

**IV ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ,
ФАХІВЦІВ, АСПІРАНТІВ**



**«ПРОБЛЕМИ
ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ
В ПРОМИСЛОВОМУ РЕГІОНІ.
НАУКА І ПРАКТИКА»**



Тези доповідей
(15-17 травня 2018 г., ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь)
Маріуполь, 2018

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

РАДА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ ДВНЗ «ПДТУ»

ВІДДІЛ АСПРАНТУРИ І ДОКТОРАНТУРИ ДВНЗ «ПДТУ»

ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І СИСТЕМ
УПРАВЛІННЯ КРЕМЕНЧУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ



IV ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-
ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ
ВЧЕНИХ, ФАХІВЦІВ, АСПІРАНТІВ

**«Проблеми енергоресурсозбереження
в промисловому регіоні.
Наука і практика»**

Тези доповідей

(15-17 травня 2018 р., м. Маріуполь)

Маріуполь,
ДВНЗ «ПДТУ»
2018

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

УДК 620.9:621.3(08)

Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених, спеціалістів, аспірантів «Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика»: Зб. тез доповідей. Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2018. – 130 с.

Тези доповідей IV всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, спеціалістів, аспірантів «Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика» містять результати теоретичних та експериментальних досліджень, науково-дослідницькі розробки молодих учених, спеціалістів підприємств та організацій, аспірантів, студентів України в галузі енергетики та енергозбереження.

Роботи публікуються в авторській редакції.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

Зміст

1. Секція – Енергоресурсозбереження в електротехнічних комплексах, мережах та системах	4
2. Секція – Енергозбереження в теплоенергетичних установках і системах	35
3. Секція – Енергоресурсозбереження в металургійній промисловості	53
4. Секція – Енергоефективні технології в зварюванні та машинобудуванні	65
5. Секція – Енергоресурсозбереження на транспорті	84
6. Секція – Інформаційні технології в енергоресурсозбереженні.....	124

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

Зміст

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ КЕРУВАННЯ ІПУ	АЛГОРИТМИ	ВЕКТОРНОГО	6
У. Бенхамму, магістрант, С.С. Димко, ст.викл., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».....			
ИССЛЕДОВАНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА РЕЛЬСОЗАКАЛОЧНОЙ РЕЛЬСОБАЛОЧНОГО ЦЕХА	РЕЖИМОВ СИСТЕМЫ ПОВЫШЕННОЙ МАШИНЫ	РАБОТЫ И УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ	6 8
О.С. Коробкин, магістрант, С.К. Поднебенная, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет».....			
МЕТОДИ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	ДОСЛІДЖЕННЯ	ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ	9
П.О. Курляк, доцент, В.С. Костишин, професор, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.....			
РАЗВИТИЕ И ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ	И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ	МЕТОДОВ МОЩНОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО	11
А. Н. Минко, к.т.н., инженер, ЧНПФ «Анкор-Теплоэнерго», г. Харьков.....			
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИЩИХ ГАРМОНІК СЛУЖБИ КАБЕЛЬНИХ СЕКЦІЙ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОБУРА	СТРУМУ НА ТЕРМІН	13	13
У.М. Николин, доцент, Б.О. Галамага, магістр, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.....			
МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ НАСОСНИХ АГРЕГАТАХ	ВТРАТ У ВІДЦЕНТРОВИХ	15	15
П.М. Николин, асистент, О.В. Зімайло, студент, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.....			
АВТОМАТИЗОВАНА ПОДАЧІ ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ В КОТЕЛ	ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА	СИСТЕМИ	17
Ю.В. Пасека, студент, Ю.С. Чубань, студент, Д.К. Байрак, студент, Н.Д. Красношопка, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».....			
АВТОМАТИЗОВАНИЙ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТИСКУ МАСЛА ГІДРАВЛІЧНОГО ПРЕСУ	ЕЛЕКТРОПРИВОД	СИСТЕМИ	19

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

С.С. Пономаренко, студент, Н.Д. Красношарпа, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	19
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ЧАСУ МАКСИМАЛЬНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ.....	21
Ю.Ф. Романюк, доцент, О.В. Соломчак, доцент, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.....	21
РОЗРОБЛЕННЯ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ БЕЗПРОВІДНОГО КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ	23
О.В. Соломчак, доцент, О.І. Дубас, студент, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.....	23
ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕРСТАТОМ-ГОЙДАЛКОЮ.....	24
Г.І. Стахів, студент, О.В. Соломчак, доцент	24
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу	24
ЕНЕРГОЗАОЩАДЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОБУРІННЯ.....	26
М.Й. Федорів, доцент, І.Д. Галушак, доцент, І.М. Михайлів, асистент, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу	26
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕКТОРНО-КЕРОВАНОГО СИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ В СИСТЕМАХ ІМПУЛЬСНОЇ ПОДАЧІ ПРИСАДНОГО ДРОТУ	30
О.М. Халімовський, доцент; В.В. Комольцев, магістрант; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	30
АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ.....	32
В.В. Бурлака, доц., к.т.н., С.К. Поднебенная, доц., к.т.н., С.В. Гулаков, проф., д.т.н., ГВУЗ «ПГТУ».....	32
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ГИБРИДНЫМ КОМПЕНСАТОРОМ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ (ГКРМ)	33
О.С. Савенко, спеціаліст, ГВУЗ «ПГТУ», С.К. Поднебенная, доц., к.т.н., С.В. Гулаков, проф., д.т.н., В.В. Бурлака, доц., к.т.н.	33
КЕРУВАННЯ СПОЖИВАННЯМ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ МАШИНИ КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ	34
С.К. Поднебенная, доц., к.т.н., В.В. Бурлака, доц., к.т.н., С.В. Гулаков, проф., д.т.н., ДВНЗ «ПДТУ»	34

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ АЛГОРИТМИ ВЕКТОРНОГО
КЕРУВАННЯ ШПУ**

*У. Бенхамму, магістрант, С.С. Димко, ст.викл., Національний
технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»*

На підприємствах видобувної промисловості набирає темпу модернізація електроприводів шахтних підйомних установок, але цей процес поступовий. Внаслідок великої потужності приводних двигунів витрати на модернізацію устаткування завеликі. Сучасні системи електропривода підйомних установок мають високі енергетичні та динамічні характеристики, але більшість підприємств використовують існуюче устаткування.

Відомо, що більш, ніж 50% генерованої електроенергії споживають системи електроприводу. Значну долю серед них складають векторно керовані асинхронні двигуни (АД). Одним із недоліків таких ЕМС є зниження коефіцієнту корисної дії (ККД) при зменшенні навантаження при номінальному потокозчепленні ротора. Розв'язання цієї проблеми дозволить не тільки підвищити ефективність споживання електроенергії та знизити собівартість виробництва.

Одним із простих методів зменшення теплових втрат є стратегія (МТРА – Maximum Torque pro Ampere), яка полягає у забезпеченні максимально можливого відношення електромагнітного моменту двигуна до струму статора.

Метою роботи є дослідження методів підвищення енергоефективності електропривода ШПУ.

В даній статі буде проведено порівняння енергоефективності алгоритму прямого векторного керування швидкістю АД (DFOC) та алгоритму Максимальний момент на ампер (МТРА) на прикладі роботи шахтної підйомної установки (ШПУ) при підйомі корисного вантажу та опусканні порожньої кліті в початкове положення. В якості приводу використовуємо АД з КЗ ротором типу 4А355М2У3 потужністю 315 кВт та номінальним моментом 1023 Нм. Параметри ШПУ: глибина шахти 400 м, вага корисного вантажу, що підіймається – 1416 кг, вага кліті – 2670 кг, вага одного погонного метру головного канату 2.8 кг/м, швидкість підйому корисного вантажу 13 м/с, діаметр барабану лебідки 2.1 м, передатне число редуктора 21, $\eta_{ред}$ ККД редуктора - 0.9;

Порівняння алгоритмів проведемо в наступній послідовності: 1. При використанні алгоритму DFOC на проміжку часі ($0 < t < 2$ с) відбувається намагнічення двигуна за траєкторією другого порядку, при цьому вал ротора знаходиться у нерухомому стані; 2. Після намагнічу-

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

вання двигуна відбувається розгін до заданої швидкості в 286.65 рад/с за проміжок часу $t_{\text{п}}=13\text{с}$; 3. Момент навантаження прикладується в момент зрушення двигуна і формується за рівнянням статичних зусиль ШПУ. 4. Після розгону двигун обертається з усталеною швидкістю протягом 17.8 с. 5. Гальмування двигуна за інтервал часу $t_{\text{г}}=13\text{с}$. 6. Після зупинки двигуна знімається навантаження та відбувається пауза 10с. 7. Відбувається переміщення в зворотному напрямку.

Слід відмітити що, в системі не відбувається рекуперація енергії в мережу.

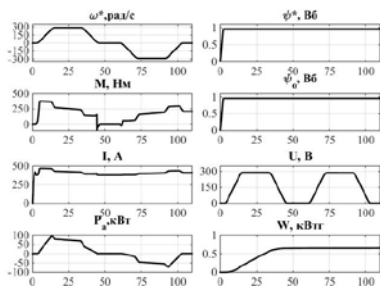


Рис. 1 – Графіки п.п. при використанні алгоритму прямого векторного керування швидкістю

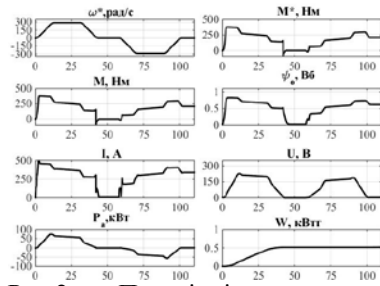


Рис.2 – Перехідні процеси при використанні алгоритму МТРА

З графіків видно, що при використанні алгоритму прямого векторного керування швидкості струм статора має майже постійне значення, це пов'язано з тим що в систем підтримується постійне значення поточкозчеплення ротора. При використанні алгоритму МТРА величина струму що протікає в обмотках статора залежить лише від величини навантаження.

Таким чином, при використанні алгоритму МТРА споживання електроенергії з мережі становить 0.51 кВтг а при використанні алгоритму DFOC даний показник становить 0.627 кВтг. З цих показників можна зробити висновки, що система векторного керування АД з використанням стратегії МТРА забезпечує зменшення споживання енергії з мережі приблизно на 18.7% при робочому циклі ШПУ. Виходячи з цих результатів можна сказати що, алгоритм МТРА може бути енергоефективніший для роботи електроприводу з навантаженням нижче номінального, в таких установках як шахтні підйоми установки та ліфтові підйомні установки.

ЭНЕРГОЗБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ГЕНЕРАТОРА ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ
РЕЛЬСОЗАКАЛОЧНОЙ МАШИНЫ В УСЛОВИЯХ
РЕЛЬСОБАЛОЧНОГО ЦЕХА**

*О.С. Коробкин, магистрант, С.К. Поднебенная, доцент,
ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»*

Важнейшим направлением производства рельсов является увеличение их качества и долговечности, что связано с тенденцией повышения грузонапряженности на железнодорожном транспорте и растущей конкуренцией на мировом рынке. В связи с этим исследования, направленные на повышение качества рельсов, а также сокращение затрат на их производство являются важными и актуальными.

Существующая система управления электрическим оборудованием комплекса термической закалки на металлургическом комбинате «Азовсталь» имеет ряд существенных недостатков, главным из которых является моральное и физическое устаревание элементной базы, в связи с этим невозможно реализовать более эффективные методы управления процессом закалки. Кроме этого, в существующей системе регулировка мощности, подводимой к индукторам, осуществляется в ручном режиме, ошибка технолога может привести к нарушению технологического процесса закалки и стать причиной возникновения брака.

Новая система управления, построенная на базе ПЛК фирмы Siemens серии S7-300 позволит решить все вышеперечисленные проблемы, вместе с тем расширит функциональные возможности системы, позволит реализовать новые, более эффективные режимы работы. Современная элементная база повысит точность управления, ремонтнопригодность системы. Модульность обеспечит огромное количество новых функций. Система визуализации, предоставит технологу широкий набор новых возможностей для мониторинга и управления процессом закалки, позволит регистрировать все технологические параметры с одного места. Система оповещений позволит предотвратить аварийные ситуации.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

*П.О. Курляк, доцент, В.С. Костишин, професор,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Одним із найактуальніших стратегічних завдань збереження енергетичної незалежності України в умовах сучасного стрімкого росту ціни на енергоносії є дослідження та впровадження енергоефективних режимів роботи технологічного обладнання всіх галузей промисловості. Величезну частку – більше 70% від загального об'єму електроприводів, що використовуються в нафтогазовій промисловості займають електроприводи змінного струму на базі асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. Особливо слід відмітити електроприводи насосів, вентиляторів, компресорів, які є найбільш масовими виробничими механізмами. Враховуючи те, що загальна встановлена потужність асинхронних електроприводів в країні складає близько 40-50 млн.кВт., забезпечення ефективного перетворення енергії електроприводами (ЕП) є одним із першочергових завдань енергозбереження на підприємствах. Застосування сучасних методів та програм імітаційного комп'ютерно-орієнтованого моделювання для вирішення таких завдань дасть змогу спростити процес аналізу та оперативного керування динамічними режимами роботи типових ЕП технологічного обладнання будь-якої галузі промисловості.

Питанням дослідження режимів роботи ЕП засобами сучасних прикладних програм присвячено багато праць. У більшості із них для моделювання ЕП використовується MATLAB. Деякі роботи застосовують для моделювання ЕП метод Bond Graph. Вибір того чи іншого комп'ютерно-орієнтованого методу моделювання є суб'єктивним, оскільки всі вони володіють потужними можливостями.

Поряд з такими методами для досліджень динамічних і статичних режимів в інженерній практиці зустрічається спрощене лінійне або лінеаризоване моделювання, яке дає змогу створювати нескладні математичні та наочні структурні моделі на основі однофазних заступних схем для побудови статичних та динамічних характеристик електропривода. Класичним прикладом такого моделювання є формула Клосса для дослідження механічної характеристики асинхронного двигуна та її різновид.

Для проведення дослідження енергоефективних динамічних режимів роботи в електротехнічних комплексах нафтогазової промисловості авторами запропоновано застосування швидко прогресуючого методу Bond Graph [1].

Метод Bond Graph дає змогу представити модель ЕП у вигляді позначеного і напрямленого графа, вершинами якого є підмоделі фізи-

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

чних явищ, а стріли символізують енергетичні зв'язки між ними. Такі зв'язки виражають ідеальний потік енергії між двома сполученими елементами та представлені двостороннім сигнальним потоком енергетично-спряжених змінних зусилля $e(t)$ і потоку $f(t)$. Добуток цих змінних рівний миттєвій потужності $p(t)$ у визначений момент часу t , а величина енергії $e(t)$, яка передається через порт елемента, визначена як інтеграл по часу від потужності $p(t)$. Енергетичні змінні $e(t)$ і $f(t)$ знаходяться відповідність у кожній фізичній підсистемі ЕП [1]. За допомогою симулятора 20-sim із Bond Graph моделі ЕП автоматично генеруються системні диференціальні рівняння, забезпечується їх вирішення та у графічній або текстовій формі відображають залежності змінних стану ЕП в функції часу чи інших змінних.

На основі методу Bond Graph авторами розроблені графо-енергетичні моделі ЕП із двигунами постійного та змінного струму [1,2]. Запропоновані моделі побудовані на основі закону збереження енергії, відрізняється від існуючих аналогів здатністю відображати у графічній формі потоки енергії між конструктивними елементами реальних об'єктів та враховувати взаємовплив електромагнітних і механічних процесів на режими роботи ЕП.

Використання комп'ютерно-орієнтованих Bond Graph моделей ЕП для дослідження динамічних режимів їх роботи дає можливість проводити аналіз енергетичних процесів у його складових підсистемах різної фізичної природи, дозволяє значно спростити та прискорити процес прогнозування енергоефективних режимів з метою впровадження заходів із енергозбереження в електротехнічних комплексах промислових підприємств.

Література

1. Костишин В.С. Створення комп'ютерно-орієнтованих моделей електроприводних агрегатів нафтогазової промисловості / В.С. Костишин, П.О. Курляк // Нафтогазова енергетика. – 2007. – №1(2). – С.50-56. – ISSN 1993–9868.
2. Курляк П.О. Аналіз енергетичних потоків у системах різної фізичної природи електроприводних турбомашин / П.О. Курляк // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – №2/1(22). – С. 12-17. – DOI: 10.15587/2312-8372.2015.41406

ЭНЕРГОЗБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

**РАЗВИТИЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ
ОХЛАЖДЕНИЯ МОЩНОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

А. Н. Минко, к.т.н., инженер, ЧНПФ «Анкор-Теплоэнерго», г. Харьков

В настоящее время остро стоит проблема реализации эффективной системы охлаждения крупных металлургических и энергетических объектов промышленности. В первую очередь это продиктовано требованием увеличения установленной мощности (или производительности) на технологических агрегатах без изменения габаритов и материалоёмкости конструкции технологической линии в целом.

Для энергетической промышленности наиболее актуальным вопросом является повышение эффективности отвода тепла от турбогенератора (ТГ) при проведении ремонтно-восстановительных работ. Наши теоретические и практические исследования позволили сформулировать следующие рекомендации для развития и усовершенствования методов охлаждения турбогенераторного оборудования:

– для реализации эффективной системы охлаждения ТГ использовать в проектировании подход, изложенный в [1, 2];

– при снижении материалоёмкости современной конструкции охладителей ТГ использовать положения изложенные в [3];

– модернизацию и ремонт газоохладителей ТГ производить с учетом результатов приведенных в [4].

– расчет и проектирование газоохладителей для новых ТГ рекомендуется проводить с использованием программы [5].

