але обов'язково повинно містити одну або декілька похідних шуканої функції.

Рішення фізичних задач на складання диференціальних рівнянь розпадається на три етапи:

1. Складання рівняння.
2. Розв'язання рівняння.
3. Дослідження розв'язку.

Рекомендується наступна послідовність розв'язання:

1. Встановити величини, що змінюються.
2. Вибрати незалежну змінну і функцію цієї змінної, яку необхідно знайти.
3. Встановити закони, що зв'язують ці змінні.
4. Виходячи з умов завдання, визначити початкові умови і виділити додаткові дані.
5. Виділити всі величини через незалежну змінну, функцію цієї змінної і її похідну.
6. Виходячи з умови задачі і фізичного закону скласти рівняння.
7. Знайти загальний розв'язок рівняння.
8. Виходячи з умови задачі, знайти частинний розв'язок і відповіді на поставлені питання.

Для складання диференціальних рівнянь природничих наук використовують фізичний зміст першої та другої похідних, а також додаткові умови та закони, притаманні конкретній галузі науки, такі як:

- другий закон Ньютона;
- закон всесвітнього тяжіння;
- закон Кірхгофа;
- закон Фур'є;
- закон Ньютона про охолодження тіла (швидкість охолодження тіла пропорційна різниці температур тіла та середовища);
- закон розчинення речовини (швидкість розчинення пропорційна наявній кількості нерозчиненої речовини та різниці концентрацій насиченого розчину і розчину у певний момент часу);
- закон Гука (сила пружності пружини пропорційна її видовженню) тощо.

Задачі на теплообмін, суміші, радіоактивний розпад – це невелика кількість фізичних задач, що приводять до диференціальних рівнянь. Практично всі фізичні закони, що описують фізичні процеси є диференціальними рівняннями щодо деяких функцій, що характеризують ці процеси. Дані фізичні закони являють собою теоретичне узагальнення численних експериментів і описують еволюцію шуканих величин в загальному випадку, як в просторі, так і в часі.

Складені математичні моделі таких процесів допомагають зрозуміти процес, дають можливість встановити якісні та кількісні характеристики його стану. З їх використанням можна передбачити розвиток процесу без проведення експериментів, які у багатьох випадках є надто дорогими.

Отже, вивчення, складання та розв'язання диференціальних рівнянь є важливим завданням для багатьох сфер діяльності людини, відіграє важливу роль в пізнанні навколишнього світу, а тому є актуальною науковою проблемою.

## **ГЕОМЕТРИЧНІ ЗАДАЧІ, ЩО ПРИВОДЯТЬ ДО ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ**

*Білоус А.С.*

*Науковий керівник – Ламтюгова С.М., канд. фіз.-мат. наук, доцент*

У багатьох задачах геометричної оптики, картографії, геодезії та інших областей науки виникає необхідність в знаходженні кривих за відомими властивостями цих кривих, пов'язаних найчастіше з дотичними, проведеними до них. Оскільки кутовий коефіцієнт дотичної дорівнює чисельному значенню похідної в точці дотику, то при розв'язанні цих задач приходять до диференціальних рівнянь. Тому дана тема є актуальною науковою проблемою.

Для диференціальної геометрії має інтерес задача про ізогональні траєкторії сім'ї кривих, що лежать на заданій поверхні. Наприклад, ще в епоху великих географічних відкриттів мореплавцям була цікава крива, вздовж якої відбувається рух корабля заданим курсом. Така крива перетинає меридіани під сталим кутом і називається локсодро-мою.

Цікавою є задача про брахістохрону, криву якнайшвидшого спуску: «з усіх можливих кривих, що сполучають дві точки А і В, знайти ту криву, вздовж якої важка кулька, що ковзає без тертя (або котиться) з точки А, за найкоротший час досягає нижчої точки В». Задача була поставлена в 1696 році математиком Йоганном Бернуллі. Ця задача в

різних постановках привертала і продовжує привертати увагу багатьох математиків і механіків.

При розв'язанні геометричних задач за допомогою диференціальних рівнянь рекомендується наступна схема:

1. Зробити креслення і ввести позначення.
2. Відокремити умови, що мають місце в довільній точці шуканої лінії, від умов, що виконуються в окремих точках, тобто виділити початкові умови.
3. Виразити всі величини через координати довільної точки і значення похідної в цій точці, з огляду на геометричний зміст похідної.
4. За умовою задачі скласти диференціальне рівняння, якому задовольняє шукана крива.
5. Знайти загальний розв'язок, тобто множину інтегральних кривих, і виділити ту, яка задовольняє початковим умовам.

Для розв'язання таких задач використовується геометричне тлумачення похідної і загальні формули для визначення довжин відрізків дотичної, нормалі, піддотичної та піднормалі.

## **ВІЗУАЛІЗАЦІЇ В GEOGEBRA ДЛЯ ПОДВІЙНИХ ІНТЕГРАЛІВ**

*Шербата М.А.*

*Науковий керівник – Якунін А.В., канд. техн. наук, доцент*

Подвійний інтеграл слугує розширенням поняття звичайного інтеграла на випадок функції двох змінних і плоскої області інтегрування. Питання зведення подвійного інтеграла до повторного вимагає чіткого уявлення про форму та положення області інтегрування. Полегшити виявлення особливостей форми області інтегрування та її розміщення відносно системи координат дозволяє створення її комп'ютерної моделі.

Реалізувати таку модель можна в різних математичних пакетах. Досить простим і доступним засобом є система динамічної математики GeoGebra, орієнтована на навчальне середовище.

У доповіді висвітлюється процедура зведення подвійного інтеграла до повторного. При цьому увага зосереджується на понятті правильної в заданому напрямку плоскої області. Показано, як організувати в GeoGebra побудову зображення правильної області та її проєкцій на координатні осі. Продемонстровано конкретний приклад візуалізації двовимірної області інтегрування в системі GeoGebra.

Визріває бачення шляхів використання засобів пакету GeoGebra для візуалізації просторових областей та їх проєкцій на координатні площини. Можливим застосуванням таких комп'ютерних моделей є

геометрична підтримка навчального процесу при вивченні потрійних інтегралів.

## **ВІЗУАЛІЗАЦІЇ В GEOGEBRA ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ НЕПЕРЕРВНОСТІ**

**Князєв І.О.**

*Науковий керівник – Яқунін А.В., канд. техн. наук, доцент*

Неперервність – одне з фундаментальних математичних понять. Його засвоєння є важливою задачею математичної освіти, що не втрачає актуальності. Візуальна підтримка навчального процесу сприяє підвищенню якості підготовки студентів. Графічне відображення поведінки функції в околі точок неперервності та розриву полегшує вивчення відповідних теоретичних положень.

Досить розвиненим сучасним інструментарієм для побудови та перетворення графіків функцій є система GeoGebra. Вона наявна у відкритому доступі, адаптована до навчальних задач та має зручний інтерфейс з вибором мови.

У доповіді розглянуто постановку задачі дослідження функції однієї змінної на неперервність. Наведено процедуру побудови графіка функції, що задана через елементарні функції на окремих інтервалах. Здійснено порівняння різних комп'ютерних пакетів з точки зору сформульованої проблеми та обґрунтовано вибір програми GeoGebra. Проаналізовано конкретний приклад дослідження функції на неперервність з комп'ютерною візуалізацією в GeoGebra.

Надалі передбачається застосувати засоби пакету GeoGebra при дослідженні на неперервність функції двох змінних, де можливі як ізольовані точки, так і лінії розриву.

## **МОДЕЛЮВАННЯ ОПТОВОГО РИНКУ НА ОСНОВІ АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ**

**Панченко А.В.**

*Науковий керівник – Мордовцев С.М., канд. техн. наук, доцент*

Більшість ринків у сучасній економіці відносяться до ринків недосконалої конкуренції, на яких кожен виробник в змозі істотно впливати на ціну продукції. Тому актуальною є проблема моделювання оптових ринків з недосконалою конкуренцією з метою оптимального регулювання рівноважної ціни і обсягів поставок продукції

Серед найбільш поширених підходів для аналізу і прогнозування ситуації на галузевих оптових ринках можна виділити мікроекономічні

моделі типу Курно, рівноваги функцій пропозиції, рівноваги передбачуваних функцій пропозиції. В роботі розглянуті кілька стратегій, дотримання яких може призводити до різних ринкових наслідків, відповідним моделі Курно, цінового лідерства і конкурентного оточення, а також варіанти моделі рівноваги функцій пропозиції.

Дослідження моделі рівноваги функцій пропозиції LSFЕ дозволило отримати формули розрахунку:

– максимального обсягу продукції, запропонований на оптовому ринку;

– рівноважної ціни в даний момент часу:

$$P = \frac{d + \gamma \sum_{j=1, j \neq k}^N \frac{a_j}{c_j \gamma + \lambda_j}}{\gamma \left( 1 + \sum_{j=1, j \neq k}^N \frac{a_j}{c_j \gamma + \lambda_j} \right)},$$

де  $d$  і  $\gamma$  - параметри функції сукупного попиту  $DF = d - \gamma P_f$ ,  $c_k$  і  $a_k$  - параметри, що характеризують граничні витрати  $\frac{\partial Z_k}{\partial v_k} = c_k v_k + a_k$ ,  $\lambda_k$  - індексу впливу  $k$ -тій компанії на стан оптового ринку.

Запропонована модель реалізує стратегію, коли після надання заявки компанія враховує рівноважну ціну, попит і реакцію конкурентів на зміну ціни та обсягів пропозицій.

В роботі розроблено програмно-інформаційне забезпечення ефективного розвитку ринку електричної енергії на основі застосування LSFЕ-моделі, що дозволила врахувати конкуренцію, як за обсягами пропозицій, так і за ціною продукту.