Для металлургической и нефтегазовой промышленности предлагается к реализации практический опыт усовершенствования систем охлаждения следующих технологических установок:

– для оптимизации работы теплообменного оборудования (экономайзеров, холодильников, пластинчатых и кожухотрубных теплообменников) предлагается использовать технические решения, изложенные в [6];

– для повышения эффективности работы оборудования испарительной системы охлаждения может быть использован опыт создания градирен, приведенный в [7];

– практические рекомендации по модернизации водоохлаждаемых газоходов, отходящих металлургических газов изложены в [8].

Література

1. Минко А.Н. Комплексный подход проектирования систем охлаждения крупных электрических машин (турбогенераторов). – Электро-

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

оборудования: эксплуатация и ремонт. – 2017. – №1. – С. 12–18.

2. Минко А.Н. Определение вариантов компоновки теплообменного узла в турбогенераторах по его основным функциональным показателям: зб. наук. праць XIV Міжнародної наук.-техн. конф. м. Кременчук 14-15 квітня 2016 р. / Кременчук, КрНУ, – 2016. – С. 218–219.

3. Шевченко В. В., Минко А. Н. Оптимизация массогабаритных характеристик газоохладителей турбогенераторов при реконструкции и техническом перевооружении / В. В. Шевченко, А. Н. Минко // Энергетик. – М.: НТФ «Энергопрогресс» – 2016. – №2 – С. 52–54.

4. Минко А. Н. Моделирование теплообменных процессов в трубках охлаждения газоохладителей для модернизации турбогенераторов: зб. наук. праць XIII Міжнародної наук.-техн. конф. м. Кременчук 08-09 квітня 2015 р. / Кременчук, КрНУ, – 2015. – С.

5. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 39709. Київ: Міністерство освіти і науки України, Державний департамент інтелектуальної власності, 16.08.2011 «Комп'ютерна програма «Fahrenheit v.0.1 / Кузьмін В.В., Мінко О.М., Гордієнко В.Ю., Шевченко В.В.

6. Минко А. Н. Критерии оптимизации теплообменного оборудования в энергетике. – Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XVI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 12–13 квітня 2018 р. – Кременчук: КрНУ, 2018. – С. 115–116.

7. Минко А.Н. Теплообменное оборудование открытого типа металлургического завода при его эксплуатации в условиях тропического климата. – Инновационные пути модернизации базовых отраслей промышленности, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей природной среды: сборник научных трудов VI Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, 22–23 марта 2017 г., г. Харьков. – Х. : ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», 2017. – С. 20-24.

8. Пат. №117244 Україна, МПК (2006.01) F28D 7/10 Теплообмінний апарат / Мінко О.М., Сталінський Д.В., Мантула В.Д.; заявитель и патентообладатель ДП «Український науково-технічний центр металургійної промисловості «Енергосталь», – у 2016 12641; заявл. 12.12.2016; опубл. 26.06.2017, Бюл. №12.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИЩИХ ГАРМОНІК СТРУМУ НА ТЕРМІН
СЛУЖБИ КАБЕЛЬНИХ СЕКЦІЙ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОБУРА

*У.М. Николін, доцент, Б.О. Галамага, магістр, Івано-Франківський
національний технічний університет нафти і газу*

Сучасні технологічні процеси, зокрема процес спорудження нафтових свердловин, передбачають застосування потужних нелінійних, несиметричних і швидкозмінних в часі електричних навантажень, які викликають різке погіршення показників якості електроенергії. Проведені експериментальні дослідження енергетичних параметрів, які характеризують процес активного буріння в масштабі реального часу, підтверджують наявність в струмах та напругах живлення двигуна електробура складових вищих гармонік [1]. Слід зазначити, що з заглибленням свердловини рівень цих гармонік зростає.

Одним з наслідків впливу вищих гармонік струму на роботу електрообурового обладнання є зростання нагріву електроприймачів і, відповідно, інтенсифікація процесів старіння ізоляції. Якщо ж говорити про занурюване електрообладнання, до якого належить кабельні секції (КС) лінії живлення та асинхронний двигун електробура і для яких характерним є низький рівень надійності функціонування, то негативний вплив наявних вищих гармонік струму буде особливо відчутним.

Термін служби ізоляції КС залежить від перегріву і може бути розрахований за допомогою формули Монтцингера, що базується на основі «восьмиградусного правила». Але вона має обмежене застосування, тільки для класу ізоляції «А». Крім того, виникає необхідність експериментального визначення деяких коефіцієнтів. Тому зручнішим є визначення терміну експлуатації ізоляції КС за наступним виразом [2]:

$$D = D_{ном} \cdot \exp\left(-B \frac{\tau - \tau_{дон}}{\tau + 273}\right), \quad (1)$$

де D , $D_{ном}$ - відповідно термін служби ізоляції КС при встановленій розрахунковій та номінальній температурах; B - сталий безрозмірний коефіцієнт для певного класу нагрівостійкості, для гумової ізоляції він складає 25,1; τ , $\tau_{дон}$ - відповідно температура перегріву та допустима температура нагріву ізоляції КС.

Для живлення двигунів електробурів використовують гнучкі кабелі з підсиленою гумовою ізоляцією типу КГТШЭ, КСТ1. Допустима температура такого кабелю становить $\tau_{дон} = 75^\circ C$, а термін служби за умови номінального навантаження жил складає 15 років.

Температуру перегріву КС пропонується визначати як сумарну:

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

$$\tau = T_{2(1)} + \Delta T_{2v} + T_{заб}, \quad (2)$$

де $T_{2(1)}$ - температура провідника (жили), зумовлена протіканням струму правильної синусоїдної форми (наявна тільки основна перша гармоніка); ΔT_{2v} - додатковий нагрів КС, зумовлений протіканням струмів 3, 5, 7 і 9 гармонік; $T_{заб}$ - температура бурового розчину на забої свердловини.

Під час проведення експериментальних досліджень під час спорудження свердловини «Ясиновець» експедицією Прикарпатського УБР та опрацювання отриманих результатів, було визначено вище зазначені температури на глибині 2267 м [1]. Згідно (2) температура перегріву становить $\tau = 79.158^\circ \text{C}$.

Термін служби ізоляції КС, яка знаходиться на забої свердловини при цьому:

$$D = 15 \cdot \exp\left(-25.1 \frac{79.158 - 75}{79.158 + 273}\right) = 11.2 \text{ роки.}$$

Отже, перегрів ізоляції КС для живлення занурюваного двигуна електробура на 40С зумовлює скорочення терміну служби ізоляції на 25%, що підтверджує «десятиградусне» правило щодо скорочення терміну служби ізоляції. З метою зменшення додаткового нагрівання КС необхідно здійснювати контроль за рівнем вищих гармонік струму.

Література

1. Николин У.М. Піввищення надійності функціонування комплексу електротехнічних засобів для буріння свердловин: дис. ... кандидата техн.наук: 05.09.03 / У.М. Николин. – Івано-Франківськ, 2012. – 115 с.
2. Фокин Ю.А. Оценка надежности систем электроснабжения / Ю.А. Фокин, В.А. Туфанов. – М. : Энергоиздат, 1981. – 225 с.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВТРАТ У ВІДЦЕНТРОВИХ
НАСОСНИХ АГРЕГАТАХ

*П.М. Николін, асистент, О.В. Зімайло, студент, Івано-Франківський
національний технічний університет нафти і газу*

Однією із причин проблеми енергозбереження у відцентрових насосних агрегатах є їхня робота в режимах далеких від оптимальних. Під час проектування насосного обладнання допускається значне спрощення при визначенні деяких величин, що в свою чергу призводить до неточностей при оцінці енергетичної ефективності його роботи. Аналіз існуючих математичних моделей електроприводного відцентрового насосного агрегату показав, що втратами потужності в сальниках, підшипниках нехтують, а сумарні механічні втрати – приймають постійними на всьому інтервалі зміни його витрати [1]. Таке припущення не є достовірним. Створення адекватної моделі є запорукою адекватного відображення ефективності енергетичного перетворення енергії у відцентрових насосних агрегатах.

Повний ККД відцентрового насоса визначається за виразом:

$$\eta_{\Sigma} = \frac{N_K}{N_C} = \eta_{\Gamma} \eta_O \eta_{\text{мех}}, \quad (1)$$

де N_K, N_C - відповідно корисна гідравлічна потужність та споживана потужність із електричної мережі насосом; $\eta_{\Sigma}, \eta_{\Gamma}, \eta_O, \eta_{\text{мех}}$ - відповідно повний, гідравлічний, об'ємний та механічний ККД насоса.

Складові повного ККД насоса визначаємо за виразами:

$$\eta_{\Gamma} = \frac{H_D}{H_D + \Delta H} = \frac{H_D}{H_T}; \quad (2)$$

$$\eta_O = \frac{Q_D}{Q_D + \Delta Q} = \frac{Q_D}{Q_T}; \quad (3)$$

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{H_T Q_T}{N_C} = \frac{N_{BH}}{N_C} = \frac{N_{BH}}{N_{BH} + N_{\text{мех}}}, \quad (4)$$

де $H_D, Q_D, H_T Q_T$ - відповідно робочі та теоретичні (внутрішні) напір і витрата насоса; $\Delta H, \Delta Q$ - відповідно теоретичні (внутрішні) напір та витрата насоса; $N_{BH}, N_{\text{мех}}$ - відповідно внутрішня потужність та механічні втрати потужності насоса.

Механічний ККД до недавнього часу був представлений величиною постійною, таке твердження не є коректне. В роботі [2] механічні втрати

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

змодельовані у вигляді опору, який має експоненціальну залежність від подачі насоса, що дає адекватний результат на робочого проміжку.

Механічні втрати можна зобразити за допомогою виразу:

$$N_{\text{мех}} = N_{\text{мех}}^{\text{const}} + N_{\text{мех}}^{\text{var}} = N_{\text{мех}}^{\text{ном}} + (N_{\text{мех}}^{\text{xx}} - N_{\text{мех}}^{\text{ном}})(Q_{\text{Д}}^{\text{ном}} - Q_{\text{Д}})^2, \quad (5)$$

де $N_{\text{мех}}^{\text{const}}$, $N_{\text{мех}}^{\text{var}}$, $N_{\text{мех}}^{\text{ном}}$, $N_{\text{мех}}^{\text{xx}}$, $N_{\text{мех}}$ – відповідно постійні та змінні потужності механічних втрат, потужності механічних втрат при номінальному навантаженні та холостому ході, сумарні механічні витрати насоса; $Q_{\text{Д}}^{\text{ном}}$, $Q_{\text{Д}}$ – відповідно номінальна та робоча витрати.

У виразі (5) постійна складова механічних втрат відображає потужність котра втрачається на тертя у підшипниках, дискові тертя, а також тертя ущільнень валу. Змінні механічні втрати потужності залежать від параметрів режиму роботи. Пропонується зобразити механічні втрати у вигляді паралельно сполучених дисипативних елементів у схемі заміщення насоса.

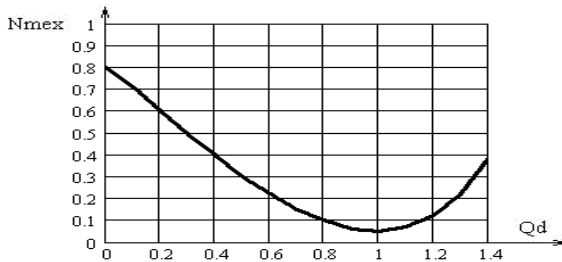


Рисунок 2 – Залежність потужності механічних втрат для НМ-7000-210

Такий підхід дав змогу змодельовати та адекватно відобразити механічні втрати протягом всього інтервалу роботи насоса.

Література

1. Костишин В.С. Моделювання режимів роботи відцентрових насосів на основі електрогідравлічної аналогії / В.С. Костишин. – Івано-Франківськ : Факел, 2000. – 163с. – ISBN 966 – 7327 – 05 – 1.
2. Костишин В.С. Енергоефективність відцентрових агрегатів магістральних нафтопроводів / В.С. Костишин, П.М. Николин // Нафтогазова енергетика – 2010. – №.1(12). – С. 23 – 26.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

**АВТОМАТИЗОВАНА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМИ ПОДАЧІ
ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ В КОТЕЛ**

*Ю.В. Пасєка, студент, Ю.С. Чубань, студент, Д.К. Байрак, студент,
Н.Д. Красношанка, доцент, Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*

На сьогоднішній день значну частину в енергетичному балансі України складають теплова та електрична енергія, які отримуються при спаленні вугілля на теплоелектроцентралях (ТЕЦ) або теплоелектростанціях (ТЕС). Через зростання цін на паливо та дефіцит вугілля актуальними є питання забезпечення максимальної енергоефективності наявного котлового обладнання і підвищення його маневреності.

В котлоагрегатах, які встановлені на теплових станціях, здійснюється подача палива у вигляді вугільного пилу в суміші із повітрям [1].

В таких системах використовуються аераційні пиложивильники, які дозволяють змінювати витрати транспортного повітря в залежності від режиму роботи котла та якості палива. Подавання пилу з проміжного бункера здійснюється шнековими або скребковими дозаторами, регулювання продуктивності яких здійснюється за рахунок зміни товщини слою вугілля та швидкості обертання приводного двигуна [2]. В енергоблоках, які найчастіше використовуються на сьогоднішній день, найбільш поширеними є регульовані електроприводи живильників з двигунами постійного струму або багатошвидкісними асинхронними двигунами. Електроприводи постійного струму мають меншу надійність, порівняно з асинхронними, а ступінчасте регулювання швидкості в багатошвидкісних асинхронних машинах не дозволяє повною мірою оптимізувати роботу котла.

Метою роботи є розробка автоматизованої електромеханічної системи, яка забезпечуватиме оптимальні режими спалення вугільного палива при змінній продуктивності роботи обладнання.

Розглянемо роботу системи подавання сирого вугілля в котлі БКЗ-220-100ГЦ, який встановлений на Черкаській ТЕЦ [3].

Подавання сирого вугілля в даній установці здійснюється за допомогою скребкового живильника СПУ-700/1500, який приводиться в обертання чотиришвидкісним асинхронним двигуном. Регулювання товщини шару вугілля здійснюється шибєрною засувкою, положення якої змінюється вручну.

Зміна корисного навантаження котла або якості вугілля потребує відповідної зміни кількості палива, що подається. В існуючій системі в автоматичному режимі можна реалізувати тільки ступінчасту зміну швидкості руху живильника, що, при незмінному положенні шибєра,

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

не дозволить змінити кількість палива, яке подається В свою чергу, ручне керування шиберною засувкою є неточним і неоперативним, тому призводитиме до значних відхилень концентрації вугільного пилу, що надходитиме до котла.

Для вирішення цього питання пропонується використати частотно-регульований електропривод скребкового живильника. Шибер в даній системі буде повністю відкритим. Зміна швидкості обертання приводного двигуна в широкому діапазоні дозволить підтримувати потрібну концентрацію вугільного пилу в широкому діапазоні значень продуктивності котла і якості вугілля.

На механічну частину електропривода живильника можуть впливати суттєві механічні перевантаження через попадання крупних частин вугілля або їх застрягання. Тому електропривод повинен забезпечити регулювання величини моменту в заданих межах.

Для оптимізації роботи котлоагрегату в цілому і підвищення його маневреності необхідно вирішувати комплексну проблему автоматичного регулювання подачі вугільного пилу, транспортного повітря та розрідження в середині котла.

Таким чином, використання регульованого електроприводу скребкового живильника вугілля забезпечить підтримання необхідної концентрації вугільного пилу при різних режимах роботи котла, а сумісно із регульованими електроприводами вентиляторів подачі повітря та димососів дозволить оптимізувати роботу котлоагрегату і зменшити споживання електроенергії.

Література

1. Энергетика. ТЭС и АЭС Всё о тепловой и атомной энергетике [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://tesiaes.ru/?p=12814>

2. Тарасюк В.М. Эксплуатация котлов. Практическое пособие для оператора котельной / Под ред. Б.А. Соколова. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 272 с.

3. Реконструкція обладнання пиловловлювачів пиლოსистем котлоагрегату БКЗ-220-100 ГЦ ст. №5 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://khimvolokno.com.ua/wp-content/uploads/2018/01/Projekt-organizatsiyi-budivnytstva.-Rekonstruktsiya-obladnannya-pylovlovlyuvachiv-pylosystem-kotloagregatu-BKZ-220-100-GTS-st.-5.pdf>.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТИСКУ МАСЛА ГІДРАВЛІЧНОГО ПРЕСУ

*С.С. Пономаренко, студент, Н.Д. Красношанка, доцент,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»*

Гідравлічні преси застосовуються в різноманітних технологічних процесах. Одним із застосувань є технологічна лінія з виготовлення керамічної цегли напівсухим методом [1]. Для отримання високоякісного продукту в даній технології необхідно забезпечити одночасне двостороннє стискання виробу під високим тиском. Прес складається з цільної металевої станини, в якій встановлені три гідравлічні циліндри, два з яких, встановлені вертикально, рухаючись на зустріч один одному під високим тиском формують готовий виріб. Третій гідравлічний циліндр відповідає за рух дозатора, який виконує дві функції. За допомогою дозатора сипучий матеріал потрапляє до пресу, а також виштовхує готовий виріб [2].

Великий тиск в гідроциліндрах створює маслостанція, яка складається з двох насосів [3]. Один більшої потужності є нерегульованим і працює в тривалому режимі, забезпечуючи базову величину тиску. Другий насос – меншої потужності – періодично вмикається для підтримки тиску на заданому рівні.

Величина тиску масла на виходах маслостанції визначається складом сировини конкретного виробу. Недоліком існуючої системи є режими частих пусків регульовального насосу, що призводить до значних навантажень на електричну мережу, механічних і гідравлічних ударів в процесі пуску приводного асинхронного двигуна [4]. Так як даний насос є плунжерним, то пропонується замінити імпульсний режим його роботи тривалим з регулюванням швидкості обертання приводного двигуна, що дозволить змінювати його продуктивність.

Метою роботи є розробка автоматизованого електропривода маслонасоса, регулювання продуктивності якого буде забезпечуватись частотним керуванням швидкості обертання приводного двигуна.

Існуюча система регулювання тиску масла за рахунок періодичного вмикання та вимикання регульовального насоса не здатна точно підтримувати задане значення тиску. Це призводить до погіршення умов протікання технологічного процесу пресування і зниження якості готової продукції. При виготовленні продукції необхідно узгоджувати задану величину тиску масла із якістю сировини, яка використовується, що потребує застосування системи автоматичного регулювання.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

Для вирішення наведених проблем пропонується застосувати автоматизований електропривод плунжерного насоса з частотним керуванням швидкості обертання приводного двигуна та введенням зворотного зв'язку по величині тиску масла, структурна схема якого наведена на рисунку 1.

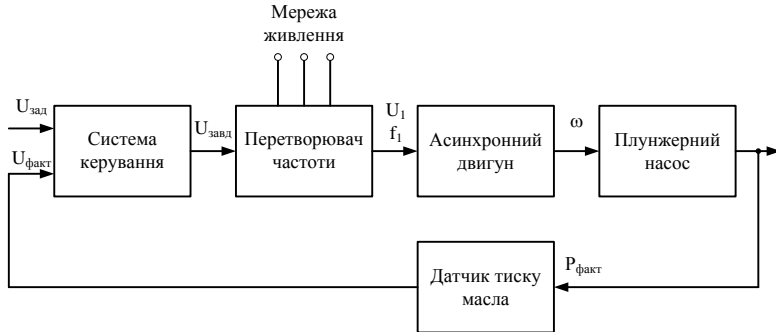


Рисунок 1 – Структурна схема автоматизованого електропривода регулювання тиску масла

В гідравлічну систему преса вбудовується датчик тиску. При зниженні величини тиску плавно збільшується швидкість обертання електродвигуна плунжерного насосу, а при перевищенні заданого значення – зменшується.

Таким чином, запропонована система автоматичного регулювання тиску масла в системі дозволить підвищити точність підтримання тиску масла на заданому рівні, зменшити споживання електричної енергії, навантаження на електричну мережу і подовжити ресурс роботи гідравлічного обладнання.

Література

1. Моя освіта/ Гідравлічний прес [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://moyaosvita.com.ua/fizuka/gidravlichnij-pres-fizika/>

2. ВТК Гідравлічний прес ПГ-40 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.vtk.com.ua/products/pressovoe-oborudovanie-i-shtam/pressa-gidravlicheskie/gidravlicheskiy-press-40-t-504.html>

3. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика: Учебник.–М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.

4. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник.– М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ЧАСУ МАКСИМАЛЬНИХ ВТРАТ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ
ПОТУЖНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ**

*Ю.Ф. Романюк, доцент, О.В. Соломчак, доцент, Івано-Франківський
національний технічний університет нафти і газу*

Одним з найпоширеніших наближених методів розрахунку є розрахунок втрат за часом найбільших втрат τ , протягом якого за максимального навантаження $S_{\text{нб}}$ втрати енергії були б такими самими, як за змінного навантаження протягом року.

Час найбільших втрат τ визначають розрахунковим шляхом для характерних графіків навантаження споживачів різних галузей і наводять у довідниках залежно від часу використання найбільшого навантаження $T_{\text{нб}}$ і середнього значення коефіцієнта потужності. В умовах експлуатації електричних мереж втрати електроенергії здебільшого визначають за наближеною методикою через час найбільших втрат τ за формулою:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\text{нб}}}{10000} \right)^2 8760 \cdot \quad (1)$$

При цьому час використання найбільшого навантаження $T_{\text{нб}}$ розраховують за річним графіком тривалості активних навантажень або за річним споживанням активної електроенергії WP .

Одним з ефективних технічних заходів щодо зниження втрат електроенергії в електропостачальних системах є компенсація реактивної потужності навантаження. У разі компенсації реактивного навантаження час найбільших втрат τ , який залежить від площі графіка квадратичних навантажень, змінюється залежно від потужності компенсувальних пристроїв Q_k :

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2 \Delta t_i}{S_{\text{нб}}^2} + \frac{\sum_{i=1}^n (P_i^2 + (Q_i - Q_k)^2) \Delta t_i}{P_s^2 + (Q_s - Q_k)^2}, \quad (2)$$

де P_s , Q_s – активна і реактивна потужності, які відповідають максимальному значенню повної потужності навантаження $S_{\text{нб}}$.

Проте під час визначення втрат електроенергії τ у більшості випадків враховують сталою величиною, що вносить додаткову похибку в розрахунок.

Авторами було проведено аналітичні дослідження залежності часу максимальних втрат для різних графіків активних навантажень і різного ступеня компенсації реактивної потужності, в тому числі з врахуванням перекомпенсації.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

Аналіз показує, що час найбільших втрат τ залежить від конфігурації графіків активного й реактивного навантажень, їх тривалості та потужності КП. За однакової конфігурації графіків та однакового співвідношення між активним і реактивним навантаженням час найбільших втрат від передачі активної, реактивної й повної потужностей є однаковим, так як коефіцієнти потужності навантаження є сталими протягом всього розрахункового періоду.

У разі компенсації реактивної потужності навантаження змінюється конфігурація графіка реактивних навантажень, тому час найбільших втрат від передачі реактивної і повної потужностей змінюється. Одночасно при цьому змінюється величина максимальних втрат потужності.

Для того, щоб проаналізувати залежність часу найбільших втрат від потужності компенсувальних пристроїв була проведена серія розрахунків для різних варіантів компенсації. Графік залежності $\tau = f(Q_k)$ для досліджуваних графіків навантажень наведено на рис. 1. Де час найбільших втрат τ_a для активної і τ_p для реактивної потужності.

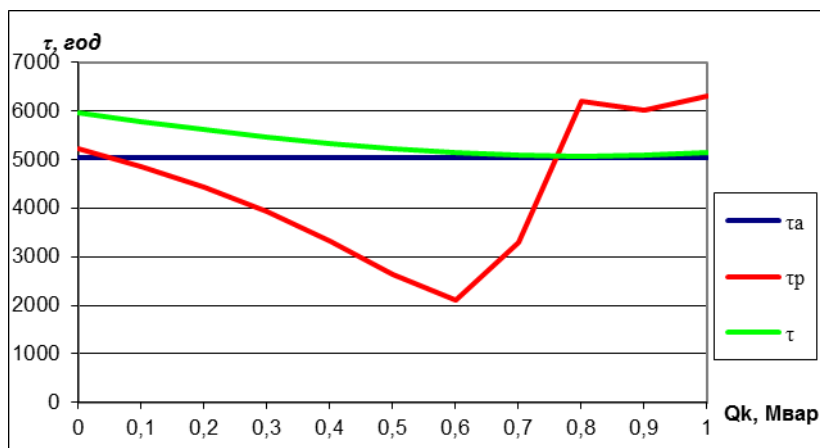


Рисунок 1 – Графіки залежності часу максимальних втрат від потужності компенсації

Література

1. Романюк Ю.Ф. Вибір типу й оптимальної потужності джерел компенсації реактивного навантаження споживачів з використанням функції Лагранжа / Ю.Ф. Романюк, О.В. Соломчак // Нафтогазова енергетика. – 2016. - №1. – С. 61-67.

**РОЗРОБЛЕННЯ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ
БЕЗПРОВІДНОГО КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ
ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ**

*О.В. Соломчак, доцент, О.І. Дубас, студент,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Із часу винайдення технології безпроводної передачі даних йде ера її застосування у промисловості, військових та медичних сферах та у побуті. Із багатьох можливих варіантів безпроводної передачі даних найпоширенішим та найзручнішим є Wi-Fi, оскільки його модулі встановлені у сучасних гаджетах. При розгляді інших варіантів такої передачі даних можна зіткнутись з їхніми недоліками, такими як: перешкоди зв'язку в гірській місцевості та довготривале надсилання даних для GSM, малий радіус дії для Bluetooth, відсутність зворотного зв'язку для радіо.

Для створення даної моделі були використані плати з мікроконтролерами Arduino як центр прийому, обробки, зберігання, надсилання, інформації, Ethernet ENC28J60 для з'єднання Arduino UNO з локальною мережею чи мережею Internet через кабелі. А також: маршрутизатор, пристрій вибору команди (телефон), сигнальні світлодіоди, електромагнітне реле для здійснення комутації малопотужного навантаження, проміжне електромагнітне реле для подання напруги на магнітний пускач, вищезгаданий магнітний пускач, малопотужне навантаження у вигляді лампи розжарення та великопотужне навантаження у вигляді асинхронного двигуна. Плата з мікроконтролером та маршрутизатор живляться від блоку живлення AC/DC.

Переваги даної моделі у тому, що вона захищена від втручання сторонніх користувачів можливістю вимкнути Wi-Fi та продовжити керування електроприймачами з пункту управління через кабелі RJ-45. Також даний пуск є безпечнішим за контактний, а розроблений інтерфейс простий та зручний.

Дана модель може бути покращена шляхом паралельного логічного зв'язку елементів для зменшення відмов, що збільшить її надійність та вартість; можливість доступу з будь-якої точки планети можливе при використанні статичного IP адресу.

Недоліком є необхідність додаткових витрат на пристрої керування мікроконтролером та потреба знання програмування.

Доцільно використовувати цю систему при наявності потреби безпроводного керування.

ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕРСТАТОМ- ГОЙДАЛКОЮ

Г.І. Стахів, студент, О.В. Соломчак, доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Для приводу верстатів-гойдалок найбільш розповсюдженими є двигуни з короткозамкнутим ротором із синхронною швидкістю обертання на валу 1500 хв^{-1} .

Промисловість випускає блоки керування електродвигунами верстатів-гойдалок, які можуть бути використані як при груповому автоматичному повторному ввімкненні, так і при відсутності його на номінальній струмі 15, 20, 40 і 100 А.

Незважаючи на те, що схеми керування двигунами для верстатів гойдалок прості та надійні, вони не задовольняють всі вимоги до сучасних пристроїв керування та є морально застарілими. Тому для керування, контролю та захисту асинхронних електродвигунів верстатів-гойдалок, пропонується схема (рис. 1) простого та надійного пристрою на базі мікроконтролера ATmega328, встановлення якого не вимагає повноцінної заміни схем керування, а також дає змогу підключення різноманітних модулів, які дають змогу віддаленому керуванню електродвигуном верстата-гойдалки, зняття параметрів (струм, напруга, температура двигуна та навколишнього середовища і ін.) та побудови їх графіків, а також запис усіх отриманих параметрів на Micro SD накопичувач.

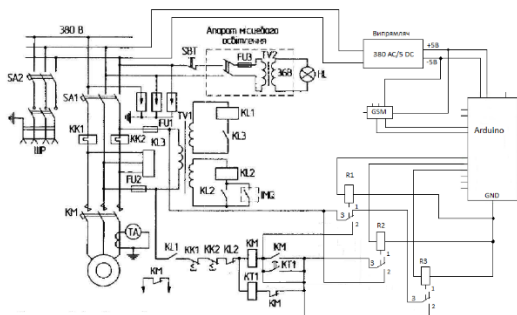


Рисунок 1 – Схема блоку керування електродвигуном верстата гойдалки з само запуском і віддаленим керуванням через інтернет

Застосування мікроконтролера ATmega328 на платформі Arduino зможе забезпечити стабільну роботу додаткових модулів; реле; датчиків температури, вологості і ін., а плата розширення Arduino GSM дозволить

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

виходити в інтернет через безпроводну мережу GPRS та надсилати дані отримані з датчиків на сайт компанії, що обслуговує верстати-гойдалки.

Також використання мікроконтролера дасть змогу оптимізувати режим роботи верстата, забезпечивши оптимальні значення ККД, коефіцієнта потужності та зменшення споживання реактивної потужності. Враховуючи циклічний характер навантаження електродвигуна, одним із способів зменшення споживання активної потужності є регулювання напруги, що також може забезпечити мікроконтролер у парі з транзисторами у якості перетворювачів частоти.

Для моделювання системи керування верстатом гойдалкою була розроблена фізична модель за допомогою 3D друку, яка дозволяє фізично моделювати різноманітні режими роботи і проводити дослідження системи (рис. 2).



Рисунок 2 – Автор з моделлю верстата-гойдалки

Переваги: можливість віддаленого керування, можливість збору та аналізу даних про систему в цілому, можливість як повної заміни кола керування так і його мінімальної частини, можливість швидкої заміни головного органу керування, можливість перепрограмування мікроконтролера, встановлення додаткових функцій або використання в іншій області, зменшення трудомісткості процесу, оптимізація роботи верстата та зменшення споживання реактивної потужності.

Література

1. Соломчак О. В. Електропостачання технологічних комплексів нафтової і газової промисловості : навч. посіб. / О.В. Соломчак. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2005. - 421 с.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

**ЕНЕРГОЗАОЩАДЖЕННЯ В СИСТЕМАХ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ
ДЛЯ ЕЛЕКТРОБУРІННЯ**

*М.Й. Федорів, доцент, І.Д. Галушак, доцент, І.М. Михайлів, асистент,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Найефективнішим способом збільшення видобутку нафти з малопродуктивних пластів є додаткове забурювання горизонтальних відгалужень від вертикальної свердловини. Тому актуальним є забезпечення високої енергоефективності вибійних двигунів [1].

До основного електроенергетичного обладнання бурових установок відноситься електропривід бурової лебідки, електропривід ротора (при індивідуальному приводі), електропривід бурових насосів, електробур.

Ефективність роботи електробура практично не залежить від кількості бурового розчину, що прокачується для вимивання вибуреної породи на поверхню. Однак через те, що буріння нових та розгалуження діючих свердловин провадиться на глибині від 2 до 5 км, відчутними стають втрати напруги в струмопідводі. Внаслідок цього зменшується напруга на затискачах електродвигуна електробура, що призводить до таких негативних явищ як зменшення пускового та номінального крутного моменту. Різні опори жил кабелю і колони бурильних труб призводять до виникнення несиметрії струмів у обмотці статора занурювального електродвигуна. Занижена напруга живлення і несиметрія струмів призводять до перегріву електродвигуна, швидкого старіння ізоляції обмотки статора та відмови електробура [2].

Підвищення енергоефективності електробуріння свердловин може бути досягнуто при точнішому визначенні напруги на затискачах електробура в залежності від заданих технологічних параметрів буріння. Для зменшення несиметрії струмів електробура треба створити на початку струмопідводу таку несиметричну систему напруг, при якій отримуємо симетричну систему струмів і, відповідно, напруг на затискачах занурювального двигуна.

В 2005-2010 р.р. найбільші об'єми електробуріння глибоких свердловин були в Долинському районі, який характеризується заляганням твердих порід на глибинах 2...5 км. Спостерігалась значна кількість простоїв обладнання через відмови кабельних секцій струмопроводу та наземних підстанцій. Основною причиною відмов кабельних секцій є недосконалість їх конструкцій та значні комутаційні перенапруги. Загальний час роботи електробурів на забої монотонно зменшується.

Кількість ремонтів електробурової техніки складає для двигунів електробурів: 25-30, для телеметричних систем 5-20, для пристроїв контролю ізоляції 5-12, струмоприймачів 4-10, кабельних секцій 300-

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

600. Міжремонтні періоди складають для двигунів електробурів: 50-80 год., для телеметричних систем 70-140 год., для пристроїв контролю ізоляції 150-300 год., кабельних секцій 400-550 год.

Підвищення енергоефективності роботи електричного обладнання бурових установок можна досягнути шляхом реконструкції системи енергозабезпечення, правильного вибору енергооптимальних режимів роботи, реалізації енергозаощаджуючих технологій та економічно обґрунтованого вибору енергетичного обладнання у відповідності до вимог процесу буріння.

Запропонована методика та способи оцінки надійності та ефективності роботи бурильних установок та електроприводних насосних агрегатів включає в себе енергетичний аудит електричної частини підприємства, який проводиться в три етапи.

На початку необхідно ознайомитися з технологічним процесом підприємства, схемою енергопостачання основних та допоміжних механізмів, фактичним розміщенням обладнання, його режимами роботи тощо. Аналізують інформацію про обсяги використання енергоносіїв в абсолютному та грошовому еквіваленті протягом місяців, років. Початковими даними для цього є технологічна документація, бухгалтерські документи, рахунки на оплату енергоносіїв, графіки навантаження з систем автоматичного обліку електроенергії, якщо встановлена така система. Складається перелік основного та допоміжного електрообладнання з вказанням номінальної потужності, відносної тривалості використання, режиму роботи. Відзначається найбільш енергоємке обладнання з найбільшою тривалістю використання і тривалим режимом роботи.

Далі здійснюється детальне інструментальне обстеження виділеного після першого етапу енергоємкого обладнання. За допомогою штатних приладів обліку і контролю (якщо вони встановлені на підприємстві) отримуються добові графіки електричних навантажень та основні показники якості електроенергії. Паралельно з цим досліджується механічна, гідравлічна частина електроприводу на предмет швидкості обертання валів двигунів, тиску та витрати насосів, компресорів. Також вимірюють температуру енергетичних машин, яка опосередковано відображає втрати активної потужності.

Заключний етап передбачає аналіз попередньо отриманої інформації з метою складання енергетичного балансу основного електротехнологічного обладнання, і підприємства в цілому: «спожита енергія дорівнює корисній енергії з врахуванням втрат». Таким чином, перетоки енергії в енергоперетворювачах структуруються з метою визначення втрат та корисної енергії. До кожного типу обладнання потрібний індивідуальний підхід, а до підприємства – системний. Широко застосовуються методи математичної статистики, теорії ймовірностей і прогнозування. Обчислюються енергетичні

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

показники підприємства в абсолютних та відносних одиницях, їх питомі значення на одиницю продукції тощо.