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІНТЕГРАЛЬНОГО ІНДИКАТОРА РІВНЯ СОЦІАЛЬНОЇ НАПРУЖЕНОСТІ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТАКСОНОМІЧНОГО АНАЛІЗУ**

*Гамаюн І.В.*

*Науковий керівник – Мордовцев С.М., канд. техн. наук, доцент*

Оцінка соціальної напруженості як однієї з основних загроз соціальній безпеці регіону є актуальним завданням міждисциплінарних досліджень. Узагальнення теоретичних досліджень свідчить про відсутність єдиного методологічного підходу до формування науково-методичної бази оцінки і розробки системи індикаторів, що характеризують соціальну напруженість у регіонах країни. Мета дослідження

полягає в розробці економіко-математичної моделі інтегрального індикатора, який характеризує рівень соціальної напруженості регіону.

Дослідження показали, що зростання соціальної напруженості пов'язане з незадовільною кримінальною обстановкою, неможливістю населення своєчасно погашати заборгованість за комунальні платежі через низький рівень доходів і несвоєчасну виплату заробітної плати тощо. Оцінка за окремими статистичними показниками неповно характеризує рівень соціальної напруженості, що обумовлює необхідність побудови інтегрального індикатора для здійснення комплексної рейтингової оцінки.

Для побудови інтегрального індикатора запропоновано вибрати частинні індикатори, що характеризують рівень безробіття (за методологією МОП); рівень злочинності: відношення кількості зареєстрованих злочинів до 10 тис. осіб; середньорічна заборгованість із виплати заробітної плати до середньорічної кількості працездатного населення середньорічна заборгованість населення з платежів за житлово-комунальні послуги до середньорічної чисельності населення; відношення витрат населення к загальному доходу у розрахунку на одну особу; загальне скорочення населення регіону. Запропоновано використовувати метод таксономічного аналізу, який відрізняє простота математичного апарату, відсутність будь-яких вимог до сукупності досліджуваних об'єктів, більш зручний масштаб отриманих оцінок, що полегшують аналіз і ранжування об'єктів.

Результати інтегральної оцінки показали, що високий рівень напруженості зберігається у промислово розвинених східних регіонах. Незважаючи на відносно невисокий рівень безробіття, населення цих регіонів має найбільшу заборгованість з виплати заробітної плати і комунальних платежів. У Дніпропетровській, Харківській, Київській, Одеської, Запорозької областях протягом тривалого періоду складається неблагополучна кримінальна та екологічна ситуація, що викликає невдоволення населення.

## **ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ ПЕРШОГО ПОРЯДКУ В ЗАДАЧАХ ГЕОМЕТРІЇ І ФІЗИКИ**

***Парфенов О.Є.***

*Науковий керівник – Вороновська Л.П., канд. пед. наук*

Диференціальні рівняння займають особливе місце в математиці і мають численні застосування у великому спектрі наук. Коли мова йде про математичну модель явища чи процесу, то звичайно мається на увазі опис цього явища чи процесу засобами якої-небудь математичної

теорії, системою алгебраїчних чи диференціальних рівнянь разом з початковими умовами і іншими даними, необхідними для її розв'язання. Кожне диференціальне рівняння – математична модель деякого процесу.

Для розв'язання геометричних задач, які приводять до диференціального рівняння (знаходження кривих за властивостями дотичних і нормалей до них, задачі на властивості піддотичних і піднормалей кривих, задачі на площі фігур та довжини дуг кривих), необхідно:

- побудувати рисунок;
- позначити шукану криву як  $y = f(x)$ , розмежувати умови для довільної точки кривої та ті, які виникають для окремих точок, тобто початкові умови;
- виразити усі величини задачі через  $x, y, y'$  та побудувати математичну модель, тобто диференціальне рівняння;
- знайти загальний розв'язок одержаного рівняння і вилучити з нього за допомогою початкових умов рівняння шуканої кривої.

Щоб розв'язати фізичну задачу (радіоактивний розпад, витікання рідини через отвір, закони руху, барометрична формула, адіабатичне розширення газу, зміна концентрації розчинів та суміші, охолодження тіла, поширення тепла, перехідний процес в електричному колі, абсорбція світла та багато інших) за допомогою диференціального рівняння необхідно:

- встановити величини, які змінюються в даному процесі та відшукати закон, що пов'язує їх;
- обрати незалежну змінну та її функцію;
- з умови задачі, визначити початкові і крайові умови;
- скласти диференціальне рівняння;
- знайти загальний розв'язок і за початковими умовами, знайти частинний розв'язок.

Отже, насправді цікава математика розпочинається, коли ми можемо описати процеси, що оточують нас, а це ми можемо зробити за допомогою диференціальних рівнянь.

## **ВИЗНАЧЕНИЙ ІНТЕГРАЛ У ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ З ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ**

***Ворона Р.В.***

*Науковий керівник – Ситникова Ю.В., канд. пед. наук, доцент*

Вирішення прикладних задач електротехніки є важливим питанням професійної підготовки майбутніх фахівців, тим більш доречним є

висвітлення між предметних зв'язків спеціальних технічних дисциплін з дисциплінами фундаментального циклу. На нашу думку, доцільно виокремлювати певні теми курсу вищої математики, які стають допоміжним інструментарієм у розв'язанні саме задач професійного спрямування.

З метою виявлення перехресних знань з вищої математики та електротехніки, нами було проведено теоретичний аналіз літератури, який виявив широкий спектр прикладних задач, в яких використовується поняття визначеного інтегралу для обчислення певних фізичних величин.

Найбільш тісні зв'язки існують між курсами математики та електротехніки. Величезне значення для електротехніки мають такі математичні теми, як «Похідна», «Застосування похідної», «Інтеграл і його застосування». За допомогою методів математичного аналізу в значній мірі спрощуються вирішення багатьох фізичних задач.

Зокрема, знаходження законів руху по швидкості і прискорення, розподіл кількості електрики в ланцюзі змінного струму, розподіл маси неоднорідного лінійного стрижня по лінійній площині, робота змінної сили, статичні моменти і моменти інерції однорідних плоских фігур, робота електричного поля, магнітна індукція прямого провідника, накопичення кількості електрики в конденсаторі, щільність струму, питомі поверхневі і об'ємні заряди і опору. Наприклад,

$$i(t) = u(0)g(t) + \int_0^t u'(\tau)g(t - \tau)d\tau$$

називається інтегралом Дюамеля, який використовують для знаходження реакції ланцюга на дію довільної форми, знаючи реакцію однорідного рівноваги впливу, тобто функцію перехідною провідності  $g(t)$  та/або перехідну функцію за напругою  $h(t)$ . Цей метод розрахунку за допомогою інтегралу Дюамеля базується на принципі накладання. Зауважимо, що при знаходженні інтегралу Дюамеля для відокремлення змінної за якою виконується інтегрування, та змінної, яка визначає момент часу, тобто, саме в який ми обчислюємо струм у ланцюгу, зазвичай прийнято позначати як  $\tau$ , а іншу змінну як  $t$ .

Слід зазначити, що натеper наявні сучасні програми комп'ютерної математики (Mathcad, Maple Matlab, Mathematica тощо) які забезпечують автоматизацію розрахунку та аналізу перехідних процесів за допомогою інтегралу Дюамеля.

Як бачимо інтегрална числення володіє достатньо широким спектром знань практичного характеру. Але цю практично-прикладну спрямованість математики не слід розуміти лише у вузькому сенсі, цінуючи лише цю її сторону, як ту, що насичує знання великою кіль-



кістю прикладів й задач прикладного характеру. Без сумнівів, необхідно розуміти важливість усього комплексу математичних методів, які дозволяють моделювати фізичні процеси, прогнозувати результати та оцінювати похибки припущень, і все це нам дозволяють обчислювальний апарат інтегрування.

## **КРИВИНА КРИВОЇ ТА ЗАЛІЗНИЧНІ ЗАОКРУГЛЕННЯ**

**Гаряча В.В.**

*Науковий керівник – Бізюк В.В., канд. техн. наук, доцент*

Криві лінії знайшли широке застосування в геометричному моделюванні різних технічних об'єктів, процесів. Кривими лініями описуються, зокрема, перехідні заокруглення залізничних, трамвайних колій, автомобільних шляхів. Однією з характеристик кривої являється поняття кривини. Між прямими та кривими ділянками залізничного шляху влаштовують так звані перехідні криві, які влаштовуються для того, щоб кривина рейок в місці сполучення елементів шляху з різною кривиною змінювалася плавно, а не стрибкоподібно.

Метою доповіді є побудова математичної моделі на прикладі руху потягу на заокругленні із застосуванням диференціального числення для дослідження кривих.

Нехай потяг рухається спочатку прямолінійно, а потім заходить в заокруглення у вигляді дуги кола. В цьому випадку пряма є дотичною до кола, що не забезпечує плавності руху. Дійсно, на прямолінійній ділянці кривина дорівнює нулю, а при проходженні стику миттєво потяг здобуває прискорення. Отже, в момент переходу потяга через стик на нього миттєво діє сила і це явище зветься ударом. Як наслідок ушкоджується полотно, колеса, врешті не виключена аварія потяга. В доповіді пропонується, як вихід, замінити дугу кола системою дуг з різним радіусом кривизни, щоб запобігти явищу удару.