Дійсний обсяг споживання електричної енергії визначається комбінацією вимірювання, оцінки та розрахунку. Безпосереднє вимірювання саме енергії здійснюють по суті тільки лічильники електроенергії. За допомогою, наприклад, амперметра чи струмовимірних кліщів вимірюють лише один показник споживаної енергії, а саме - струм. Термометром можна виміряти концентрацію енергії. Визначити енергію, що затрачена на нагрівання технологічної води, можна за показами лічильника гарячої води. Вимірюючи параметри викидів, наприклад, димових газів, можна визначити втрати енергії з цими викидами.

Тому застосовано стандартизовані структури і стандартні алгоритми цифрової обробки сигналів: визначення середньоквадратичних значень, швидке перетворення Фур'є, обчислення середнього арифметичного. Це твердження стосується також елементної бази: необхідно використовувати методи системної інтеграції, застосовуючи готові функціонально і конструктивно завершені блоки.

Встановлення дійсного обсягу споживання енергії досягається комбінацією вимірювання, оцінки та розрахунку. Безпосереднє вимірювання саме енергії здійснюють по суті тільки лічильники електроенергії. За допомогою, наприклад, амперметра чи струмовимірних кліщів вимірюють лише один показник споживаної енергії, а саме - струм. Термометром можна виміряти концентрацію енергії. Визначити енергію, що затрачена на нагрівання технологічної води, можна за показами лічильника гарячої води. Вимірюючи параметри викидів, наприклад, димових газів, можна визначити втрати енергії з цими викидами. Навіть коли неможливе безпосереднє вимірювання витрат енергії, існують опосередковані методи їх оцінки. Ці методи базуються на елементарних законах фізики і здійснюються за допомогою простого і недорогого обладнання.

Під час проведення експериментальних досліджень використовують також різноманітні портативні вимірники від найпростіших до доволі складних. Найпростіші та дешеві прилади вимірюють опосередковано пов'язані з використанням енергії параметри, такі як витрати рідини, вологість, освітленість тощо. Складніші прилади можуть вимірювати як споживання за певний проміжок часу, так і миттєве значення вимірюваного параметру. Деякими вимірювачами, зокрема анеометром і вимірною посудиною можна також визначити витрату повітря чи рідини за короткий проміжок часу, але ці дані не відображають зміни параметрів витрат протягом певного проміжку, що ускладнює збір даних для аналізу].

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

З метою оцінки енергоефективності елементів систем електропостачання спеціалістами кафедри електропостачання та електрообладнання промислових підприємств ФНТУНГ розроблено та виготовлено інформаційно-вимірювальний програмний комплекс, який забезпечує вимірювання та реєстрацію на жорсткий диск ЕОМ миттєвих значень струмів у трьох фазах та нульовому провіднику, трьох фазних (або лінійних) напруг, швидкості обертання валу електроприводів. Інформаційно-вимірювальною системою призначена для проведення експериментальних наукових досліджень функціонування різноманітного електроустаткування. В основу його роботи покладена технологія віртуальних приладів, яка базується на методах цифрової обробки сигналів і графічному програмуванні алгоритмів та інтерфейсів прикладних програм. Початковими сигналами для вимірювання є миттєві значення напруг і струмів у трьох фазах. Подальший їх аналіз забезпечує виявлення джерел спотворення якості електроенергії, величину активної та реактивної потужності навантаження, коефіцієнту гармонік, коефіцієнту несиметрії, коефіцієнту потужності, частоти напруги і струму. Оскільки початкові сигнали можуть виходити поза діапазон вимірювання, приймати аварійні значення і руйнувати вимірювальні канали, то потрібно передбачити відповідні схеми захисту: напівпровідникові обмежувачі рівня вторинного сигналу.

Дуже важливу роль відіграє програмна частина обчислення енергетичних параметрів. Основний алгоритм програмної обробки визначений Стандартом, але й він може мати варіанти реалізації. Зрештою результати вимірювання кількома різними приладами у типових випадках співпадають, а в нетривіальних ситуаціях можуть суттєво відрізнятися. Тому застосовано стандартизовані структури і стандартні алгоритми цифрової обробки сигналів: визначення середньоквадратичних значень, швидке перетворення Фур'є, обчислення середнього арифметичного. Це твердження стосується також елементної бази: необхідно використовувати методи системної інтеграції, застосовуючи готові функціонально і конструктивно завершені блоки.

Література

1. Федорів М.Й. Математична модель функціонування системи електропостачання електробура / М.Й. Федорів, У.М. Николін, А.І. Поточний // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 5. – С. 55-62.
2. Федорів М.Й. Підвищення надійності та енергоефективності електроприводних бурильних установок / М.Й. Федорів, І.В. Гладь, І.Д. Галушак, Я.В. Бацала // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2017. – № 2. – С. 93-98.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕКТОРНО-КЕРОВАНОГО СИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ В СИСТЕМАХ ІМПУЛЬСНОЇ ПОДАЧІ ПРИСАДНОГО ДРОТУ

О.М. Халімовський, доцент; В.В. Комольцев, магістрант; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Для підвищення якості зварювання із застосуванням імпульсної подачі дроту у механізмах подачі використовуються різні типи приводів. Ці механізми повинні забезпечити відпрацювання заданого циклічного характеру руху дроту при зварюванні. За рахунок такої та зовнішньої електромагнітної дії можна керувати кінетикою кристалізації змінюючи ступінь концентраційного переохолодження шляхом регулювання градієнта температури (ГТ) перед фронтом кристалізації. Реалізація необхідного характеру зміни ГТ за рахунок параметрів реверсування керуючого магнітного поля має обмеження. Тому оцінка можливостей різних типів приводів забезпечити заданий циклічний швидкісний характер руху дроту при формуванні умов кристалізації є актуальним.

Аналіз наявних в літературі досліджень стосовно додаткового впливу на умови кінетики кристалізації за рахунок імпульсної подачі дроту показує, що привод механізмів подачі повинен мати високодинамічні характеристики. Такі властивості має векторно-керований синхронний електропривод (ВКСЕП) у порівнянні з іншими типами електроприводів. На рис.1,2 для різних режимів руху представлені результати математичного моделювання перехідних процесів зміни величин: сигналу завдання швидкості – w_3 ; швидкості обертання двигуна – w ; моменту двигуна у відносних величинах – $M/M_n = \lambda$ (M_n – номінальний момент двигуна); кута повороту валу двигуна – Θ .

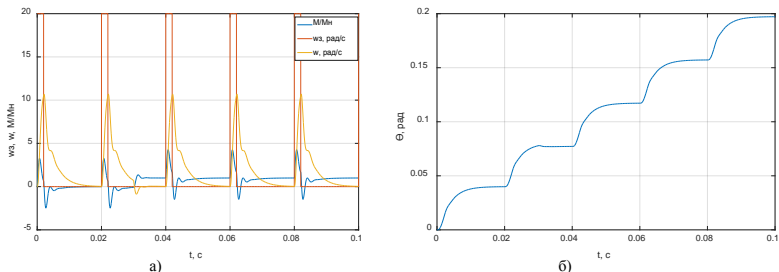


Рисунок 1 – Результати математичного моделювання перехідних процесів руху ВКСЕП для тривалості імпульсу завдання $t_{imp} = 0.1 * T$ (T – заданий період частоти слідування імпульсів, $T = 0.02$ сек.) – а), б)

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

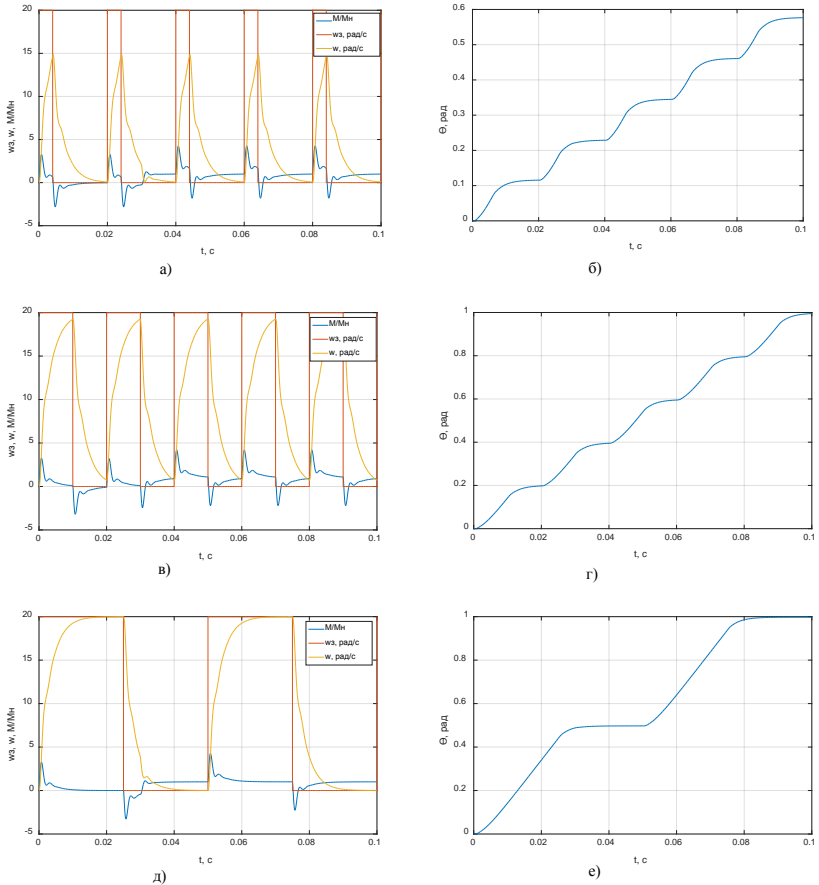


Рисунок 2 – Результати математичного моделювання перехідних процесів руху ВКСЕП для: $t_{имп.} = 0.2 \cdot T$ ($T = 0.02$ сек.) – а), б); $t_{имп.} = 0.5 \cdot T$ ($T = 0.02$ сек.) – в), г); $t_{имп.} = 0.5 \cdot T$ ($T = 0.05$ сек.) – д), е)

Величина завдання швидкості ВКСЕП ω_z має циклічний характер і формується прямокутними імпульсами різної тривалості ($0.1 \cdot T$, $0.2 \cdot T$, $0.5 \cdot T$). Статичний момент $M_c = M_n = 0.4 \text{ Нм}$ прикладено у 0.03 сек. Аналіз результатів моделювання підтвердив можливість використання ВКСЕП з двигуном марки MSK030B потужністю $P_{ном} = 0.2 \text{ кВт}$ для імпульсної подачі дроту із значенням $t_{имп.} = 0.5 \cdot T$ ($T = 0.05$ сек.) без статичної похибки відпрацювання ω_z . При $\omega_z > 20 \text{ рад/с}$ кратність пускового моменту $\lambda > M_{макс} / M_n$. При $t_{имп.} < 0.025$ сек. неможливо відпрацювання заданого швидкісного режиму, який визначає необхідні умови кристалізації.

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

*В.В. Бурлака, доц., к.т.н., С.К. Поднебенная, доц., к.т.н.,
С.В. Гулаков, проф., д.т.н., ГВУЗ «ПТУ»*

В настоящее время получают распространение системы распределенной генерации с возобновляемыми источниками энергии – это могут быть солнечные панели, ветрогенераторы и т.д. Введен так называемый «зеленый тариф», предусматривающий различные цены для потребленной и для отданной в сеть электроэнергии. Однако для того, чтобы воспользоваться «зеленым тарифом», необходимо произвести замену счетчика электроэнергии на двунаправленный, причем стоимость такой замены (и документального сопровождения) сопоставима в условиях Украины со стоимостью одно-двухкиловаттной солнечной панели. Если же замену счетчика не производить, счета за электроэнергию скорее всего вырастут, поскольку алгоритмы цифровой обработки сигнала в современных электронных счетчиках построены таким образом, что ведется учет модуля активной мощности. То есть, к примеру, если в течение месяца в дневное время было потреблено 400 кВт·ч, а в ночное время сгенерировано в сеть 300 кВт·ч, то обычный однонаправленный счетчик зачтет это как потребление 700 кВт·ч с соответствующей оплатой.

Исходя из этого разработан инвертор связи с сетью возобновляемых источников энергии, предотвращающий отток активной мощности в сеть. Для этого он снабжен дополнительным каналом измерения тока сети (после счетчика). Поскольку в этом случае энергия возобновляемых источников используется менее эффективно (если мощность нагрузки меньше генерируемой ими мощности), целесообразно оснащать систему накопителем энергии, например, аккумуляторной батареей (АКБ) с соответствующим согласующим преобразователем. Тогда избыточная энергия возобновляемых источников будет использоваться для заряда АКБ.

Кроме предотвращения оттока активной мощности в сеть, разработанный инвертор позволяет осуществлять бесперебойное питание нагрузки при отсутствии напряжения сети за счет энергии АКБ. Параллельная же работа с сетью в нормальном режиме позволяет обеспечить работу нагрузок с мощностью, превышающей мощность инвертора (дополнительная энергия будет потреблена из сети), что выгодно отличает разработанную систему от аналогов, переходящих при заряженной АКБ на работу в автономном режиме.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ
ГИБРИДНЫМ КОМПЕНСАТОРОМ РЕАКТИВНОЙ
МОЩНОСТИ (ГКРМ)**

*О.С. Савенко, специалист, ГВУЗ «ПГТУ», С.К. Поднебенная, доц.,
к.т.н., С.В. Гулаков, проф., д.т.н., В.В. Бурлака, доц., к.т.н.*

Использование гибридного компенсатора реактивной мощности позволяет добиться плавности управления величиной реактивной компоненты сетевого тока в режиме реального времени. Компенсатор состоит из двух частей, которые соединены последовательно: пассивной (батарея конденсаторов) и активной (активный фильтр). При этом мощность активной части существенно ниже мощности всего компенсатора в целом, что существенно сказывается на стоимости устройства.

При выборе метода управления ГКРМ необходимо обеспечить возможность работы устройства в реальных электрических сетях, а именно, в условиях несимметрии и несинусоидальности. Авторами предложены системы управления, которые позволяют не только осуществлять работу компенсатора в указанных режимах, но и оказывать влияние на параметры качества напряжения и тока сети. Например, для снижения ТНД сетевого тока предлагается формировать такой ток компенсатора, который будет включать не только реактивную компоненту тока нагрузки, взятую с обратным знаком, но и высшие гармонические составляющие. Это позволяет ограничить спектральный состав тока сети лишь первой гармоникой. Кроме того, в случае если сопротивление сети позволяет оказывать влияние на кривые напряжения сети, система управления ГКРМ дает возможность выполнить и симметрирование напряжения в точке подключения.

Выполнено математическое и имитационное моделирование работы компенсатора в различных условиях работы. Для математического моделирования в качестве исходных данных были приняты спектры тока нагрузки и напряжения сети, полученные в реальных условиях. Результаты моделирования подтвердили возможность работы ГКРМ в сетях различной конфигурации в условиях несимметрии и несинусоидальности сетевого напряжения. При этом разработанные подходы к управлению ГКРМ позволяют регулировать отклонение показателей качества напряжения и тока от их допустимых значений.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
КОМПЛЕКСАХ, МЕРЕЖАХ ТА СИСТЕМАХ

**КЕРУВАННЯ СПОЖИВАННЯМ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ
ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ МАШИНИ КОНТАКТНОГО
ЗВАРЮВАННЯ**

*С.К. Поднебенна, доц., к.т.н., В.В. Бурлака, доц., к.т.н.,
С.В. Гулаков, проф., д.т.н., ДВНЗ «ПДТУ»*

Контактне зварювання на сьогоднішній день широко використовується в багатьох галузях промисловості, зокрема в машинобудуванні. Згідно з даними Державної служби статистики України, на 2017 рік в структурі реалізованої промислової продукції на долю машинобудування припадає 6,1 % (для порівняння, у 2007 році – 12,5 %).

Більшість джерел живлення (ДЖ) машин контактного зварювання (МКЗ), які експлуатуються в промисловості, є однофазними (підключеними на лінійну напругу), з тиристорним регулюванням. Значна кількість МКЗ, що працюють у комплексі, випадковий характер, велика потужність джерел живлення таких машин призводить до появи коливань та відхилень напруги. Увімкнення таких джерел у дві фази трифазної мережі призводить до того, що завантаження її фазними струмами відбувається несиметрично. Це, в свою чергу, призводить до появи несиметрії напруг. При цьому струм, що споживається такими машинами, є несинусоїдальним. Випадковість включення та різні цикли машин призводять до того, що спектральний склад споживаного струму змінюється у часі, що унеможливує використання пасивних засобів фільтрації для усунення несинусоїдальності. Крім того, активно-індуктивний характер навантаження обумовлює високе споживання реактивної потужності, яке також змінюється у часі.

Погіршення якості електроенергії (зокрема, поява відхилень і коливань напруги), в свою чергу, призводить до зниження якості зварювання та негативно впливає на інше технологічне обладнання, що живиться від тієї ж самої мережі.

Управління споживаною реактивною потужністю дає можливість використовувати таке ДЖ в якості активного компенсатора реактивної потужності у комплексі з іншими ДЖ МКЗ. Активна компенсація реактивної потужності ДЖ МКЗ дає можливість компенсувати флікер напруги, що з'являється внаслідок випадкового характеру роботи МКЗ. При цьому зсув фази вхідного струму ДЖ обмежується необхідністю дотримання вимог стандарту ІЕС 61000-3-12:2013.

ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ І СИСТЕМАХ

Зміст

ВИКОРИСТАННЯ УТИЛІЗАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ НЕТРАДИЦІЙНИМ ТЕПЛОНОСИЄМ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМАХ СКЛОВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА	37
О.В. Долобовська, аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»	
РАЦІОНАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ КОТЕЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	39
Л.Й. Збараз, доцент, В.Г. Павлова, старший викладач, Р.О. Сіренко, магістр, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».....	
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ ДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА	41
Е.В. Золотовская, доцент, Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет.....	
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛИЦІ ВИКОРИСТАННЯМ ГЕЛКОЛЕКТОРІВ	43
О.В. Кошельник, доцент, О.П. Кулік, доцент, П.М. Чеботаєв, магістр, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна	
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ВІД УСТАНОВЛЕННЯ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА В ЦЕНТРАЛЬНОМУ ТЕПЛОВОМУ ПУНКТІ	44
О.М. Любименко, доцент, В.І. Мігін, магістр, О.О. Деркач, магістр, О.А.Штепа, доцент, ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ	
ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ГАЗУ НА ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	46
О.М. Любименко, доцент, О.О. Деркач, магістр, О.А. Штепа, доцент, В.І. Мігін, магістр, ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ	
ОЦІНКА ВПЛИВУ ДОДАТКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПІДГРІВАЧІВ ТЕПЛООБМІННОЇ ПОВЕРХНІ НА РОЗРЯДНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУМУЛЯТОРІВ ТЕПЛОТИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ	47

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВКАХ І СИСТЕМАХ

С.Є. Тарасенко, доцент, Є.О. Антипов, старший викладач, Національний університет біоресурсів і природокористування України	47
РОЗРОБКА ЗАСОБІВ З ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОГО ВИКОРИСТАННЯ МАСИ АКУМУЛЮЮЧОГО МАТЕРІАЛУ В АКУМУЛЯТОРАХ ТЕПЛОТИ НА ОСНОВІ ФАЗОПЕРЕХІДНИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК.....	49
С.Є. Тарасенко, доцент, Є.О. Антипов, старший викладач, Національний університет біоресурсів і природокористування України	49
ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛО- МАСООБМІНУ У ПТАШНИКАХ	50
В.І. Троханяк, старший викладач, Національний університет біоресурсів і природокористування України	50
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗВОРОТНИХ МЕТАЛОГІДРИДІВ	51
Н.А. Чорна, ст. наук. співроб., Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України	51

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВКАХ І СИСТЕМАХ

**ВИКОРИСТАННЯ УТИЛІЗАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ З
НЕТРАДИЦІЙНИМ ТЕПЛОНОСІЄМ В
ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМАХ СКЛОВАРНОГО
ВИРОБНИЦТВА**

*О.В. Долобовська, аспірант, Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Вихід пари СВО скловарних печей знаходиться в межах 1–10 т/год, а тиск складає до 0,8 МПа. Безпосереднє використання такої пари є проблематичним, тому що досягнення високих параметрів економічності можливо лише при глибокому вакуумі в конденсаторі. Так, для турбіни з протитиском Р-0,5-1,4/0,2 витрата насиченої пари з тиском 1,4 МПа складає 12,8 т/год, а для конденсаційної турбіни К-0,5-1,4 для досягнення потужності 0,5 МВт необхідно лише 4,25 т перегрітої пари з температурою 250 °С (тиск 1,4 МПа). Враховуючи досить незначний тиск насиченої пари в системі, для збільшення потужності турбіни необхідно забезпечити підвищення тиску енергоносія, що призводить до додаткових витрат.

Альтернативною схемою може бути використання турбін з нетрадиційним робочим тілом – воднем – для виробництва електричної енергії, яку наведено на рис. 1.

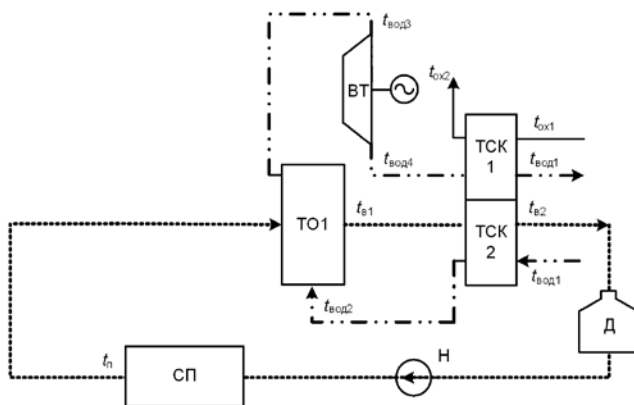


Рисунок 1 – Схема енергоустановки для утилізації теплоти низькопотенційної пари СВО з альтернативним теплоносієм

Рівень температури водяної пари після СВО відповідає рівню температур, необхідному для забезпечення роботи термосорбційного

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ І СИСТЕМАХ

компресора (ТСК). Тому відкривається можливість застосування термосорбційних компресорів як останнього ступеня систем утилізації теплоти. Крім ТСК у таких схемах можуть бути використані водневі турбіни, у яких за рахунок спрацювання енергії стисненого водню виробляється механічна енергія для приводу електрогенератора.

Водяна пара з елементів СВО скловарної печі СП з температурою $t_{\text{п}}$ направляється в теплообмінник ТО1, де конденсується за рахунок передачі теплоти пари водню, що циркулює в силовому контурі установки. Водень нагрівається в теплообміннику ТО1 від температури $t_{\text{вод2}}$ до $t_{\text{вод3}}$ та подається в турбіну ВТ. Після розширення в турбіні водень сорбується в компресорі ТСК1. Теплота, що виділяється в процесі сорбції відводиться за допомогою охолоджуючого теплоносія, температура якого змінюється від $t_{\text{ох1}}$ до $t_{\text{ох2}}$. Конденсат водяної пари з температурою $t_{\text{в1}}$ потрапляє в термосорбційний компресор ТСК2, де охолоджується до температури $t_{\text{в2}}$. Далі він направляється в деаератор Д, звідки насосом Н подається знову в систему випарного охолодження.

Ефективність утилізаційної системи значно підвищується, якщо в якості гріючого теплоносія використовуються димові гази після скловарної печі та низькопотенційна пара СВО. Сталість температури теплоносіїв після рекуперативних теплообмінників, встановлених за скловарною піччю СП(Р), дає можливість отримати постійну температуру газів, який може бути використаний як джерело теплоти для ТСК в процесі десорбції. Тут додатково встановлюється теплообмінник ТО2, в якому відбувається передача теплоти від димових газів водню з підвищенням його температури до $t_{\text{вод4}}$.

Перевагою використання водяної пари в традиційних парових турбінах є менша вартість обладнання, що пов'язано з застосуванням у схемах стандартних теплообмінних апаратів та турбоустановок. У той же час перевагами схем з нетрадиційним робочим тілом – воднем – є відсутність необхідності в додатковому підвищенні тиску пари та використання енергії водяної пари систем випарного охолодження протягом всього року.

Отримані характеристики водневої енергосилової установки показали перевагу схеми з комплексним використанням теплоти водяної пари СВО та відхідних димових газів скловарної печі, що зменшує вартість обладнання за рахунок повного використання енергетичного потенціалу водяної пари систем випарного охолодження.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВКАХ І СИСТЕМАХ

**РАЦІОНАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ КОТЕЛЬНОГО
ОБЛАДНАННЯ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДЖЕРЕЛА
ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

*Л.Й. Збараз, доцент, В.Г. Павлова, старший викладач, Р.О. Сіренко,
магістр, Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут»*

На даний час велика кількість коштів вкладається в модернізацію джерел теплопостачання. Метою реконструкції є не тільки підвищення надійності, але і зниження прямих витрат на вироблення теплової енергії і відпустка її споживачам. Економічність роботи джерела, в свою чергу, може бути досягнута при експлуатації обладнання в діапазоні максимального ККД. Залежно від цього, при реконструкції обирають оптимальну компоновку котлів, насосів та теплову схему котельної.

Формалізація даної оптимізаційної задачі звучить наступним чином: серед усіх можливих варіантів установки обладнання вибрати такий, при якому прямі витрати енергоносіїв за опалювальний сезон будуть мінімальними.

На наш погляд, найбільш раціональною, з точки зору витрат електроенергії, є теплова схема, наведена на рис. 1, оскільки для прийнятої теплової схеми (якісне регулювання) відсутні гідравлічні втрати на регуляторах. Витрати електроенергії на перекачку теплоносія мережевим насосом постійні і не залежать від температури зовнішнього повітря.

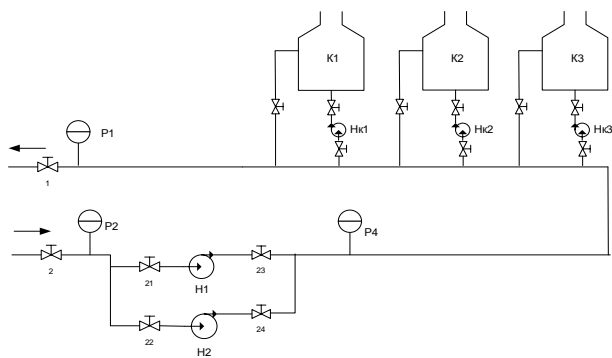


Рисунок 1 – Теплова схема котельні.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВКАХ І СИСТЕМАХ

Для прикладу розглядалася реконструкція котельної в декількох областях з різними кліматичними умовами з підключеним тепловим навантаженням 4,2 МВт та втратами в мережах 13%. Для покриття теплового навантаження можна застосовувати котли потужністю 1,0, 1,25; 1,6; 2; 2,5 и 3,15 МВт, в наступних комбінаціях: (2,5 МВт; 2,5 МВт); (1,6 МВт; 3,15 МВт); (2,0 МВт; 3,15МВт); (1,6 МВт; 1,6 МВт, 1,6 МВт); (2,0 МВт; 2,0 МВт, 1,0 МВт), (2,5 МВт; 1,6 МВт, 1,0 МВт). В залежності від температури зовнішнього повітря та тривалості її стояння було прораховано прямі витрати енергоносіїв за опалувальний сезон для кожного з шести варіантів . Результати розрахунку для Харківської області зведено в табл. 1.

Таблиця 1

Компоновка	Ед. вим.	2,5+2,5	1,6+3,15	2,0+3,15	1,6+1,6+1,6	2,0+2,0+1,0	2,5+1,6+1,0
Газ	1000 м ³	1230,92	1213,45	1219,909	1214,06	1215,28	1208,79
Відхилення		базовий	-17,47	-11,02	-16,86	-15,65	-22,14
Гариф 10,37 грн/м ³	тис.грн	варіант	-181,18	-114,21	-174,82	-162,25	-229,54
Ел.енергія	кВт	3896,38	3326,18	3568,52	2685,11	2892,87	3014,70
відхилення	кВт	базовий	-570,20	-327,86	-1211,27	-1003,51	-881,67
Гариф 2,4 грн/кВт	тис.грн	варіант	-1,37	-0,79	-2,91	-2,41	-2,12
Ітого	тис.грн		-182,55	-115,00	-177,73	-164,66	-231,66

Як показав розрахунок, оптимальним для Харківської області, де розрахункова середня температура повітря в опалувальний сезон $T_p = -23^{\circ}\text{C}$, виявилася компоновка обладнання котлами різної потужності (відповідно 2,5 МВт; 1,6 МВт, 1,0 МВт). Традиційний склад обладнання, котлами потужністю 2,5 МВт + 2,5 МВт, є найбільш збитковою з точки зору прямих витрат у порівнянні з запропонованим. Аналогічні розрахунки для області з розрахунковою температурою $T_p = -29^{\circ}\text{C}$ визначили найбільш економічною теплову схему котельні, що обладнана трьома котлами потужністю 2,0 МВт, 2,0 МВт, 1,0 МВт.

Таким чином, при проведенні реконструкції джерела теплопостачання на етапі ТЕО необхідно прорахувати прямі витрати за сезон для декількох варіантів обладнання та визначити найкращий.

ЭНЕРГОЗБЕРЕЖЕНИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧНЫХ
УСТАНОВКАХ И СИСТЕМАХ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ
ДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА**

Е.В. Золотовская, доцент, Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет

В промышленности, сельском хозяйстве всё больший интерес вызывает использование нетрадиционных источников энергии, к которым можно отнести биотопливо, полученное путём термической обработки отходов сельского хозяйства, в частности перерабатывающих предприятий.

На сегодняшний день задача технологического и аналитического обоснования физических процессов, происходящих при пиролизе биомассы, является актуальной.

Целью работы является выполнение анализа гидродинамических характеристик пиролизной трубы и зависимость давления в слое режимов обработки в лабораторных условиях.

В исследуемой технологической схеме термическая обработка сырьевой массы осуществляется в два этапа: предварительная сушка и пиролиз сырьевых частиц в вертикально расположенной трубе-сушилке при температуре теплоносителя 240-420 °С с 60% выходом летучих компонентов.

Анализ гидродинамических характеристик выполнялся на лабораторном стенде, который состоит из стеклянной колонки 1 диаметром $D=200$ мм, в которую воздуходувкой 2 подается воздух. Расход воздуха определяется ротаметром 3. Воздух нагревается электрическим калорифером 4. Для контроля температуры и давления установки приборы 5 и 6.

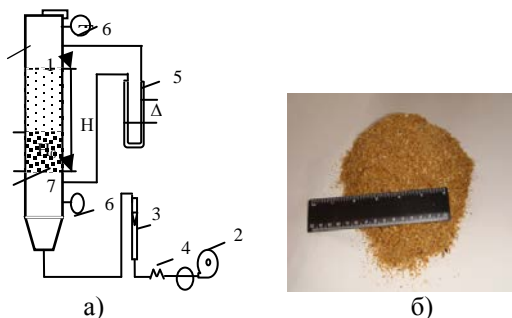


Рисунок 1 – Лабораторный стенд

- а) общая схема установки кипящего слоя;
б) сырьевой материал (обозначения приведены в тексте).

ЭНЕРГОЗБЕРЕЖЕНИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧНЫХ УСТАНОВКАХ И СИСТЕМАХ

Сырьевые частицы (рис.1 б) загружаются на распределительную решетку 7 (начальная высота слоя – H_0 , высота псевдооживленного слоя – H). Если через псевдооживленный слой материала, лежащего на решетке 7 пропустить поток оживающего газа, то состояние слоя будет определяться скоростью оживающего момента. Все расчеты по определению параметров псевдооживленного слоя основаны именно на скорости оживающего агента, поскольку измерить действительную скорость воздуха в промежутках между частицами трудно.

Эффективность процесса термической обработки зависит от температуры газа-носителя и гидродинамических режимов продувания псевдооживленного слоя. Взаимодействие газа носителя с дисперсным слоем характеризуется существенной неравномерностью давления в слое, что при определенных условиях может приводить к самовоспламенению биомассы.

От температуры воздуха критическая скорость оживающего агента зависит мало и учитывается теплофизическими характеристиками газа. Если слой содержит влажный материал и в процессе термообработки происходит испарение влаги, то изначально критическая скорость $U_{кр1}$ превышает этот показатель для сухого, но влияние температуры для этого материала более заметно.

Установлено, что для наших условий давление соответствует $(1-2,5)10^5$ Па (влажность частиц 40%, средний диаметр-4 мм). Таким образом, границы существования кипящего слоя зависят от частотных характеристик (геометрических параметров и скорости газа); температуры и давления среды.

Пределы существования устойчивого пульсирующего слоя определяются частотой 1-2 Гц для частиц с влажностью 10-40% в температурном диапазоне 100-400 °С. Очевидно, что для пиролиза сырьевых частиц различной природы и влажности справедлива высота слоя $H \approx D$. Поэтому совместная гидродинамическая характеристика вертикального тепломассообменного аппарата с дисперсной загрузкой будет существенно отличаться от характеристик пустой пиролизной камеры.

Выводы.

1. Установлено экспериментально и подтверждено расчетным путем, что амплитуда колебаний зависит от режима движения теплоносителя в вертикальном канале, расхода частиц, акустических характеристик аппарата.

2. Установлено, что изменение перечисленных факторов может приводить к соответствующему изменению интенсивности тепломассообменных процессов в аппарате.

3. Определены экспериментально основные гидродинамические характеристики псевдооживленного слоя и предельные циклы устойчивой работы аппарата.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВКАХ І СИСТЕМАХ

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛИЦІ
З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕЛІОКОЛЕКТОРІВ**

*О.В. Кошельнік, доцент, О.П. Кулік, доцент, П.М. Чеботасв, магістр,
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна*

Значну долю в собівартості продукції тепличних господарств складають витрати на опалення та нагрів води для поливу рослин. Тому пропонується ряд заходів, спрямованих на зменшення цих енерговитрат. Це, в першу чергу, застосування матеріалів, що забезпечують найменші втрати теплоти через огородження. Розрахунки виконувалися для теплиці загальною площею 10925 м² для умов Херсонської області з трьома видами матеріалів; скло 4 мм, двошарова поліетиленова плівка 200 мкм та сотовий полікарбонат товщиною 6 мм. Найбільш ефективним матеріалом з точки зору мінімізації теплових втрат є сотовий полікарбонат. Необхідна потужність системи теплопостачання при цьому складає 3,35 МВт.

Також було розглянуто питання вибору джерела енергії для опалення теплиці. Розглядалися водогрійні жаротрубні котли типу КВа на природному газі, електричні котли серії КЕВ та твердопаливний котел на пелетах ARS 1500 LM. Найбільш ефективним варіантом є застосування твердопаливного котла, який забезпечує економію 2941 тис. грн./сезон в порівнянні з газовим та 1346 тис. грн./сезон – з електричним котлом.