Розглянута математична модель безумовно може бути якісно ускладнена в залежності від потреб. Скажімо, особливо важливим є влаштування перехідних кривих при високих швидкостях руху потягів, застосуванні колійних кривих малого радіуса, важкому рухомому складі, проходженні довго базового рухомого складу. Геометричне моделювання розвинулося до просторових перехідних кривих залізничних колій, яке враховує ландшафт місцевості. Нарешті, пропонована модель може бути застосована не тільки на стадії проектування, а й для діагностики та оцінки існуючих залізничних шляхів для забезпечення безпеки руху.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ПОХІДНОЇ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ**

**Котенко А.О.**

*Науковий керівник – Бізюк В.В., канд. техн. наук, доцент*

Одним із основних прикладних завдань світлотехніки є обчислення світлотехнічних величин освітлювальних установок (рівні освітленості або яскравості, інші якісні показники). Досягнення необхідних проектних значень світлових параметрів у визначеному приміщенні та із заданими джерелами світла. Обчислення перенесення світлового потоку від джерела до приймальної поверхні є фундаментальним до світлотехнічних розрахунків. Це перенесення відбувається через повітря, яке вважається не поглинальним і не розсіювальним. Перенесення потоку визначається шістьма типами геометрії і типами випромінювача, зокрема точкове джерело до обмеженої приймальної поверхні.

Саме до такого типу відноситься задача, розглянута в доповіді: на якій відстані від поверхні круглого столу необхідно підвісити джерело світла, яке б забезпечило найбільшу освітленість на краю столу. Світло, яке досягає точки або поверхні, описується освітленістю, вимірюється густиною потоку або потоком, що падає на одиницю поверхні.

Мета доповіді полягає в побудові математичної моделі для розрахунку. В даному випадку це є функція однієї змінної, яка підлягає дослідженню на екстремум із застосуванням методів диференціального числення. Природно, в залежності від потреб, математична модель може ускладнюватись доповненням одного чи більше параметрів. Для функції двох змінних можливе дослідження на екстремум, для більшого числа параметрів необхідні принципи і методи оптимізації.

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ТА ІНТЕГРАЛЬНОГО ЧИСЛЕННЯ ДО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАДАЧ**

**Олексенко М.С.**

*Науковий керівник – Кузнецова Г.А., ст. викладач*

Метою дослідження є висвітлення застосування методів диференціального та інтегрального числень до розв'язання деяких технічних задач.

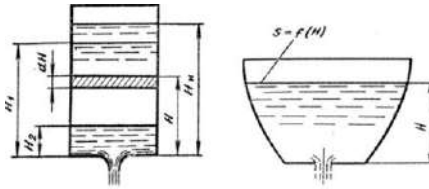
Математичні методи та ідеї є основою цілого ряду досліджень, які проводять у різних областях знань. Технічні науки займають одне з

провідних місць. Математичний апарат широко застосовується у будівництві, електротехніці, машинобудуванні і т. і.

Диференціальне й інтегральне числення – одні з найважливіших розділів математики у прикладному відношенні. З використанням методів інтегрального і диференціального числення вирішують завдання знаходження швидкості і прискорення поршня, горіння палива в циліндрах двигунів внутрішнього згорання, описують коливальні процеси в механічних, гідравлічних і електричних системах, досліджують процеси руху рідин і газів у гідравліці та термодинаміці і т.д.

У цій роботі ми б хотіли приділити увагу конкретним прикладам застосування інтегрального і диференціального числення в рішенні деяких типів завдань, що виникають в технічних дисциплінарних напрямках, які будуть корисні і цікаві майбутнім інженерам.

Розглянемо задачу витікання рідини при змінному напорі. Найпростіший приклад витікання рідини в атмосферу через донний отвір (рис.1) площею  $s$  з відкритого вертикального циліндричного резервуа-



ру, однакового по всій висоті поперечного перерізу  $S$ .

Рисунок 1 – Витік рідини при змінному напорі

Елементарний об'єм рідини  $dV$ , що пройшла через отвір за нескінченно малий проміжок часу  $dt$ , розраховують за формулою:

$$dV = \mu s \cdot v \cdot t = \mu s \cdot \sqrt{2gH} dt ,$$

де  $H$  – глибина рідини у резервуарі у даний проміжок часу;  $\mu s$  – ефективний прохідний (зливний) розріз отвору.

Глибину  $H$  протягом часу  $dt$  вважають постійною. Насправді за цей час рівень рідини в резервуарі опуститься на величину  $dH$  і об'єм рідини в ньому зміниться на  $dV = SdH$  ( $S$  - площа рідини для циліндричного вертикального резервуара діаметром  $d$ , вона дорівнює  $\pi d^2 / 4$ ). Знак «мінус» узятий тому, що з плином часу глибина  $H$  зменшується і, отже,  $dH$  буде негативною.

Внаслідок нерозривності потоку:

$$\mu s \cdot \sqrt{2gH} dt = -SdH$$

звідки:

$$dt = -\frac{SdH}{\mu s\sqrt{2gH}}$$

Повний час випорожнення резервуару визначають у результаті інтегрування рівняння:

$$\int_0^t dt = -\int_{H_H}^0 \frac{SdH}{\mu s\sqrt{2gH}}$$

Змінюючи межі інтегрування у правій частині, беручи коефіцієнт витрати  $\mu = const$  і виносячи постійні за знак інтеграла, матимемо:

$$t = \frac{S}{\mu s\sqrt{2g}} \int_0^{H_H} \frac{dH}{\sqrt{H}}$$

Після інтегрування отримаємо вираз:

$$t = \frac{2S\sqrt{H_H}}{\mu s\sqrt{2g}}$$

Цю формулу також можна застосовувати у випадку витікання рідини з отвору в бічній стінці резервуару. При цьому тиск  $H_H$  (висоту стовпа рідини) відліковують від центра отвору.

**Висновки.** Таким чином, у результаті проведеної роботи було: зроблено аналіз прикладів застосування методів інтегрального і диференціального числення до вирішення технічних завдань; наведено приклади розв'язання задач щодо застосування методів інтегрального і диференціального числень у гідравліці.

## ЗАСТОСУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХОНЬ ДРУГОГО ПОРЯДКУ В АРХІТЕКТУРНИХ СПОРУДЖЕННЯХ

*Сидоренко А.С.*

*Науковий керівник – Кузнецова Г.А., ст. викладач*

Метою дослідження є висвітлення застосування властивостей поверхонь другого порядку в архітектурних спорудженнях.

Тісний зв'язок між архітектурою і математикою відомий здавна. Сучасний архітектор повинен володіти хорошими знаннями аналітичної геометрії і математичного аналізу.

У сучасній архітектурі використовуються поверхні, що імітують природні форми. При цьому перед архітектором ставиться завдання натягування оболонки на плоский або просторовий криволінійний контур, утворений, наприклад, сегментами кінцевих перетинів. В цьому випадку поверхня оболонки може бути побудована за допомогою кривих другого порядку і лінійчатих напрямних поверхонь.

Розглянемо, які типи поверхонь, і в яких спорудах застосовуються.

У місті Вольфсбург, Німеччина, розташований комплекс під назвою Autostadt. На його території розташувалися різні об'єкти, пов'язані з концерном Volkswagen. У 2012 році тут з'явився новий павільйон, присвячений автомобільному бренду Porsche (рис. 1).



Рисунок 1 – Виставковий павільйон Porsche

В основу унікальної будівлі лягли вигнуті лінії. Створюється враження, що нерухома будівля рухається: то сповільнюється, то набирає уявну швидкість.

Зі своєю дугоподібною конструкцією даху, яка відливає матовим блиском і нагадує силует автомобіля Porsche, виставковий павільйон справляє на оточуючих незабутнє враження. Архітектори обрали для свого спорудження монококову схему (від франц. Monocoque: «єдина оболонка») і принцип «Несучої конструкції з активними поверхнями». В основі конструкції – еліпсоїд.

Приклади будівель і споруд, в основі яких також лежить еліпсоїд, наведені нижче на рисунках 2, 3. Нова штаб-квартира Фонду Жерома Сейду-Пате несподівана для погляду, що представляє собою вигнутий повітряний обсяг, який ширяє в середині споруди і підтримується лише кількома підпорами.



Рису-  
Фонд Пате.



нок 2 –  
Франція.

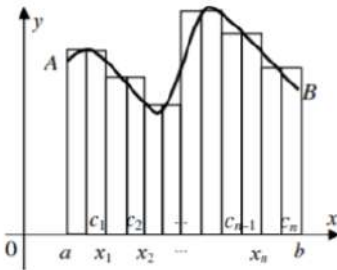
Рисунок 3 – Багатофункціональна будівля Showroom для компанії Tema Istanbul.

Вивчивши поверхні, їх види, властивості і можливості застосування в будівництві та архітектурі, ми прийшли до висновку про те, що знання, отримані майбутніми інженерами при вивченні математичних дисциплін дуже важливі. оскільки саме точний розрахунок і уява у сукупності здатні створити такі прекрасні твори мистецтва, які оточують нас.

### ЗАДАЧІ, ЩО ПРИВОДЯТЬ ДО ПОНЯТТЯ ВИЗНАЧЕНОГО ІНТЕГРАЛУ

*Кузнєцова Д.О.*

*Науковий керівник – Довгаль О.П., асистент*



Нехай на сегменті  $[a; b]$  задана неперервна невід’ємна функція  $y = f(x)$ . Криволінійною трапецією називається фігура, яка утворена відрізком  $[a; b]$  осі  $OX$ , прямими, що задані рівняннями  $x = a$  та  $x = b$  і графіком функції  $y = f(x)$  (рис. 1).

Знайдемо площу криволінійної трапеції  $aABb$ . Площа такої фігури не може бути знайдена за допомогою відомих з елементарної геометрії знань. Отже, будемо шукати інший спосіб.