Для поливу рослин в теплиці використовують воду, нагріту до температури 20-22 °С. Нагрів води можливо здійснювати в сонячних колекторах, що дозволить зекономити органічне паливо для водогрійного котла. Розрахунки показали, що при застосування геліосистеми для нагрівання води на протязі 4 місяців необхідна площа плоских геліоколекторів складе 603 м². Для зменшення площі геліоколекторів пропонується проведення поливу тільки однієї третини теплиці за один день, тоді площу геліоколекторів вдається зменшити до 201 м².

Таким чином, використання запропонованих заходів робить можливим підвищення енергоефективності тепличного господарства за рахунок використання сучасних матеріалів з низьким коефіцієнтом теплопровідності, переходу на використання альтернативного виду палива – пелет та зменшення витрат на нагрів води для поливу рослин при використанні геліоколекторів.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВКАХ І СИСТЕМАХ

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ВІД УСТАНОВЛЕННЯ
ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА В
ЦЕНТРАЛЬНОМУ ТЕПЛОВОМУ ПУНКТІ**

*О.М. Любименко, доцент, В.І. Мітін, магістр, О.О. Деркач, магістр,
О.А.Штепа, доцент, ДВНЗ «Донецький національний технічний
університет», м. Покровськ*

Енергозбереження при теплообміні є одним з основних напрямків розвитку і удосконалення теплових апаратів. Ряд факторів визначає економічність теплообмінника і зручність його експлуатації і це покладено в основу конструювання і вибору теплообмінних апаратів. При цьому найбільше значення має забезпечення заданого технологічного процесу в апараті.

Пластинчасті теплообмінники, зібрані із пластин 0,6р, установлені в центральному тепловому пункті ЦТП (опалення і гаряче водопостачання). Теплообмінники приєднані до теплової мережі за допомогою двоступінчастої змішаної схеми з обмеженням максимальної витрати теплоносія на ввід. Система опалення приєднана до теплової мережі за залежною схемою з автоматичним регулюванням подачі тепла. Баки акумулятори гарячої води відсутні.

Регулювання відпустки тепла в системі централізованого теплопостачання прийнято центральне якісне за сумарним навантаженням опалення і гарячого водопостачання. Температура теплоносія (вода) у тепломережі відповідно до прийнятого для даної системи теплопостачання графіка зміни температури води залежно від зміни температури зовнішнього повітря прийнята: при розрахунковій температурі зовнішнього повітря в опалювальний період до $t_0' = - 25 \text{ }^\circ\text{C}$: в подавальному трубопроводі $t_1 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$; в зворотному трубопроводі $70 \text{ }^\circ\text{C}$.

Максимальна витрата мережної води на опалення дорівнює $333.36 * 10^3 \text{ кг/рік}$

Максимальна витрата води для гарячого водопостачання $1024.861 * 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$

Максимальна витрата води, що гріється в I і II ступенях теплообмінника $442.603 * 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$

Розрахункова потужність теплообмінника I ступеня $16.299 * 10^6 \text{ Вт}$

Розрахункова потужність теплообмінника II ступеня $6.97 * 10^6 \text{ Вт}$

Втрати тиску теплоносія, що гріється $\Delta P_n = 100 \text{ кПа}$, а теплоносія, що нагріває $\Delta P_{гр} = 40 \text{ кПа}$. Тоді співвідношення кількості ходів у теп-

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ І СИСТЕМАХ

лообміннику I ступеня для теплоносія, що нагріває X1 і теплоносія, що гріється X2 дорівнює **0.4305**

Маємо симетричне компонування теплообмінника тому, що співвідношення ходів не перевищує 2

Значенням оптимальної швидкості теплоносія, що нагрівається, $W_{opt} = 0,4$ м/с, а кількість каналів 123

Площа поперечного перерізу каналів у пакеті по ходу води, що нагрівається та води, що нагріває **0,3075 м²**

Фактична швидкість води, що нагрівається **0.3998 $\frac{м}{с}$** та води, що нагріває **0,4836 $\frac{м}{с}$**

Необхідна площа поверхні нагрівання **245,42 м²**

Кількість ходів у теплообміннику 2

Дійсна поверхня нагрівання I ступеня теплообмінника **294.6 м²**

Втрати тиску в I ступені теплообмінника з водою, що нагріває **97.86 кПа**

У другому ступеню теплообмінника:

Необхідна площа поверхні нагрівання **97.003 м²**

Кількість ходів у теплообміннику також 2

Дійсна поверхня нагрівання I ступеня теплообмінника **147 м²**

Втрати тиску в I ступені теплообмінника з водою, що нагріває **100.64 кПа**

Температура холодної води **31.6 °C**

Швидкість теплоносія, що нагрівається, при проходженні максимальної секундної витрати **0.24 $\frac{м}{с}$**

Максимальна розрахункова витрата води на гаряче водопостачання **74,1 $\frac{м^3}{с}$**

Втрати тиску в обох ступенях теплообмінника для теплоносія, що нагрівається визначаємо, приймаючи $\phi = 1,5$, при проходженні максимальної секундної витрати води на гаряче водопостачання дорівнює **145.14 кПа**

Енергозбереження від використання пластинчатого теплообмінника при виборі оптимальної схеми компонування пластин теплообміннику. Вона забезпечує досягнення максимальної швидкості теплоносія у каналі, при якій спрацьовує весь перепад їхнього тиску. Завдяки цьому досягається максимальне значення теплової ефективності теплообмінника. Теплоносій, що нагріває, як правило, направляють зверху вниз, а той, що нагрівається – знизу вгору. Такий напрямок сприяє видаленню повітряних пробок, які утворюються при нагріванні води.

ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ГАЗУ НА ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

*О.М. Любименко, доцент, О.О. Деркач, магістр, О.А. Штепа, доцент,
В.І. Мітін, магістр, ДВНЗ «Донецький національний технічний
університет», м. Покровськ*

Прогнозування споживання газу на газу на Слов'янській ТЕС пов'язано з необхідністю ефективного його використання та створення перспективних планів розвитку виробництва. При цьому прогноз має вважатися лише як гіпотеза найвірогіднішого розвитку в майбутньому. До прогнозів споживання газу висуваються дві основні вимоги: – прогнози мають бути науково обґрунтовані, своєчасні і надійні; – вони мають містити в достатньому обсязі інформацію.

Спрогнозуємо споживання природного газу на Слов'янській ТЕС на 2018 рік з використанням лінійної, періодичної та лінійно-періодичної прогнозуючої функції. Порівняв якість отриманих прогнозуючих функцій. Вихідні дані по споживанню природного газу на Слов'янській ТЕС за 2017 рік: січень – 1101,707 тис. м³, лютий – 1619,498 тис. м³; березень – 2224,404 тис. м³; квітень – 514,462 тис. м³; травень – 200,246 тис. м³; червень – 126,154 тис. м³; липень – 1296,274 тис. м³; серпень – 920,820; вересень – 693,842 тис. м³; жовтень – 750,758 тис. м³; листопад – 977,336 тис. м³, грудень – 1534,035 тис. м³. Сума газу, який використано за рік 11869,54 тис. м³

Прогностичні оцінки з використанням періодичної функції:

1. Отримане співвідношення для очікуваного рівня споживання природного газу:

$$\hat{y}_T = 989,13 + 133,674 \cdot \cos \frac{2\pi}{n} t + 118,572 \cdot \sin \frac{2\pi}{n} t \text{ (тис.м}^3\text{)}$$

2. Розраховане середньоквадратичне відхилення, що характеризує похибку прогнозу, дорівнює 11,55 тис. м³.

3. Протягом 95 місяців зі 100 очікуваних коливання споживання природного газу відносно значень, визначених періодично прогнозуючою функцією, становлять 524,4 тис. м³.

4. Періодичність обсягів споживання обумовлена сезонними витратами на опалення, тому періодична прогнозуюча функція дозволяє отримати точніший прогноз порівняно з лінійною прогнозуючою функцією.

5. Прогнозоване значення річного споживання природного газу на газу на Слов'янській ТЕС на 2018 рік становить 11868,58 тис. м³.

6. Різниця споживання в 2017 і 2018 році становить 0,96302 тис.м³.

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ДОДАТКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ
ПІДГРІВАЧІВ ТЕПЛООБМІННОЇ ПОВЕРХНІ НА РОЗРЯДНІ
ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУМУЛЯТОРІВ ТЕПЛОТИ ФАЗОВОГО
ПЕРЕХОДУ**

*С.С. Тарасенко, доцент, Є.О. Антипов, старший викладач,
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Ефективність акумуляторів теплоти, у тому числі і найбільш перспективних з точки зору густини акумульованої енергії – фазоперехідних теплоакумуляторів, в значній мірі залежить від ступеня використання потенціалу накопичення та віддачі енергії за повний цикл роботи відповідного пристрою в кількостях, необхідних споживачу. Це ставить перед дослідниками завдання вибору виду та конструкції теплообмінної поверхні для забезпечення як оптимальних геометричних параметрів таких апаратів, куди входять об'єм, маса теплоакумуляуючого матеріалу і т.п., так і їх робочих характеристик.

Інтенсифікація тепловідбору акумульованої теплоти з глибинних шарів акумулюючого матеріалу (АМу) можлива як при використанні так званих армованих конструкцій, так і при застосуванні стільникових конструкцій. Однак, враховуючи результати проведених авторами експериментальних досліджень процесу кристалізації акумулюючих матеріалів навколо теплообмінної поверхні, можна відзначити зазначені заходи з удосконалення конструкції теплообмінної поверхні більш ефективними лише під час процесу нагрівання (плавлення) АМу, що пояснюється наступним. Аналіз розподілу температурних полів, залежно від температури «розряду» акумулятора, показав, що відбір теплоти з глибинних шарів АМу залежить як від теплопровідності акумулюючого матеріалу, так і від величини термічного опору $\delta_{\text{ТВ}}/\lambda_{\text{ТВ}}$ між джерелом та рідкою/твердою фазами ($\delta_{\text{ТВ}}$ – товщина шару кристалізації, $\lambda_{\text{ТВ}}$ – коефіцієнт теплопровідності твердого акумулюючого матеріалу). Зазначене призводить до зниження інтенсивності відбору акумульованої теплоти з глибинних шарів АМу, особливо це стосується матеріалів з низьким коефіцієнтом теплопровідності в твердій фазі, до яких відноситься і парафін. Крім того, при затвердінні такого матеріалу між ним і стінкою конструкції, з якої знімається теплота, з'являється повітряний зазор, що суттєво знижує ефективність «відбору» акумульованої теплоти, а звідси, і загального коефіцієнта корисної дії такого акумулятора.

Використовуючи нетрадиційне рішення, з метою підвищення ефективності розрядних характеристик такого акумулятора, пропонується установка внутрішніх (багатоярусних) електричних нагрівальних

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ І СИСТЕМАХ

елементів в середині корпусу акумулятора теплоти поруч з (або під) елементами теплообмінної поверхні. Передбачається, що зазначене дозволить створити шар розплавленого (рідкого) АМу, коефіцієнт теплопровідності якого значно більший ніж у твердому стані, а отже, інтенсифікувати процес відбору акумульованої теплоти з глибинних шарів такого матеріалу.

В результаті проведених досліджень встановлено, що установка двох (парних) нагрівальних елементів сприяє зниженню температури шару АМ навколотрубною зони в початковий період та її подальшої стабілізації, в той час як в акумуляторі теплоти без нагрівальних елементів, через один і той же проміжок часу, спостерігається переважно зниження температури АМу навколо теплообмінної поверхні. Збереження, таким чином, рідкого шару АМу навколо теплообмінних труб сприяє покращенню процесу відбору акумульованої теплоти з його глибинних шарів, що пояснюється зменшенням величини термічного опору $\delta_{тв}/\lambda_{тв}$ твердого АМу фазового переходу.

**РОЗРОБКА ЗАСОБІВ З ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА
КОРИСНОГО ВИКОРИСТАННЯ МАСИ АКУМУЛЮЮЧОГО
МАТЕРІАЛУ В АКУМУЛЯТОРАХ ТЕПЛОТИ НА ОСНОВІ
ФАЗОПЕРЕХІДНИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК**

*С.С. Тарасенко, доцент, Є.О. Антипов, старший викладач,
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

На сучасному етапі розвитку науки і техніки існує можливість реалізації практично будь-якого відомого принципу акумуляції тепла, що призвело до різних технічних рішень. Доцільність використання кожного принципу визначається наявністю позитивного ефекту, в першу чергу, економічного, досягнення якого можливо при мінімальній вартості акумулятора.

Проведені експериментальні дослідження ефективності роботи акумуляюючого матеріалу (АМу) фазового переходу в умовах теплового акумулятора виявили певні недоліки в конструкції останніх. Зокрема, наявність зон низької швидкості плавлення акумуляюючого матеріалу, який знаходиться під нижнім рядом теплових джерел, що вказує на низький рівень ефективності використання маси акумуляюючого матеріалу нижніх рівнів та свідчить про необхідність перерозподілу температурних полів в об'ємі такого матеріалу. Виникає необхідність у підвищенні коефіцієнта корисного використання маси акумуляюючого матеріалу оскільки, фазовий перехід вимагає великих витрат теплової енергії і проходить не по всій товщині шару матеріалу одночасно.

З метою кращого прогріву АМу нижніх рівнів, запропонована вдосконалена конструкція акумулятора теплоти фазового переходу, яка в порівнянні з попередньою моделлю, має деякі конструктивні зміни у вигляді хвилеподібного дна.

Для порівняльного аналізу вдосконаленої та досліджуваної конструкції акумулятора теплоти фазового переходу використовуємо коефіцієнт корисного використання маси акумуляюючого матеріалу. Проведений ексергетичний аналіз показує, що з точки зору корисного використання маси як в першому, так і в другому варіантах, кількість акумуляюючого матеріалу, який був ефективно задіяний за рівних умов його роботи, однакова. Але, в другому варіанті, вона працює ефективніше $M_{s2} > M_{s1}$ завдяки зміні конструкції в частині геометрії дна корпусу акумулятора.

Аналіз отриманих даних свідчить, що виконання хвилеподібною форми дна корпусу апарата, забезпечило зростання коефіцієнта корисного використання маси акумуляюючого матеріалу за однакової теплової потужності зі зразком-аналогом.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВКАХ І СИСТЕМАХ

**ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛО-
МАСООБМІНУ У ПТАШНИКАХ**

*В.І. Троханяк, старший викладач, Національний університет біоресурсів і
природокористування України*

У праці [1] на основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень, запропоновано та розроблено нову електротехнічну систему підтримання мікроклімату в пташнику, яка базується на використанні води підземних свердловин із застосуванням теплообмінників-рекуператорів для охолодження та нагрівання припливного повітря в літній і зимовий періоди року.

В роботі проведено чисельне моделювання гідродинамічних процесів і процесів перенесення теплоти в пташнику. Для цього використано метод комп'ютерного моделювання на базі програмного комплексу ANSYS Fluent. В основі математичної моделі лежать рівняння Нав'є-Стокса і рівняння переносу енергії для конвективних течій. У розрахунках застосована модель турбулентності Spalarta-Allmarasa.

Всі розрахунки виконані при масовій витраті повітря 170 кг/с. Стіни і підлога виконані з керамзит-бетону товщиною відповідно 200 мм. Розрахунок виконаний двічі, без використання теплообмінного апарата (ТА) і з ним. В якості теплоносіїв в ТА вибрано зовнішнє повітря з температурою на вході +40 °С. Що в свою чергу дасть вихід +20 °С, воду, що надходить з підземних свердловин при температурі +10 °С. У пташнику знаходиться птиця при підлоговому її утриманні, яка є джерелом тепловиділення.

В результаті чисельного моделювання процесів тепло- і масопереносу вентиляційного повітря – проведено аналіз розподілів температур, тиску і швидкостей припливного повітря в пташнику для системи тунельної вентиляції в літній період часу. З метою нормалізації температурних параметрів в пташниках в цей період року запропоновано використовувати ТА, які вмонтовані у притяжні вентиляційні вікна які забезпечують охолодження припливного повітря за рахунок води із свердловини. Таким чином використання даного способу охолодження дозволяє знизити температуру припливного повітря в приміщення пташника до +20 °С без суттєвого підвищення відносної вологості повітря.

Література

1. Горобець В.Г. Енергоєфективна система підтримання мікроклімату у пташничих приміщеннях / В.Г. Горобець, В.І. Троханяк. – Київ: «ЦП «Компринт», 2017. – 193 с.

**ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ
ЗВОРОТНИХ МЕТАЛОГІДРИДІВ**

*Н.А. Чорна, ст. наук. співроб., Інститут проблем машинобудування
ім. А.М. Підгорного НАН України*

Основою сучасної енергетики і її найближчою перспективою є природні копалини – нафта, природний газ і вугілля, що становлять близько 80 % сьогоденних світових поставок енергії. Однак вони не можуть бути джерелами енергії нескінченно довго через обмежені їхні запаси й попит, що збільшується, на енергію і її споживання. Крім того, основним недоліком енергетики на основі викопних палив є емісія величезної кількості вуглекислого газу, що є основним парниковим газом, який негативно впливає на навколишнє середовище та клімат планети.

Занепокоєння за економічні й геополітичні наслідки можливого дефіциту поставок викопних палив, у першу чергу нафти й природного газу, як основи глобальної сучасної енергетики, і необхідність знижувати емісію парникових газів, особливо в транспортному секторі, та забруднення навколишнього середовища поклали початок пошуку альтернативних джерел енергії. Саме пошук альтернативних поновлюваних і екологічно чистих джерел, здатних забезпечити людство стійкими поставками на найближчі сотні років, є одним із пріоритетів науки.

Серед альтернативних джерел енергії при сучасному рівні знань особливо перспективним представляється водень, що має більші за потенційні можливості для забезпечення безперебійних поставок енергії і її надійності, переходу на водневу енергетику, поліпшення екології навколишнього середовища та соціальної, економічної, технологічної й державної стійкості в країні. Інтерес до водню як ефективного, екологічно чистого енергоносія носить досить багатоплановий характер, що охоплює широкий діапазон від чисто наукових до суцільно практичних завдань. Інтенсивний розвиток фундаментальних досліджень обумовлено економічною та соціальною важливістю проблеми заміни вуглеводневих палив альтернативними енергоносіями, серед яких водень займає особливе місце завдяки своїм унікальним фізико-хімічним і теплофізичним властивостям.

Аналіз тенденцій розвитку паливно-енергетичного сектора економіки індустріально розвинених держав показує, що радикальним засобом рішення енергоекологічних проблем є розширення сфер використання водню в якості універсального енергоносія і технологічної сировини. Такий підхід лежить в основі стратегічної концепції водневої енергетики й технології, реалізованої в рамках ряду міжнародних і національних програм провідних країн.

Серед завдань, розв'язуваних у рамках концепції широкомасштабного використання водню, особливе місце займають проблеми взаємодії водню з

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ І СИСТЕМАХ

металами. Гранична простота електронних властивостей і мала маса атомів водню, що визначають можливість аналізу явищ на нанорозмерном рівні, з одного боку, дозволяють розглядати системи «водень-метал» як унікальний об'єкт для вивчення фундаментальних властивостей речовини, з іншого боку – їхнє використання в техніці відкриває перспективи створення широкого кола термохімічних технологій, здатних успішно конкурувати з найбільш ефективними методами трансформації енергії.

Використання металогідридів – зворотних сорбентів водню – відкриває перспективи створення нових тепловикористовувальних пристроїв енергетичного й технологічного призначення. Такі пристрої дозволяють виконувати операції прийому водню, його тривалого безпечного зберігання, очищення, видачі споживачеві із заданим тиском і витратою й т.п. Зазначені операції можуть бути об'єднані в єдиній багатофункціональній системі. При цьому переваги металогідридної технології переробки водню у порівнянні із традиційними методами проявляються найбільш повною мірою.

Конструктивні особливості та технічні характеристики створюваних металогідридних систем, у першу чергу, визначаються вимогами їхніх споживачів. Найчастіше виконання однієї з таких вимог заважає виконання іншої (наприклад, великий запас водню й високі динамічні характеристики його видачі). Тому в кожному конкретному випадку варто шукати сукупність оптимальних технічних рішень, що включають вибір металогідриду, розробку конструкцій окремих вузлів і системи в цілому, визначення оптимальних режимів її роботи. Крім згаданих вимог споживача, зазначені рішення будуть визначатися комплексом фізико-хімічних, теплофізичних, газодинамічних і механічних параметрів, що характеризують процеси термосорбційної взаємодії гідридоутворюючого матеріалу з воднем.

Задача практичного конструювання металогідридних систем не може бути вирішена без математичного моделювання процесів тепломасообміну, які протікають у шарі металогідрида, що дозволяє розрахувати основні характеристики створюваного пристрою. Це потребує розробки ефективного обчислювального алгоритму та створення програм для моделювання роботи елементів водневих систем, дослідження їх параметричних характеристик, що дозволить із незначними витратами й досить оперативно вирішувати питання розробки та вибору ефективних режимів роботи систем такого типу.

Враховуючи це, відкриваються перспективи створення високоефективних металогідридних систем зберігання водню, які мають ряд значних переваг в порівнянні з традиційними засобами його зберігання. Використання технічних пропозицій по втіленню таких систем дозволить створити реальні передумови для зменшення обсягів використання органічного палива і, як наслідок, знизити рівень негативного техногенного впливу на навколишнє середовище.

ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕТАЛУРГІЙНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Зміст

TECHNOLOGY FOR STRENGTH INCREASING FOR HIGHLY POROUS PARTS.....	54
N.A. Rudenko, senior lecturer, Donbass State Engineering Academy	54
ДОСТИЖЕНИЕ СВЕРХВЫСОКОПРОЧНОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛИ 55С3Г2ХФМБА	56
В.И. Зурнаджи, аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет».....	56
ОЦІНКА ТОЧНОСТІ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ СЕРЕДНЬОГО ТИСКУ МЕТАЛУ НА ВАЛКИ ПРИ ХОЛОДНІЙ ПРОКАТЦІ.....	57
І.В. Кармазіна, викладач, МММК ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», А.Г.Присяжний, доцент, О.Ю.Балалаєва, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».....	57
КОНСТРУКЦІЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОКАТКИ ЛИСТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ	58
А.К. Кох, аспірант, Донбаська державна машинобудівна академія.....	58
МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НАТЯГУ ШТАБИ НА СУМАРНИЙ МОМЕНТ ПРИ ПРОКАТЦІ.....	60
О.П. Максименко, професор, Д.І. Лобойко, асистент, ДВНЗ «Дніпровський державний технічний університет», А.Г.Присяжний, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».....	60
ВОДОРОДНОЕ ОХРУПЧИВАНИЕ ГЦК ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ.....	61
Д.Н. Мовчан, младший научный сотрудник, В.Н. Шиванюк, старший научный сотрудник, зав.отделом физических основ легирования сталей и сплавов, Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины	61
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЖИМА ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ.....	63
Е.А. Мкртчян, старший преподаватель, Р.О. Ткачѳв, зав. лабораторией, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет».....	63

**TECHNOLOGY FOR STRENGTH INCREASING FOR HIGHLY
POROUS PARTS**

N.A. Rudenko, senior lecturer, Donbass State Engineering Academy

An essential disadvantage of porous permeable materials produced from metallic powders is a low mechanical strength. Mechanical strength depends on properties of starting powders, compaction pressure, sintering conditions and resulting porosity. The mechanical strength of porous permeable materials can be enhanced by using finer initial powders, increase of compaction pressure and decrease of final porosity [1]. Another way to enhance mechanical strength of highly porous materials supposes the usage of some additives ensuring appearance of a liquid phase during sintering. The potential impact of this technique on mechanical strength of porous materials was highlighted elsewhere [1].

In the present work the influence of copper content on the bending strength of iron based sintered porous materials was experimentally investigated. The obtained results can be used at production of filters, heat exchangers, shock absorbers and other porous parts.

In the present work a replica technique was used for manufacturing of highly porous materials. As basic materials water atomized iron powder and electrolytic copper powder have been used. Ammonium bicarbonate powder was used as a space holder. The ammonium bicarbonate fraction of 125...250 μm and volumetric content of 50% were used in all experiments.

The copper content in the basic powder mixture was chosen as 0, 10 and 20 % by weight. The larger amount of copper percentage in iron based powder materials leads to decrease in their strength [1]. Moreover, an increase in copper content leads to the rise of final product price.

The mixing was performed manually in two stages. Initially iron and copper powders were mixed together during 15 minutes. A small amount of gasoline was also added (1 % by weight) to avoid powders segregation. Thereafter the ammonium bicarbonate powder was added in the mixture. The duration of the second mixing stage was 5 minutes.

The samples for strength testing were compacted by uniaxial pressing in a rectangular die with the cavity size of 55.2 \times 10.2 mm² in plane. The compaction pressure varying from 100 to 600 MPa was used. These samples were sintered at temperature of 1150°C during 1 hour in reducing atmosphere of CO. This temperature was chosen to provide the presence of liquid phase during sintering. Heating rate was maintained at 7°C/min. The intermediate dwell was carried out at temperature of 850°C during 30 minutes. Thereat ammonium bicarbonate particles have been decomposed to ammoniac, carbon dioxide and water leaving large pores. After the end of

ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕТАЛУРГІЙНІЙ
ПРОМИСЛОВОСТІ

sintering the samples were cooled in the furnace to 300°C and then in plain air up to room temperature. The sintered rectangular specimens were tested in three points bending test according to ISO 3325 standard. The transverse rupture strength was calculated using relation:

$$\sigma_b = \frac{3P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2},$$

where: P – rupture force; $L = 25$ mm – distance between supports; b – sample width; h – sample height.

The presence of copper in the mixture leads to rise in density of powder compacts. This observation is related with the lower strength of copper particles comparing with iron ones. It is worthy of note that an increase of copper content from 10 % to 20 % does not sufficiently influence the resulting density of compacted samples. At a given compaction pressure the ejection stress diminishes with the rise of copper amount especially at higher pressures. This is the result of a decline of friction between powder and die wall due to decrease of compaction pressure and correspondingly lateral pressure with increase of copper content, and smaller shear stress of copper particles comparing with iron ones. Therefore copper acts as a kind of solid lubricant in a powder mixture.

The strength of sintered compacts has been enhanced with increase in compaction pressure. This is a result of a closer packing density of powder particles. The addition of copper in the iron based mixture leads to noticeable increase in the strength of highly porous samples. The rise of copper content from 10% to 20% does not influence sufficiently the strength of porous materials.

Conclusions.

1. The bending strength of sintered porous compacts is enhanced with an increase of compaction pressure. This is a result of closer packing of powder particles at pressing.

2. The addition of 10% of copper powder in the iron based powder mixture provides an increase of bending strength of sintered highly porous materials, especially at higher compaction pressures.

Literature

1. Rudenko N.A. Influence of copper additive on pressing and bending strength of iron based highly porous powder materials / N.A. Rudenko, A.M. Laptev, L.V. Popivnenko // Mechanical Testing and Diagnosis. – 2012. – Issue 3. – P. 55-59.

ЭНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕНИЯ В МЕТАЛУРГИЙНІЙ
ПРОМИСЛОВОСТІ

**ДОСТИЖЕНИЕ СВЕРХВЫСОКОПРОЧНОГО СОСТОЯНИЯ
СТАЛИ 55С3Г2ХФМБА**

*В.И. Зурнаджи, аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный
технический университет»*

Одним из эффективных способов энерго- и ресурсосбережения в машиностроительной и металлургической сферах промышленности является производство и применение высокопрочных низколегированных сталей. Данное направление становится все более актуальным, так как с одной стороны несет значительное сокращение расхода сырьевых и энергетических ресурсов, а с другой, позитивно отражается на экологической ситуации, так как снижается доля вредных выбросов в окружающую среду.

В связи чем все шире распространяются и активно развиваются технологии термической обработки низколегированных сталей, направленные на достижение высокопрочного состояния. В виду своей перспективности все шире распространяется технология термической обработки под названием «Quenching and Partitioning» предложенная в 2003 году J.G. Sreeg и соавторами. Технология позволяет достигать высокопрочного состояния за счет создания многофазной структуры, состоящей из мартенсита, бейнита и остаточного аустенита.

В качестве материала исследования использовали сталь условной марки 55С3Г2ХФМБА химического состава 0,56 % С; 2,50 % Si; 1,70 % Mn; 0,50 % Cr; 0,21 % Mo; 0,12 % V; 0,05 % Nb; 0,006 % S; 0,015 % P. Первый этап термической обработки заключался в аустенизации при 900 °С в течении 10 мин. После чего сталь быстро охлаждали в жидком сплаве Вуда до температуры (160 °С, 200 °С выдержка 60 с) с последующей выдержкой при температуре (200 °С, 225 °С, 250 °С, 270 °С, 300 °С в течение 10-300 мин). По завершении стадии P образцы остывали на воздухе. После термической обработки сталь подвергли металлографическому, рентгеноструктурному, дюраметрическому анализу, а также испытаниям на растяжение и ударный изгиб.

Установлено, что Q-p-P обработка с закалочным охлаждением до 160-200 °С и последующей выдержкой при 200-300 °С в течение 10-30 мин ведет к формированию многофазной структуры, состоящей из мартенсита отпуска (40-60 %), бескарбидного бейнита и повышенного содержания остаточного аустенита (11-28 %). Получение такой структуры ведет к достижению высокопрочного состояния исследуемой стали (твердость 47-55 HRC, предел прочности $\sigma_b=1600-2400$ МПа) при относительном удлинении до 23 % и ударной вязкости (KCU) в пределах 49-117 Дж/см².

**ОЦІНКА ТОЧНОСТІ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ СЕРЕДНЬОГО
ТИСКУ МЕТАЛУ НА ВАЛКИ ПРИ ХОЛОДНІЙ ПРОКАТЦІ**

І.В. Кармазіна, викладач, МММК ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», А.Г. Присяжний, доцент, О.Ю. Балалаєва, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Розробка енергозберігаючих режимів деформації при холодній прокатці штаб і жерсті повинна здійснюватись на основі достовірного визначення середнього тиску металу на валки r_{cp} і сили прокатки P . Відомі методи розрахунку значень r_{cp} та P при холодній прокатці штаб і жерсті можна умовно поділити на 3 групи. До першої групи належать методи, які засновані на чисельному рішенні диференціальних рівнянь рівноваги та характеризуються максимальною точністю. Але через складність ці методи мають низьку обчислювальну швидкодію. Зазначеного недоліку позбавлені емпіричні методи розрахунку, які відносяться до другої групи, але вони не є універсальними через те, що розроблені для конкретних умов прокатки. Методи розрахунку третьої групи (інженерні) у порівнянні з методами першої групи мають дещо меншу точність, але вони більш компактні і прості у використанні, тому ще не втратили своєї актуальності. Серед інженерних методів розрахунку найбільший інтерес представляють методи В. І. Капланова, Я. Д. Василева і Е. О. Гарбера. Задачею роботи є порівняльний аналіз точності зазначених інженерних методів розрахунку значень r_{cp} та P .

Для вирішення поставленої задачі розробили комп'ютерні програми та на їх основі розраховували значення r_{cp} та P при холодній прокатці на безперервних станах жерсті перетином 0,2x855 мм та штаб перетинами 0,78x1265 мм і 1,005x1015 мм. Аналіз результатів розрахунків значень r_{cp} та P показав, що метод Я. Д. Василева має досить високу точність визначення сили прокатування (ступінь невідповідності експериментальними даними менше 12 %). Точність прогнозування сили прокатки за методом В. І. Капланова суттєво нижче, особливо в умовах прокатки жерсті: величина P в останніх двох клітках шестиклітьового стану в кілька разів вище експериментальних значень. Аналіз отриманих результатів також показав, що максимальна невідповідність розрахункових і експериментальних даних, отриманих при використанні методу Е. О. Гарбера, нижче за аналогічний показник, що відповідає методу В. І. Капланова. При цьому слід зазначити, що недостатню достовірність розрахунку сили прокатки за методом Е. О. Гарбера, отриману у ряді випадків, можна пояснити необхідністю уточнення значень коефіцієнту контактного тертя.

ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕТАЛУРГІЙНІЙ
ПРОМИСЛОВОСТІ

**КОНСТРУКЦІЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОКАТКИ ЛИСТІВ
З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ**

А.К. Кох, аспірант, Донбаська державна машинобудівна академія

В сучасних економічних умовах необхідно прагнути до зменшення і підвищення ефективності енергозберігаючих технологій. Дані проблеми висвітлені в недавно проведених конференціях [1].

Установка дозволяє зменшити шкідливі викиди, застосовуючи лише нагрівання металу та забезпечуючи роботу приводу лише використовуючи електроенергію. Також відбувається зменшення затрат на нагрів металу. На 1 тону нагріву металу потрібно 1800 МДЖ енергії. Завдяки цьому зменшується викид шкідливих речовин в атмосферу та відбувається поліпшення екології. Створюються більш кращі санітарні норми для обслуговуючого персоналу та умови праці.

Збільшення продуктивності прокату листового матеріалу є актуальною проблемою і вимагає додаткових досліджень в даній області, що підтверджується роботами [2], [3]. Дана робота призначена для ознайомлення з експериментальною установкою.

Експериментальна установка безперервного лиття належить до ливарно-прокатних машин. Може бути використана для одержання площинних листів (штаб), ширина яких більше довжини бочки обтискуючих (робочих) валків.

Принцип роботи установки. Для виплавки смуги застосовується сплав ВУДа, що плавиться при температурі 60 °С - 95 °С. Установка представлена на рис.1.

Для плавки використовується ємність, що нагрівається за рахунок нагрівача. Після того, як сплав розплавився, він заливається в зазор між ведучим 1 і відомим 2 валками. Між ними попередньо встановлена затравка 3. Відбувається процес кристалізації сплаву, після «зачеплення» металу з затравкою валки починають обертатися, поступово витягуючи з між валкового простору смугу з гофрованою поверхнею, далі сплав подається на послідовну кліть (рольганг) 4 для остаточного випрямлення.

Привід установки здійснюється за допомогою електродвигуну 5 (Тип АУЛ80В6У3) через редуктор 6, валково-кільцеву муфту 7. Установка зібрана на зварній рамі.

ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕТАЛУРГІЙНІЙ ПРОМИСЛОВСТІ

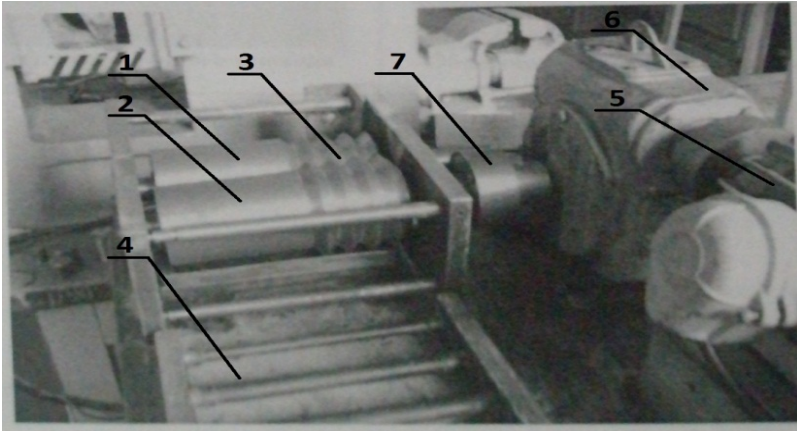


Рисунок 1 – Загальний вид експериментальної установки

Висновки:

1. Розроблена експериментальна установка для отримання гофрованих листів.
2. Установка може бути використана для дослідження процесу прокатки матеріалів та сплавів які легко плавляться. З метою визначення енергосилових параметрів прокатки та ін.
3. Дана установка дозволяє здійснювати процес прокатки в різних режимах у тому числі з використанням безперервних методів лиття.
4. Використання цієї установки дозволяє зменшити затрати на додаткове нагрівання за рахунок цього збільшується ефективність енергозберігаючих технологій.