Відрізок  $[a; b]$  розіб’ємо на  $n$  часткових сегментів за допомогою точок розподілу:  $a = x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_{n-1} < x_n = b$ . Довжини часткових сегментів будемо позначати так:  $\Delta x_1 = x_1 - x_0$ ;  $\Delta x_2 = x_2 - x_1$ ;  $\dots$ ;  $\Delta x_n = x_n - x_{n-1}$ . Через точки розподілу проведемо вертикальні прямі, внаслідок чого уся кри-

волінійна трапеція розбивається на  $n$  часткових криволінійних трапецій. У кожному частковому сегменті довільним чином виберемо проміжні точки  $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$ . Через них також проведемо вертикальні прямі. На кожному частковому сегменті побудуємо прямокутники, основою яких є часткові сегменти, а висоти дорівнюють значенню функції у проміжних точках. Площа  $k$ -го прямокутника знаходиться за формулою  $f(c_k)\Delta x_k$ , де  $k = 1, 2, 3, \dots, n$ .

Внаслідок такої побудови дістанемо ступінчасту фігуру, площа якої  $S_n$  знаходиться як сума площ усіх прямокутників.

$$S_n = f(c_1)\Delta x_1 + f(c_2)\Delta x_2 + \dots + f(c_n)\Delta x_n$$

або

$$S_n = \sum_{k=1}^n f(c_k)\Delta x_k.$$

Площа  $S_n$  цієї ступінчастої фігури наближено дорівнює площі  $S$  криволінійної трапеції.

Будемо тепер збільшувати кількість часткових сегментів, припускаючи, що  $n \rightarrow \infty$ . Позначимо через  $\lambda$  довжину найбільшого часткового сегмента,  $\lambda = \max_{1 \leq k \leq n} \Delta x_k$

Якщо  $\lambda \rightarrow 0$ , то кількість часткових сегментів буде необмежено збільшуватись, а довжини усіх часткових сегментів будуть наближатись до нуля. Коли існує скінченна границя  $S$  площі ступінчастої фігури за умови, що  $\lambda \rightarrow 0$ , то ця границя вважається площею криволінійної трапеції

$$S = \lim_{\lambda \rightarrow 0} S_n = \lim_{\lambda \rightarrow 0} \sum_{k=1}^n f(c_k)\Delta x_k.$$

Ця границя не повинна залежати від способу розбиття відрізка на часткові та від способу вибору проміжних точок.

Слід зауважити, що таким самим способом може бути розв'язано безліч задач геометричних, фізичних, хімічних тощо. Наприклад:

- Обчислення маси  $m$  неоднорідного стержня, тобто такого, в якому густина  $\rho(x)$  змінюється від точки до точки на ділянці  $[0; l]$ .

- Визначення шляху  $S$ , який пройшло тіло при прямолінійному нерівномірному русі за проміжок часу  $[t_1; t_2]$ , якщо відомо, що воно рухалось зі швидкістю  $v = v(t)$ .

- Виведення формули для обчислення роботи  $A$  змінної сили  $F(x)$  при переміщенні тіла по прямій з положення  $a$  в положення  $b$ , коли напрям сили співпадає з напрямом руху.

## УЛЬТРАВИСОКІ ТИСКИ

**Микосянчик А.В., Безхутра М.А., Білоус А.С.**  
*Науковий керівник – Назаренко Є.І., канд. фіз.-мат. наук, доцент*

Метою цієї доповіді є висвітлення деяких аспектів сучасного розділу експериментальної фізики – фізики високих тисків (англ. high-pressure physics). Матеріал цієї доповіді було створено за мотивами англomовного видання “Scientific American” [1].

Лабораторні установки сьогодні дозволяють отримувати статичні тиски понад 15 ГПа. У таких екстремальних умовах речовина виявляє нові властивості.

Так само, як температура і електрична напруга пов’язані із енергією, речовина, що знаходиться при високому тиску, має більшу механічну енергію, ніж при низьких тисках. Зміна температури і електричної напруги впливає на поведінку речовини, наприклад, речовина плавиться, кипить, іонізується, тощо. Зміна тиску приводить до структурних змін речовини, які досліджують за допомогою експериментів. Під час стискання газ перетворюється на рідину. Подальше стискання ця рідина перетворюється на «перемерзлу рідину» – скло, в якому молекули втратили свою рухомість у порівнянні з рідиною, але ще є неупорядкованими, як у рідині. Збільшення тиску дозволяє молекулам впорядкувати своє розташування, і речовина переходить у кристалічний стан. Наступне зростання тиску переводить отриманий кристал через низку фазових перетворень, весь час збільшуючи щільність пакування молекул у просторі. Після досягнення найбільш пакованої фази, відбувається «видавлювання» електронів з молекул, і кристал набуває металічного стану.

Подальше збільшення тиску, вже недосяжне у сучасних експериментах, відбувається всередині зірок, де речовина є настільки стиснутою, що між ядрами атомів з’являється взаємодія, і розпочинаються ядерні реакції.

#### **Список використаних джерел**

1 Hall H. T. Ultrahigh pressures. / H. T. Hall // Scientific American. – 1959. – Vol. 201(5). – P. 61 – 67.

## **КОСМІЧНІ ПРОМЕНІ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ**

**Іванченко А.О., Моїсєєва М.О.**  
*Науковий керівник – Назаренко Є.І., канд. фіз.-мат. наук, доцент*

Метою цієї доповіді є висвітлення деяких аспектів сучасного розділу експериментальної фізики – фізики високих енергій (англ. high-energy physics). Матеріал цієї доповіді було створено за мотивами англomовного видання “Scientific American” [1].



Космічні промені високих енергій приходять до нас із далекого космосу і мають енергії понад  $10^{18}$  eV (електрон-вольт). Вони дають нам можливість розгадати клубок питань про походження космічного випромінювання і будують нам нову картину нашої галактики.

Кожну секунду близько  $10^{19}$  частинок з космічних променів вриваються у земну атмосферу із космосу. Майже кожна з них має приблизно таку ж енергію, як частинка, створена сучасним найпотужнішим прискорювачем. Але мізерна частка частинок космічних променів має енергію у мільярди разів більшу. Астрофізики сильно цікавляться цими малочисельними частинками, оскільки саме вони дають нам ключ до розв'язання загадки походження космічного випромінювання.

Найголовнішою проблемою, з якою ми стикаємося у намаганнях з'ясувати, звідки приходять до нас космічні промені, є та, що ті напрямки, з якими космічні промені влітають у атмосферу Землі, ніяк не пов'язані з точками, де вони утворилися. Космічні промені являють собою заряджені частинки (голі ядра атомів водню разом з ненабагато важчими ядрами, а також електрони) і відчують на собі дію міжзоряних магнітних полів. Ці поля примушують їх рухатися вдовж спіральних траєкторій, які не можливо встановити, де вони починаються.

#### Список використаних джерел

1 Rossi B. High-energy cosmic rays. / B. Rossi // Scientific American. 1959. Vol. 201(5). – P. 134 – 146.

## НОБЕЛІВСЬКА ПРЕМІЯ З ФІЗИКИ 2020

*Вінограденко П.О., Мельник О.В.*

*Наукові керівники – Дульфан Г.Я., канд. фіз.-мат. наук, доцент,  
Петченко О.М., д-р фіз.-мат. наук, професор*

Цього року Нобелівську премію в галузі фізики дали за дослідження, пов'язані з чорними дірами — одним із найекзотичніших, як їх називає Нобелівський комітет, класом об'єктів у Всесвіті. Половина премії дістанеться 89-річному британському математику й фізику Роджеру Пенроузу. А другу між собою поділять 68-річний Райнхард Генцель з Німеччини та 55-річна Андреа Гез зі США. Якщо говорити в найбільш загальних рисах, то дослідження цих вчених пояснюють надзвичайно складну природу чорних дір. І навіть вказують конкретне місце в нашому куточку Всесвіту, де розташований один із таких об'єктів. Роджер Пенроуз, за формулюванням Нобелівського комітету, відкрив, «що утворення чорних дір є надійним передбаченням загальної теорії відносності». Це та сама теорія, яку в 1915-му році оприлюднив Альберт Ейнштейн. Вона змусила абсолютно по-новому поглянути на природу гравітації — того самого явища, яке тримає наш Всесвіт

укупі. Саме завдяки гравітації з пилу народжуються зорі, і вона є причиною їхньої загибелі — гравітаційного колапсу. Потужна гравітація, породжена великою масою, деформує простір і уповільнює плин часу. А надзвичайно велика маса може навіть «відітнути та інкапсулювати» фрагмент простору — так утворюється чорна діра. Ці речі складні для розуміння у побутових термінах, якими мислить абсолютна більшість з нас. Але науковці довели їх не просто теоретично, але експериментально.

Наприклад, три роки тому Нобелівську премію з фізики дали за виявлення гравітаційних хвиль під час злиття двох чорних дір. Їхнє існування впливає з тієї самої знаменитої теорії. Повертаючись до чорних дір, слід сказати, що в їхнє існування як реальних об'єктів у Всесвіті сам Ейнштейн не дуже вірив. Але це не заважало науковцям розв'язувати складні математичні рівняння, з яких теоретично випливало існування чорних дір в якомусь ідеальному Всесвіті. Так було до 1960-их років. Але в 1963-му були відкриті квазари — дуже далекі від нас об'єкти (за мільярди світлових років від нашої Галактики) з надзвичайно потужним випромінюванням. Найбільш логічне пояснення природи цих нових об'єктів передбачало існування чорних дір — цілком реальних, а не математичних. Сьогодні ми вже знаємо, що у квазарах справді є надмасивні чорні діри, які поглинають речовину, що їх оточує. Заслуга Роджера Пенроуза полягає в тому, що він з математичної точки зору описав чорні діри, якими вони є в реальному Всесвіті. Завдяки його роботі з'ясувалося, що в них усередині є сингулярність — певний стан, де закінчуються час і простір. Сьогодні немає фізичних теорій, які можуть пояснити феномен сингулярності. Вважається, що внесок Роджера Пенроуза до нашого розуміння загальної теорії відносності є найбільшим з часів Альберта Ейнштейна. Двоє інших цьогорічних лавреатів — Райнхард Генцель та Андреа Гез працювали окремо, але розв'язували одну й ту ж задачу. Вони досліджували Стрільця А\* (Sagittarius A\*) та його космічні околиці. Так називається астрономічний об'єкт — радіоджерело, розташоване за 26 тисяч світлових років від нас у центрі нашої Галактики. Це означає, що вся наша Галактика обертається навколо нього. Майже до кінця минулого століття не було технологій, які б дозволяли достатньо добре розгледіти цю область космосу, сховану за хмарами пилу. Але поява потужних оптичних телескопів та інших технологій дозволили розв'язати цю задачу. Райнхард Генцель разом із колегами працював на Дуже великому телескопі (Very Large Telescope, VLT). Це насправді комплекс із чотирьох телескопів, встановлений на чилійській обсерваторії Паранал. Кожен з цих телескопів має дзеркало діаметром понад 8 мет-

рів. Андреа Гез зі своєю командою працювала в обсерваторії Кека, розташованій на вершині Мауна Кеа на Гавайях. Там є два телескопи із дзеркалами діаметром понад 10 метрів кожне. Упродовж кількох десятиліть ці групи науковців спостерігали за рухом зірок в околицях центру галактики. Одна із них — S2 (або S0-2) розташована на відстані лише 17 світлових годин від Стрільця А\* (надзвичайно мало як для галактичних масштабів). Вона всього за 16 років зробила оберт навколо Стрільця А\*.

Для порівняння, нашому Сонцю, щоб зробити свій оберт навколо центру Галактики, треба 200 мільйонів років. Надзвичайно точні спостереження за цією та іншими зорями дозволили дослідникам порахувати, що Стрілець А\* за масою дорівнює приблизно масі 4 мільйонів наших Сонць, а його розмір не перевищує розміру Сонячної системи. Виходячи з усього, що нам сьогодні відомо, можна зробити висновок, що такий об'єкт може бути лише надмасивною чорною дірою.

Література:

1. Кризь терни до чорних дір [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://hromadske.ua/posts/kriz-terni-do-chornih-dir-komu-i-za-sho-dali-nobelivskupremiyu-z-fiziki-cogo-roku>.

## ОПТИЧНІ ІЛЮЗІЇ

**Назаренко А.С., Шаповалов І.В.**

*Наукові керівники – Дульфан Г.Я., канд. фіз.-мат. наук, доцент,  
Петченко О.М., д-р фіз.-мат. наук, професор*

Зорові або оптичні ілюзії – це обман зору, помилки в оцінці й порівнянні між собою довжин відрізків, величин кутів, відстаней, у сприйнятті форми предметів, що виникають у спостерігача за певних умов. Помилки ці численні, різноманітні й важко класифікуються. Образ, що сприймається зором може бути більш або менш викривленим і не відповідати дійсності. Але обманювати можуть як очі так і мозок. Тобто, можливо або невірно відчувати, або невірно тлумачити побачене. Таким чином, причини зорових ілюзій можуть бути фізіологічними, що залежать від будову органів зору, і психологічні, що залежать від отриманих раніше суджень, представлень, тобто від свідомості. До оптичних ілюзій можна віднести: *фізіологічні, фізичні та психологічні* ілюзії. Психологічні ілюзії обумовлені особливостями оптичного сприйняття людського ока та проявляються у нашому повсякденному житті дуже часто. Знання особливостей оптичного сприйняття має велике значення в образотворчому мистецтві та архітектурі, де вмиле їх використання розширює можливості художника або архітектора. Ви-

користовуючи ці знання при побудові картографічних художніх шрифтів, а також при роботі акварельними фарбами, ми можемо оптично посилити глибину простору, підкреслити або наблизити предмет до спостерігача. Сила ілюзорного бачення може бути різною. Вона залежить від образотворчих властивостей об'єкту вивчення, умов розгляду, психофізіологічних характеристик спостерігача. Значення ілюзії також може бути різним. Ілюзії – це не завжди лише перешкоди. З досвіду відомо, що зорові ілюзії діляться на три різновиди:

1) Ілюзії ефемерні, легко руйновані як тільки спостерігачу стає відомий істинний стан речей. Такі всі психологічні ілюзії, обмани, думки. До них відноситься, наприклад, ілюзорна неправильна думка про істинні розміри об'єктів на знімках, що не містять еталонних предметів відомих розмірів.

2) Ілюзії не стійкі, кориговані мисленням, які можуть бути свідомо подолані спостерігачем. Широко відома, наприклад, ілюзія об'ємності земної поверхні на картах: гір, горбів, долин, ярів, виникаюча за наявності світлотіні. Ця ілюзія створює правильне і неправильне, зворотне, враження про рельєф.

3) Ілюзії стійкі, які не зникають навіть якщо спостерігачу добре відомо, що спостережуване явище відповідає дійсності. Звичайно такі ілюзії мають фізіологічні походження. Наприклад, штучне стереоскопічне бачення. Стійкий характер мають також ілюзії світлового і тонового контрасту, при яких сіра пляма здається світлішою, ніж вона ж на білому фоні. Насправді можуть виникати одночасно різні ілюзії. Сьогодні вже ніхто з фахівців не сумнівається в тому, що сучасна діяльність у галузі дизайну нерозривно пов'язана з комп'ютерною технікою. Вся поліграфічна і рекламна продукція створюється чи дорацьовується за допомогою комп'ютера, який з предмета технічного оснащення перетворюється на могутній художній інструмент. За його допомогою розв'язуються найскладніші дизайнерські завдання. Кінець ХХ–початок ХХІ ст. характеризується прогресивними змінами у поліграфії — це не тільки удосконалення комп'ютерної техніки і поява якісних кольорових принтерів різноманітних модифікацій, а, головним чином, широке розповсюдження цифрових технологій у друці. Сучасні принтери виводять на папір зображення з високою якістю та виключають із традиційного виробничого циклу кольороподільні плівки, друкарські форми та друкарські машини. З'явилися так звані настільні видавничі системи, які є міні-аналогами професійних поліграфічних робочих станцій та включають до себе графічний планшет, сканер та кольоровий високоякісний принтер. Також для сфери цифрового мистецтва є характерним і те, що професійні художники та дизайнери по-

чали самі виконувати багато друкарських функцій, не перекладаючи їх на фахівців додрукарської підготовки. У багатьох комп'ютерних самовчителях та енциклопедіях, як правило, скорочено висвітлюються питання фізичної природи кольору, утворення колірних каналів та двох основних колірних моделей RGB і СМΥК, і, головним чином, розглядаються суто технічні питання. Основні терміни кольорознавства у таких виданнях відсутні, не кажучи вже про елементарні принципи колірної гармонії. Питання про кольороутворення на моніторі та кольоровідтворення на папері у практичній роботі виявляються найскладнішими.

Література:

1. Поняття про зорові ілюзії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://studopedia.su/5\\_7240\\_ponyattya-pro-zorovi-ilyuzii.html](https://studopedia.su/5_7240_ponyattya-pro-zorovi-ilyuzii.html).

## **ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА В'ЯЗКОСТІ РІДИНИ ЗА МЕТОДОМ СТОКСА**

*Константиновська Ю.С., Головачов О.В.*

*Науковий керівник – Безуглий А.В., канд. фіз.-мат. наук, доцент*

Пропонується віртуальна лабораторна робота з фізики, метою якої є вивчення особливостей руху кульки у в'язкій рідині та визначення в'язкості рідини за методом Стокса. Важливим достоїнством такої роботи, особливо в наш час, є можливість проводити її дистанційно.

Існують різні методи визначення коефіцієнта в'язкості рідини. Один із них, метод Стокса, базується на спостереженні падіння малої кульки в досліджуваній рідині.

При русі тіла в рідині сила тертя, яка обумовлена в'язкістю рідини, виникає не між тілом та рідиною, а між шарами рідини, бо її шар, що безпосередньо прилягає до поверхні тіла, прилипає до тіла і рухається із швидкістю тіла. Швидкість, якої набуває кожний наступний шар, тим менше, чим далі шар рідини від тіла. Таким чином, в цьому випадку ми маємо справу з так званим внутрішнім тертям.

Стокс розглядав повільний рух малої кульки в необмеженому середовищі, при відсутності завихрення рідини та вивів теоретично формулу для сили внутрішнього тертя.

Комп'ютерна програма моделює одновимірний рух кульки у в'язкій рідині за модифікованим алгоритмом Ейлера з урахуванням всіх сил, які діють на кульку: сили тяжіння, сили Архімеда та сили внутрішнього тертя. Оскільки вимірювання часу треба виконувати для рівномірного руху, програмою передбачено виведення на екран риси

в момент, коли всі сили, що діють на кульку, врівноважуються. З цього моменту рух кульки стає рівномірним. На екран виведено два секундоміри. Один вмикається з початком руху кульки і вимикається автоматично, коли кулька досягає дна судини. Другий можна вмикати і вимикати від руки, клацаючи мишкою на кнопки вмикання та вимикання. Радіус, масу кульки, висоту судини можна змінювати як завгодно, маючи тільки на увазі, що радіус кульки повинен залишатися менше за діаметр судини. Але якщо ви й забудете про це, програма нагадає, висвітлить зауваження. Якщо ви виберете кульку з питомою вагою, меншою за питому вагу рідини, відразу ж висвітлиться віконце з зауваженням, що кулька падати не буде. При малій різниці між кульки та рідини, кулька може пройти всю відстань, так і не досягнувши стану рівномірного руху. На панелі інтерфейсу також виведені параметри зображення, які можна змінювати, такі, як колір рідини, колір кульки, радіус зображення кульки. Тертя рідини об стінки судини, яке може виникати в реальному експерименті, коли радіус кульки та діаметр судини — величини одного порядку, не враховується.

Ще одна з переваг комп'ютерної лабораторної роботи – можливість виконувати роботу фронтально.

Ознайомившись із інтерфейсом програми, на панелі “Параметри установки” користувач – студент вибирає індивідуальне завдання у відповідності з номером варіанту. Комп'ютерна програма дає можливість змінювати параметри лабораторної установки та вимірювати час руху кульки як це робиться і при роботі на реальній установці у фізичній лабораторії механіки. Значення величин в віконцях інтерфейсу можна змінювати, зупиняти експеримент із збереженням всіх величин в даний момент часу. Клацнувши кнопкою “Запуск”, можна його продовжити або припинити, клацнувши мишкою на “Заново”.

## **ВИВЧЕННЯ РУХУ МІКРОЧАСТИНКИ В ПОТЕНЦІАЛЬНІЙ ЯМІ СКІНЧЕНОЇ ГЛИБИНИ**

*Мітін М.В., Долгополов С.М.*

*Науковий керівник – Безуглий А.В., канд. фіз.-мат. наук, доцент*

Дана робота представляє комп'ютерну лабораторну роботу з фізики (КЛР) метою якої є визначення власних значень енергії, власних хвильових функцій мікрочастинки та ймовірності її знаходження в будь-якому інтервалі значень координат в потенціальній ямі та за її межами, вивченню впливу скінченності та асиметрії потенціальних бар'єрів на зазначені величини. Ця робота взагалі не може бути поста-

влена в лабораторії, бо явища, що досліджуються в ній не можна спостерігати, як це дуже часто трапляється в квантовій фізиці.

Потенціальна яма – це обмежена область простору, що визначається фізичною природою взаємодії частинок, в якій потенціальна енергія частинки менша ніж за її межами.(рис. 1)

Одновимірний рух частинки в стаціонарному силовому полі, (всередині ями в області II) яка характеризується потенціальною енергією  $U$  та за її межами (в областях I та III) де  $U = 0$  визначається стаціонарним рівнянням Шредингера.

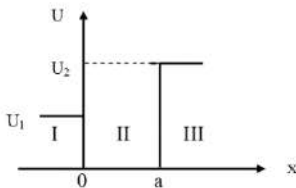


Рисунок 1 – Потенціальна яма

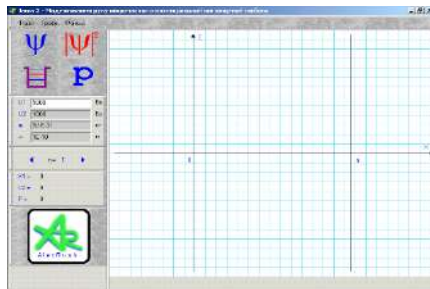


Рисунок 2 – Інтерфейс програми

Розв’язок рівняння дає можливість отримати трансцендентне рівняння для розрахунку власних значень енергії, власних хвильових функцій. Програма видає на екран монітора: схему енергетичних рівнів електрона в несиметричній ямі, тобто в ямі, обмеженій потенціальними стінками різної “висоти”  $U_1 \neq U_2$  (в частинному випадку в симетричній ямі  $U_1 = U_2$ ); графік  $\psi$ -функції, квадрата модуля  $\psi$ -функції  $|\psi|^2$ , ймовірність  $P$  знаходження мікрочастинки в будь-якій області всередині ями та за її межами. Отримати відповідну інформацію можна, клацнувши мишкою на кнопки:  $\psi$ ,  $|\psi|^2$ ,(рис.2). У відповідних вікнах можна змінювати значення  $U_1, U_2$ , ширини ями  $a$ , маси частинки  $m$ . За допомогою курсора можна встановлювати дві мітки в вибраних точках і обчислювати ймовірність  $P$  знаходження частинки в області між цими точками. Змінюючи номер  $n$   $\psi$ -функції можна отримувати графіки  $\psi$ ,  $|\psi|^2$  та значення  $P$  для будь-якого значення  $n$  від  $n=1$   $n=n_{max}$ . Програма дає можливість проводити обчислення в широких межах зміни параметрів.

Задаючи значення  $U_1 = U_2 = U_1$  згідно з таблицею завдань можна отримати на екрані схему рівнів енергії рівні  $E_n$  для симетричної ями з скінченними бар’єрами, для ями з нескінченно високими бар’єрами  $n \dots$

Для табличного значення  $U_1=U_2=U_1$  користувач-студент отримує на екрані графіки  $\psi_n$ ,  $\psi_n^2$  для будь-яких значень  $n$  ...



## ЗМІСТ

### **РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ОСВІТЛЕННЯ МІСТ, ЯКІ ПІДВИЩУЮТЬ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ НАДІЙНІСТЬ**

<i>Біленький О.С., Мокрецов І.О.</i> Аналіз поширених помилок в застосуванні світлодіодних джерел світла та пропозиції щодо їх вирішення.....	4
<i>Войтов К.О.</i> Зовнішнє освітлення, що працює від альтернативних джерел живлення.....	6
<i>Кіндінова А.К.</i> Оцінка ефективності застосування біологічно активного і емоційного освітлення для освітлення навчальних аудиторій.....	7
<i>Колесник К.Є.</i> Деякі аспекти освітлення фітнес центрів.....	9
<i>Біленький О.С., Мокрецов І.О.</i> Вивчення сонячних фотоелектричних елементів за допомогою лабораторного стенда.....	10
<i>Благул А.О.</i> Освітлення території та доріг промислового комплексу.....	11
<i>Мовчан В.Ю.</i> Пульсації світлового потоку світлодіодних джерел світла.....	12
<i>Жилін А.В.</i> Створення енергоефективних асинхронних двигунів.....	12
<i>Жилін О.В.</i> Удосконалення конструкції однофазного асинхронного двигуна з метою підвищення пускового моменту.....	14
<i>Косарева І.В., Французьонко А.С.</i> Формування теплових схем геліоводопостачання.....	16
<i>Нейтак В.О., Гнатовський М.С.</i> Дослідження температурних характеристик фотоелектричного модуля для синтезу його уточненої моделі.....	19
<i>Перепелиця А.С.</i> Моделювання промислової сонячної електростанції з 29-рівневим каскадним інвертором напруги.....	20
<i>Колодяжний С.В.</i> Існуючі конструкції та методики розрахунків сонячних колекторів в якості альтернативних джерел теплової енергії.....	22
<i>Поберій В.В.</i> Дослідження системи накопичення енергії на базі LiFePO <sub>4</sub> акумуляторів.....	24
<i>Ситник Д.В.</i> Дослідження систем керування сонячним трекером.....	26
<i>Соронін С.М.</i> Методи і засоби автоматизації систем електропостачання промислових підприємств.....	27
<i>Перхун О.Л.</i> Енергетичний аудит систем електропостачання.....	29
<i>Бузький М.Р.</i> Оптимізація розміщення компенсуючих батарей в замкненій електричній мережі.....	32
<i>Гапонов Д.С., Сантуженко В.В.</i> Оптимізація режиму узагальненої системи електропостачання за допомогою електронних таблиць.....	33
<i>Баранов Д.С., Кривцов В.Є.</i> Дослідження режимів роботи ліній електропередачі за допомогою кругових діаграм.....	34
<i>Сливник О.О.</i> Компенсація реактивної потужності в системах електропостачання промислових підприємств.....	36
<i>Боровіков Д.А.</i> Аналіз проблем експлуатації кабельних ліній.....	37
<i>Левандовський Б.С.</i> Підвищення пропускної здатності лінії електропередавання за допомогою нових конструкцій проводів.....	39
<i>Віщотенко А.О.</i> Вплив зносу силових трансформаторів на надійність електропостачання сільських електричних мереж.....	41
<i>Руденко Б.А.</i> Забезпечення надійності електропостачання відповідальних споживачів при виборі потужності і реалізації відключення навантаження по команді АЧР.....	43
<i>Філімонов П.С.</i> Впровадження цифрових пристроїв релейного захисту в мережу	



електропостачання міст.....	44
<i>Чередниченко І.Д.</i> Моделювання усталених режимів в трьох фазах на основі однолінійної потокової моделі сталого режиму.....	46
<i>Сухін В.Е.</i> Шляхи підвищення ефективності використання електроенергії на міському електротранспорті.....	48
<i>Чорний Д.В.</i> Сучасні методи бездротової передачі даних для обліку витрат енергоресурсів.....	51
<i>Бекян Д.Г.</i> Проблемні аспекти подальшого зростання частки відновлюваних джерел енергії при покритті графіків навантаження.....	55
<i>Маляр Б.П.</i> Аналіз методів покриття нерівномірності графіків електричного навантаження ОЕС України.....	57
<i>Кривенко А.О.</i> Інформаційне забезпечення процесів передачі та постачання електроенергії.....	59
<i>Носенко І.Л.</i> Порівняльний аналіз методів розрахунку електричних навантажень промислового підприємства.....	61
<i>Ширшова О.В.</i> Дослідження системи автоматизованого управління насосною установкою.....	63
<i>Будко А.В.</i> Підвищення надійності електропостачання шляхом секціонування мережі.....	65
<i>Беляєв А.А.</i> Аналіз використання відновлювальних джерел енергії для гібридних електричних систем.....	67
<i>Железняк Б.К.</i> Аналіз методики діагностики стану ізоляції електричних машин.....	68
<i>Миргородський Р.В., Денчик І.А.</i> Умови паралельної роботи ВЕУ і централізованої електричної мережі.....	70
<i>Пахомов Я.С.</i> Комп'ютеризація процесу діагностування систем і агрегатів рухомого складу МЕТ.....	71
<i>Ковалик М.М.</i> Контроль і моделювання параметрів для теплової діагностики справності обладнання.....	72
<i>Семецук О.С.</i> Технічні вимоги до систем діагностування електричних машин міського електротранспорту.....	75
<i>Ткач А.В.</i> Сучасні засоби діагностування електрообладнання тролейбусів з автономним ходом.....	76
<i>Лиман К.В.</i> Показники оцінювання надійності рухомого складу електротранспорту.....	78
<i>Камлук О.С., Каноненко О.А.</i> Особливості роботи вентильних індукторно-реактивних двигунів в електромеханічних системах.....	80
<i>Далецька І.П.</i> Вдосконалення перетворювача напруги чотирьохколісної платформи електромобіля.....	82
<i>Криволап С.В.</i> Підвищення надійності тягового електроприводу вагона метро в режимі гальмування.....	84
<i>Васенко В.О.</i> Узагальнений критерій ефективності діагностування.....	85
<i>Ізмалкін А.В.</i> Удосконалення системи захисту від струмів витоку транспортних засобів.....	88
<i>Мануйлова Е.Г.</i> Вдосконалення плавного пуску асинхронного електропривода.....	89
<i>Кошкош О.І.</i> Вдосконалення схеми розподілу навантаження трамвайно-тролейбусних тягових підстанцій м. Маріуполя.....	91
<i>Семецук О.С.</i> Технічні вимоги до систем діагностування електричних машин міського електротранспорту.....	92
<i>Труш О.Б.</i> Аналіз режимів роботи та забезпечення експлуатаційної надійності тролейбусів.....	93
<i>Хуружжа Д.М., Закурдай В.О.</i> Удосконалення роботи електроприводу гібридних	



транспортних засобів.....	95
<i>Чуриков Д.В.</i> Прогнозування технічного стану рухомого складу міського електричного транспорту.....	96
<i>Івах Ю.С.</i> Використання модульних тягових підстанцій для надійного електропостачання контактної мережі.....	98
<i>Малостенко В.Є.</i> Автоматизовані приводні електромехатронні системи.....	100
<i>Чернов О.О.</i> Сучасні конструкції електромехатронних систем.....	101
<i>Акіньшин Д.О.</i> Застосування штучних нейронів у теплових діагностичних засобах оцінки справності устаткування.....	102
<i>Воловод М.В.</i> Підвищення ефективності теплового діагностичного контролю справності обладнання.....	105
<i>Гнатова Г.А.</i> Сонячний трекер для підвищення ефективності сонячної зарядної електростанції.....	107
<i>Гребенніков Д.О., Лисак І.О.</i> Автоматизована система управління дорожнім рухом.....	109
<i>Камшуков А.В.</i> Пневморесорна система підвішування вагона метрополітену.....	110
<i>Коваль О.М.</i> Модернізація пристрою для оцінки ефективності гальмівної системи рухомого складу.....	111
<i>Кіслянський С.Ф.</i> Дистанційний контроль працездатності гальмівних систем рухомого складу.....	113
<i>Білоцерківська С.О., Барохович Р.А.</i> Інтерфейси транспортних засобів, CAN шина.....	114
<i>Гринько І.О., Дудка Д.С.</i> Застосування матеріалу нанопротек для підвищення надійності роботи дверей ліфта.....	116
<i>Єварлак А.В.</i> Дослідження параметрів ударної взаємодії вагона трамвая з рейковою в місцях стиків.....	117
<i>Диптан В.С.</i> Нормативні вимоги до надійності електричних машин рухомого складу електротранспорту.....	118
<i>Карпенко А.О.</i> Дослідження параметрів механічної частини електропривода тролейбуса.....	120
<i>Приступа О.Ю.</i> Роторно-поршневий компресор з оберненим асинхронним двигуном змінного струму для тролейбусів.....	121
<i>Тищенко С.Г.</i> Лабораторне дослідження взаємодії вагона трамвая з рейкою в місцях стиків.....	122
<i>Кисельова Є.М.</i> Екстремальне керування частотно-регульованим електроприводом ескалатору метрополітену.....	123
<i>Бокатова М.І.</i> Аналіз дії шкідливих речовин на організм працівника при виготовленні плієтилену.....	125
<i>Кадьян А.С., Малинка А.О.</i> Завдання та обов'язки служби охорони праці підприємства у профілактиці виробничого травматизму.....	126
<i>Кадьян А.С., Малинка А.О.</i> Реалізація питань забезпечення пожежної безпеки на підприємстві.....	128
<i>Кіссельман Є.М.</i> Психосоціальні небезпеки на робочих місцях.....	129
<i>Міколув О.М., Шутенко А.Г.</i> Аналіз причин виникнення професійних захворювань.....	131
<i>Міколув О.М., Шутенко А.Г.</i> Дослідження питання регулювання трудових відносин працівника та роботодавця.....	133
<i>Ягодка Є.Ю., Попов Д.С.</i> Аналіз причин нещасних випадків пов'язаних з виробництвом.....	134
<i>Ягодка Є.Ю., Попов Д.С.</i> Роль системи менеджменту охорони праці у підвищенні рівня виробничої безпеки.....	136
<i>Заставська В.А., Гордієнко І.С.</i> Актуальність оптимізації шумового режиму.....	138



<i>Коваленко Є.Є., Кадьян Є.В., Гайдукова А.Н.</i> Методи і засоби захисту від шуму...	140
<i>Мірошниченко А.А., Кунченко К.Р., Оржицька К.С.</i> Принципові стадії робіт в галузі боротьби із акустичним забрудненням.....	141
<i>Дубров Є.В.</i> Шляхи щодо зниження вібрації гірничих машин та устаткування.....	142
<i>Жукова К.О.</i> Аналіз аварійних ситуацій і аварій аміачно-холодильних установок на підприємствах харчової промисловості.....	144
<i>Філіпова К.В.</i> Небезпечні та шкідливі чинники виробничої системи отримання скляних виробів.....	146
<i>Колодяжна А.О.</i> Екологічні аспекти функціонування хлібопекарських підприємств та їх потенційна небезпека.....	148
<i>Лактіонова Н.В.</i> Екологічні аспекти впливу на навколишнє середовище Мартенівського виробництва на ВАТ «Запоріжсталь».....	150
<i>Горобинський Д.В.</i> Безпека харчових продуктів – складова безпеки життєдіяльності людини.....	152
<i>Степанова Д.А.</i> Основні аспекти нейтралізації забруднюючих речовин у робочих зонах коксохімічного виробництва.....	154
<i>Степанова Д.А.</i> Поліпшення акустичного режиму у виробничих приміщеннях.....	155
<i>Бабіщук К.О.</i> Щодо питання профілактики дорожньо-транспортного травматизму.....	157
<i>Володіна К.О.</i> Глобальні проблеми сучасності.....	158
<i>Бадьор А.О., Грушевський Д.С.</i> Аналіз вимог до рівня безпеки засобів індивідуального захисту працівників.....	160
<i>Бадьор А.О., Грушевський Д.С.</i> Професійні спілки як засіб захисту трудових, соціально-економічних прав та інтересів працівників.....	162
<i>Кравченко А.А., Скидан П.С.</i> Розслідування нещасних випадків на виробництві- важлива складова профілактики виробничого травматизму.....	164
<i>Кривецький Б.Б., Щербак К.В.</i> Нормування робочого часу працівників як складова профілактики виробничого травматизму.....	165
<i>Кривецький Б.Б., Щербак К.В.</i> Обов'язки роботодавця стосовно забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.....	167
<i>Кравченко А.А.</i> Дослідження питань забезпечення охорони праці при холодній обробці металів на металорізальних верстатах.....	169
<i>Захарова К.Б.</i> Безпека життя і здоров'я працівників – найважливіші питання охорони праці.....	171
<i>Кураксіна Д.І.</i> Небезпечні і шкідливі виробничі фактори при виконанні зварювальних робіт.....	172
<i>Бондарець Д.С.</i> Біологічний метод очищення від важких металів стічних вод гірничо-збагачувальних комбінатів.....	173
<i>Дейнега Є.Є.</i> Особливості прогностичного оцінювання ризику здоров'ю персоналу хімічно небезпечних об'єктів.....	175
<i>Ножка Ю.Р.</i> Сучасний стан соціального страхування в Україні.....	177
<i>Строт І.В.</i> Про необхідність розгляду укачування у якості фактору виробничого ризику осіб операторського профілю.....	179
<i>Підкопай Б.Н.</i> Пожежна безпека в електроустановках та рухомому складі метрополітену.....	181
<i>Бойко Д.В., Семенкова В.С.</i> Особливості негативного впливу виробничих шкідливих факторів на організм працюючої людини.....	183
<i>Варламова Г.О., Бойко Д.В.</i> Дослідження негативного впливу електромагнітного поля на здоров'я людини.....	185
<i>Діденко Д.В.</i> Системний підхід при дослідженні умов праці електромеханіка по ліфтам і ліфтовому обладнанні.....	187
<i>Назарець С.С.</i> Дослідження стану професійної захворюваності у сфері цивіль-	



ного захисту.....	189
<i>Семенкова В.С., Варламова Г.О.</i> Теоретичні передумови електричної небезпеки тролейбусів відносно поразки людини електричним струмом.....	191
<i>Скопець М.В.</i> Особливості проведення наглядової діяльності та експертизи з охорони праці на залізничних підприємствах.....	192
<i>Петрейко І.Я.</i> Аналіз причин травматизму працівників зайнятих виробництвом харчових концентратів.....	193
<i>Припростий В.О.</i> Рекомендації з забезпечення нормативних вимог охорони праці для електрогазозварювальників.....	194
<i>Рак К.Д.</i> Впровадження системи управління професійними ризиками як необхідна умова безпеки працівників.....	196
<i>Рак К.Д.</i> Організація безпечних умов праці працівників ковальських цехів.....	198
<i>Калашніков І.В., Калашнікова-Железова І.В.</i> Оцінка ризику на підприємствах.....	200
<i>Калашніков І.В., Калашнікова-Железова І.В.</i> Використання нейронних мереж для оцінки ризику.....	202
<i>Медвель Я.О.</i> Промислові відходи – цінна сировина для будівельної галузі.....	204
<i>Мартинюк Ю.О.</i> Використання промислових відходів для покращення експлуатаційних властивостей будівельних виробів.....	206
<i>Іванов О.А.</i> Спеціальні будівельні матеріали для захисту від ЕМВ.....	208
<i>Гладкий С.О.</i> Отримання активних мінеральних добавок з промислових відходів.....	209

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ІНЖЕНЕРНОЇ ЕКОЛОГІЇ УРБАНІЗОВАНИХ  
ТЕРИТОРІЙ. ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ГОСПОДАРЧО-ПИТНОЇ ВОДИ ТА  
ВОДИ, ЩО СКИДАЄТЬСЯ У ВОДОЙМИЩА**

<i>Боброва Т.О.</i> Обґрунтування реконструкції міських очисних споруд водовідведення №1 м. Харків.....	212
<i>Гончаренко В.В.</i> Особливості водопідготовки косметичних виробництв.....	214
<i>Дуда Є.В.</i> Підвищення ефективності біологічного очищення стічних вод від сполук фосфору за допомогою реагентів.....	216
<i>Красавін Є.О.</i> Інтенсифікація біологічного очищення стічних вод з метою видалення біогенних елементів.....	217
<i>Кудря О.В.</i> Особливості озонування питної води.....	219
<i>Нагорнюк Л.С.</i> Впровадження технології знезарадження питної води діоксидом хлору на Дніпровській водопровідній станції м. Київ.....	221
<i>Носко А.Е.</i> Інтенсифікація роботи очисних споруд водовідведення.....	223
<i>Попова Ю.О.</i> Особливості кондиціонування осадів стічних вод методом посиленого окислення.....	225
<i>Тихоненко С.М.</i> Інтенсифікація біологічного очищення стічних вод на міських очисних спорудах.....	227
<i>Тітова К.С.</i> Удосконалення технології біологічного очищення стічних вод підприємств хімічної промисловості.....	229
<i>Третьак О.Д.</i> Флотаційні методи очищення стічних вод.....	231
<i>Андрійченко Ю.В.</i> Шляхи зниження негативного впливу автотранспорту на атмосферне повітря.....	233
<i>Кривокоріна К.В.</i> Оцінка перспективи розвитку альтернативних видів енергетики в Україні.....	235
<i>Щербак О.М.</i> Способи отримання вторинних ресурсів із органічних відходів.....	237
<i>Лукашевич Д.С.</i> Розробка техніко-економічних рішень щодо підвищення екологічної безпеки територій населених пунктів (на прикладі м. Генічеськ, Херсонської обл.).....	239
<i>Буланова А.А.</i> Дослідження впливу режиму роботи дизеля на вміст твердих час-	



тинок у відпрацьованих газах.....	242
<i>Вишинська В.В.</i> Випробування універсальної системи екологічної діагностики теплових двигунів і котельень.....	243
<i>Бітюцька В.В.</i> Ботанічний заказник місцевого значення «западне»: наукове обґрунтування створення об'єкту ПЗФ (Дворічанський р-он, Харківська область).....	244
<i>Кулик А.С., Якових А.І.</i> До питання нітратного забруднення підземних вод у містах.....	246
<i>Жидкова І.Є.</i> Актуальність фасадного озеленення житлових будинків з метою зменшення шумового забруднення.....	248
<i>Базиль О.В.</i> Інноваційні технології виробництва екологічно чистих уралкідних олігомерів.....	250
<i>Рогожин Р.С.</i> Інноваційні технології виробництва гібридних акрилуалкідних та акрилуретанових композиційних матеріалів.....	251
<i>Погуляйко Е.В.</i> Інноваційні технології одержання наноконпозиційних матеріалів монтморилоніту.....	253
<i>Калиновська А.В.</i> Перспективи застосування польвошпатової сировини України та її способи збагачуваності.....	255
<i>Байрамов Емін Салех Огли.</i> Перспективні технології створення скаффолдів для регенерації кісткової тканини.....	257
<i>Кушнарєнко Ю.Л.</i> Кислотність атмосферних опадів на урбанізованих територіях.....	259
<i>Гримашевич А.М.</i> Процеси перетворення і розподілу важких металів у водних екосистемах.....	261
<i>Шаповал В.М.</i> Амінодіоцтова кислота як корисний ліганд у виробництві сорбційних матеріалів.....	262
<i>Максаков А.Д.</i> Краун-ефіри як комплексоутворювачі для екстракції важких металів.....	264
<i>Коробкіна О.Ю.</i> Напрямки розвитку нанотехнологій. Антропоморфні молекули..	265
<i>Єфімова А.В.</i> Вплив загальної мінералізації на якість питної води.....	266
<i>Козієва А.В.</i> Інноваційні напрямки створення антибактеріальної керамічної плитки.....	268
<i>Базиль О.В.</i> Термодинамічні розрахунки для прогнозування формування структури неформованих мас запроєктованих матеріалів.....	270
<i>Тюріна О.І.</i> Особливості одержання високоміцних склокерамічних покриттів по титану для стоматології.....	272
<i>Лихобаба А.Р.</i> Сірководокисне зріджене газу розчинами їдкою натрію.....	274
<i>Постолова Є.С.</i> Електрохімічна оцінка захисної здатності лакофарбових покриттів.....	276
<i>Кальницька І.В.</i> Вплив параметрів розподіленого навантаження на прогин і кут повороту консольної балки.....	277
<i>Романова А.В.</i> Дослідження напружено-деформованого стану в умовах деформування за межами пружності.....	278
<i>Бабасєв Д.М.</i> Визначення резерву несучої здатності поздовжньої балки візка вагону метро при дії рівномірно розподіленого навантаження при розрахунку по граничному стану.....	279
<i>Пенкін М.В., Савельєва Л.В.</i> Дослідження на міцність сталевоклеєвих з'єднань....	281
<i>Кальницька І.В.</i> Власні коливання висотних будівель.....	282
<i>Постолова Є.С.</i> Визначення прогину віддаючого рельсу при проходженні стикової нерівності порожнім вагоном трамвая.....	283
<i>Шабанова Ю.В.</i> Методика розрахунку анкерного кріплення опор при прокладанні траси влєп.....	284
<i>Данченко А.С.</i> Формування виграшних стратегій для прийняття рішень в умовах	

повної невизначеності.....	286
<i>Безхутра М.А.</i> Фізичні задачі, що приводять до диференціальних рівнянь.....	288
<i>Білоус А.С.</i> Геометричні задачі, що приводять до диференціальних рівнянь.....	289
<i>Щербата М.А.</i> Візуалізації в geogebra для подвійних інтегралів.....	290
<i>Князев І.О.</i> Візуалізації в geogebra при дослідженні неперервності.....	291
<i>Панченко А.В.</i> Моделювання оптового ринку на основі агентно-орієнтованих математичних моделей.....	292
<i>Гамаюн І.В.</i> Математична модель інтегрального індикатора рівня соціальної напруженості регіонів України з використанням таксопомічного аналізу.....	293
<i>Парфенов О.Є.</i> Диференціальні рівняння першого порядку в задачах геометрії і фізики.....	294
<i>Ворона Р.В.</i> Визначений інтеграл у прикладних задачах з електротехніки.....	295
<i>Гаряча В.В.</i> Кривина кривої та залізничні заокруглення.....	296
<i>Котенко А.О.</i> Застосування похідної для оптимізації світлового потоку.....	297
<i>Олексенко М.М.</i> Застосування методів диференціального та інтегрального числення до розв'язування технічних задач.....	298
<i>Сидоренко А.С.</i> Застосування властивостей поверхонь другого порядку в архітектурних спорудженнях.....	300
<i>Кузнєцова Д.О.</i> Задачі, що приводять до поняття визначеного інтегралу.....	302
<i>Микосянчик А.В., Безхутра М.А., Білоус А.С.</i> Ультрависокі тиски.....	303
<i>Іванченко А.О., Моїсєєва М.О.</i> Космічні промені високих енергій.....	304
<i>Вінограденко П.О., Мельник О.В.</i> Нобелівська премія з фізики 2020.....	305
<i>Назаренко А.С., Щаповалов І.В.</i> Оптичні ілюзії.....	307
<i>Константиновська Ю.С., Головачов О.В.</i> Вимірювання коефіцієнта в'язкості рідини за методом стокса.....	309
<i>Мітін М.В., Долгополов С.М.</i> Вивчення руху мікрочастинки в потенціальній ямі скінченної глибини.....	310



Наукове видання

Матеріали XIV Всеукраїнської студентської науково-технічної  
конференції «Сталий розвиток міст»  
(86-я студентська науково-технічна конференція  
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова)

2021 р.

ЧАСТИНА 2

За загальною редакцією проф. *Сухonos М. К.*

*Матеріали конференції опубліковані в авторській редакції*

Відповідальний за випуск *Старостіна А. Ю.*

Технічний редактор *Чумак О.М*

---

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства  
імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017