Література

1. Чухлеб В. Л., Клемешов Е. С., Гринкевич В. А., Ярошенко О. А., Халезова Т. А. Фролов А. А., Дья Х. (НМетАУ, г. Днепр). Промышленное внедрение ресурсосберегающего процессаковки с рациональным режимом формоизменения уменьшенной прибыльной части слитков из коррозионностойких сталей
2. Пат. №67475 А, В21В 1/00, В21В 1/02. Спосіб одержання литям-прокаткою листів (штаб) шириною, більшою від довжини бочки обтискующих валків/ М.Л.Роганов, Л.Л. Роганов // Промислова власність. Офіційний бюлетень – 2004. №6. С.4.73.
3. Советов Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 2001. – 275 с.

ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕТАЛУРГІЙНІЙ
ПРОМИСЛОВОСТІ

**МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НАТЯГУ
ШТАБИ НА СУМАРНИЙ МОМЕНТ ПРИ ПРОКАТЦІ**

*О.П. Максименко, професор, Д.І. Лобойко, асистент, ДВНЗ «Дніпровський
державний технічний університет, А.Г. Присяжний, доцент,
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»*

Розробка енергозберігаючої технології прокатки на безперервних станах є важливою теоретичною і практичною задачею, одним з ефективних шляхів вирішення якої є оптимізація режимів натягу штаби в проміжках між клітей. Із теорії безперервної прокатки відомо, що всі складові сумарного балансу робіт за незмінних граничних умов залежать від характеру розподілу питомих сил тертя в осередках деформації всіх клітей прокатного стану. У свою чергу сили тертя в зонах відставання та випередження багато в чому визначаються режимом натягу металу, що прокатується. Тому доцільно встановити наскільки ефективним є вплив умов тертя і натягу штаби на зниження енерговитрат на бочці валків кожної з клітей і в цілому по безперервному стану.

Методика проведення дослідження включала чисельне вирішення рівняння Т. Кармана з урахуванням натягу штаби при різних моделях тертя на контакті, серед яких застосовували закон тертя ковзання, закон пластичного тертя і модель плавної зміни питомих сил тертя в осередку деформації. При вирішенні поставленої задачі визначали розподіл контактних напружень, розраховували поточне в осередку деформації значення подовжніх сил і середньоінтегральне їх значення, а також здійснювали оцінку подовжньої сталості штаби в валках. Крім того, знаходили сили тертя в зонах відставання і випередження, момент на бочці валків і його сумарне значення в цілому по стану. Розрахунки були виконані для умов холодної прокатки штаби на безперервному чотириклітьовому стані в робочих валках номінальним діаметром 200 мм.

Отримані результати показали, що із збільшенням натягу штаби сумарний момент на бочках валків безперервного стану зменшується. Частка першої кліті в загальному зниженні моменту є найбільш істотною. При цьому знижується і подовжня сталість металу в валках. При значному натягу в окремих клітях процес може здійснюватися в умовах, близьких до граничних. Такі залежності мають місце при різних моделях тертя на контакті металу з валками. Перерозподіл обтиснень по клітях в умовах безперервної прокатки з натягом штаби також впливає на сумарний момент на бочках валків.

ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕТАЛУРГІЙНІЙ
ПРОМИСЛОВОСТІ

**ВОДОРОДНОЕ ОХРУПЧИВАНИЕ ГЦК ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЕВЫХ
СПЛАВОВ**

Д.Н. Мовчан, младший научный сотрудник, В.Н. Шиванюк, старший научный сотрудник, зав.отделом физических основ легирования сталей и сплавов, Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины

Ухудшение свойств материалов, обусловленное водородом, является серьезной проблемой, привлекающей повышенное внимание исследователей в течение последних десятилетий. Водородное охрупчивание существенно зависит от прочности материалов, поэтому более перспективным является изучение влияния водорода на межатомное взаимодействие и исследование вызванных водородом фазовых переходов.

В результате насыщения водородом аустенитных сталей наблюдается расщепление рефлекса γ фазы на рентгеновских дифрактограммах, которое интерпретируется как образование "псевдогидрида", γ^* фазы, ответственной за водородную хрупкость. Дискуссии о природе расщепления пиков γ фазы начались с идеи о наличии разрыва смешиваемости в системе Ме-Н. Первое предложение того, что расщепление пика γ фазы не является следствием разрыва смешиваемости, было высказано в статьях Mathias H, Katz Y, Nadiv S..

Идеи же данной работы заключаются в том, что расщепление рефлексов гамма фазы в насыщенном водородом твердом растворе является следствием ближнего атомного расслоения твердого раствора замещения.

В данной работе были проведены ab initio расчеты взаимодействия атомов в системах Fe-H, Ni-H, Fe-Ni и экспериментально изучены вызванные водородом фазовые превращения в чистом Ni и Fe-Ni гцк твердом растворе.

Таблица 1. Энергия межатомного взаимодействия Ме-Н в наводороженном никеле и железе

Энергия, эВ	Ni	Fe
E_{Me-H}	-0,592	-0,647
E_{H-H}	0,267	0,361

Таблица 2. Энергия взаимодействия между атомами металла в никеле, железе и железо-никелевом твердом растворе

Энергия, эВ	Ni	Fe
Ni	-0,93	-0,72
Fe	-0,72	-1,3

ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕТАЛУРГІЙНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Ab initio расчет энергий межатомного взаимодействия дал наглядное доказательство ближнего атомного расслоения в Fe-Ni твердом растворе и предпочтительного ближайшего соседства Fe-H по сравнению с Ni-H.

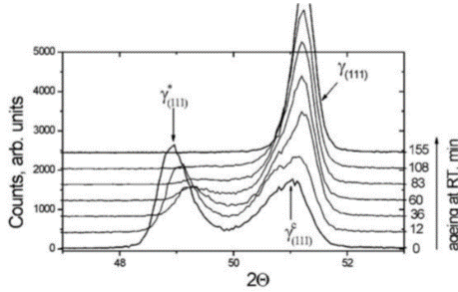


Рисунок 1 – Рентгеновская дифрактограмма сплава Fe50Ni наводороженного и состаренного при комнатной температуре

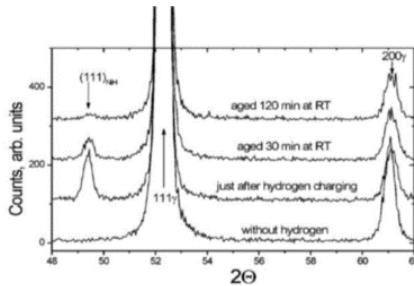


Рисунок 2 – Рентгеновская дифрактограмма сплава Fe50Ni наводороженного и состаренного при комнатной температуре

Основываясь на этих результатах, расщепление γ рефлекса в образце гидрогенизированного ГЦК Fe-Ni сплава интерпретируется как локальная дилатация γ решеткой атомами водорода, предпочтительно локализованными в Fe-обогащенных областях Fe-Ni твердого раствора.

Это означает, что $\gamma^*(\gamma_{\text{H}})$ фаза в ГЦК Fe-Ni сплаве, заявленная как "псевдогидрид", образующийся вследствие разрыва смешиваемости в системе Me-H, в действительности не существует. Напротив, поведение гидрида Ni во время водородной дегазации соответствует ожидаемому разрыву смешиваемости в системе Ni-H.

ЭНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕНИЯ В МЕТАЛУРГИЙНІЙ
ПРОМИСЛОВОСТІ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЖИМА ТРУБНОЙ
ЗАГОТОВКИ**

*Е.А. Мкртчян, старший преподаватель, Р.О. Ткачѳв, зав. лабораторией,
ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»*

Процесс обжима полых заготовок для деталей, используемых в машиностроении, авиастроении, производстве изделий типа баллонов высокого давления, боеприпасов в настоящее время далеко не совершенен. Суть процесса состоит в уменьшении диаметра конца или закрытия полости трубчатой заготовки. В зависимости от заданной формы обжатого конца, относительной толщины стенки заготовки процесс может быть одно или много переходным.

Теоретический расчет процессов обработки металлов давлением не всегда позволяет достаточно точно учесть факторы, оказывающие влияние на процесс деформации. Но существующие возможности моделирования методом конечных элементов в определенной степени удовлетворяют запросы практики, поэтому довольно широко применяются.

В данной работе проводили моделирование процесса обжима трубной заготовки методом конечных элементов в системе QFORM. Обжим в деформирующих матрицах из ситалла производился с целью определения возможности выполнения операции в условиях одновременного индукционного нагрева и деформации концов труб из сплава Д16Т, максимальная температура деформации для которого 450 °С. Для штамповых матриц принят ситалл 2/1А класса СТЛ-10. Результаты моделирование представлены на рис. 1.

Особенностью матриц из ситалла является то, что они работают в сложных температурных условиях. При обжиме деформируемый металл нагревается до 350-450 °С и внутренняя (рабочая) поверхность матрицы нагревается во время деформации до этой же температуры, а наружная поверхность матрицы соприкасается с бетоном, который охлаждается проточной водой, проходящей по трубке индуктора, расположенного в непосредственной близости от ситалловых деформирующих вставок (матриц) штампа.

Результаты моделирования показывают возможность деформирования трубной заготовки за один переход в ситалловой матрицы с четким формированием контура поковки требуемой точности, при этом не наблюдается потери устойчивости заготовки при коэффициенте обжима больше двух.

ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕТАЛУРГІЙНІЙ
ПРОМИСЛОВОСТІ

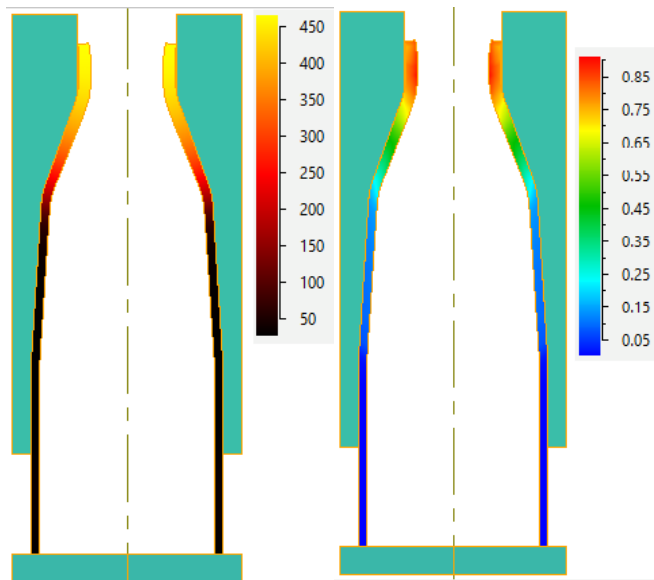


Рисунок 1 – Результати моделювання розподілу температурного поля і деформації процесу обжима трубної заготовки криволинійною матрицею

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ **ТА МАШИНОБУДУВАННІ**

Зміст

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА Ti-Ni	67
О.С. Бессмертная, студентка, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», С.Н. Кедровский, инженер I категории, Ю.Н. Коваль, профессор, член-корреспондент НАН Украины, Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины	
КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ	69
О.В. Бережна, докторант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Е.П. Грибков, доцент, С.В. Малигіна, доцент, М.О. Бережний, здобувач, Донбаська державна машинобудівна академія.....	
ВПЛИВ СВИНЦЮ ТА ОЛОВА НА СТРУКТУРУ ВИЛИВКІВ ВИСОКОМІДИСТИХ ЧАВУНІВ.....	71
Д.А. Гусачук, Ю.П. Фешук, І.О. Парфентьева, Луцький національний технічний університет.....	
ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМОЗМІНИ МЕТАЛУ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ КУВАННЯМ ШАТУННОЇ ШИЙКИ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ.....	73
Є.С. Клемешов, аспірант, В.Л. Чухліб, професор, Національна металургійна академія України	
ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО СПОСОБА НАПЛАВКИ ДВУМЯ ЛЕНТОЧНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ	74
Е.В. Лаврова, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет».....	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫДАВЛИВАНИЯ ЗАГОТОВОК ПЛУНЖЕРА ПОРШНЕВОГО НАСОСА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПРОИЗВОДСТВА	76
В.Н. Левченко, доцент, В.Я. Даниленко, доцент, М.Н. Тарасов, магистрант, Е.В. Лактионов, магистрант, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».....	

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ
ТА МАШИНОБУДУВАННІ

СТВОРЕННЯ Cr-Ti ТА Ti-Cr ПОКРИТТІВ НА СТАЛІ 40X13 ПОШАРОВИМ ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ ЛЕГУВАННЯМ У РІДИННОМУ СЕРЕДОВИЩІ З ПОРОШКОМ ГРАФІТУ.....	78
Г.Г. Лобачова, старший викладач, Є.В. Іващенко, доцент, В.М. Гурська, студентка, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».....	78
ПІДВИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ТВЕРДОСТІ СТАЛІ 40X13 ПОШАРОВИМ ФОРМУВАННЯМ Ni-Cr ТА Cr-Ni ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ.....	80
Г.Г. Лобачова, старший викладач, Є.В. Іващенко, доцент, Д.В. Доронін, студент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».....	80
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМПУЛЬСНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛ Я НАНЕСЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	82
Ю.Г. Чабак, старший преподаватель, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет».....	82

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ
ТА МАШИНОБУДУВАННІ

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
СВОЙСТВА Ti-Ni

О.С. Бессмертная, студентка, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», С.Н. Кедровский, инженер I категории, Ю.Н. Коваль, профессор, член-корреспондент НАН Украины, Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины

Практическое использование функциональных материалов, испытывающих мартенситное превращение и обладающих эффектом памяти формы (ЭПФ), неуклонно возрастает. Для соединения между собой разного рода материалов применяют самый широкий спектр методов сварки, в частности лазерную сварку.

Цель нашего исследования – изучить влияние метода лазерной сварки на функциональные характеристики уже известного биоинертного сплава Ti-Ni с температурой восстановления формы в пределах температуры человеческого тела. Две пластинки данного сплава были соединены между собой при помощи импульсного лазерного излучения.

На рис. 1 представлена микроструктура полученного сварного шва.

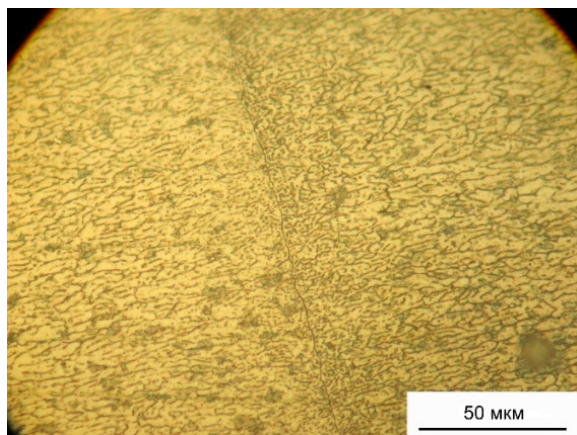


Рисунок 1 – Микроструктура поперечного сечения сварного шва Ti-Ni (граница соединения пластин)

В результате термического воздействия лазерного излучения наблюдается область перекристаллизации материала, а также видна чёткая граница соединения двух пластин.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

Сварной шов был подвергнут дальнейшему исследованию на наличие эффекта памяти формы методом трёхточечного изгиба (рис.2). Прямое мартенситное превращение (M_s - M_f) наблюдается от комнатной температуры до 0 °С, обратное превращение (A_s - A_f) наблюдается в интервале от 60 °С до 100 °С.

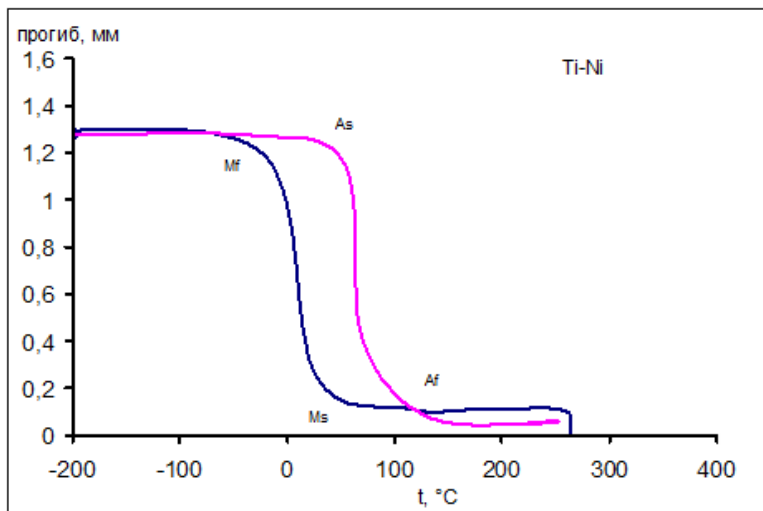


Рисунок 2 – Зависимость прогиба и восстановления формы от температуры сварного шва Ti-Ni

Таким образом, процесс рекристаллизации во время лазерной сварки привёл к изменению характеристических температур мартенситного превращения в сплаве Ti-Ni. Предполагается, что данный результат может быть вызван обеднением никелем зоны шва в следствии образования частиц TiNi_2 , Ti_3Ni_4 и др.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

*О.В. Бережна, докторант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Е.П. Грибков, доцент, С.В. Малигіна, доцент, М.О. Бережний, здобувач,
Донбаська державна машинобудівна академія*

Для одержання заданих характеристик відновлених деталей необхідне поетапне перетворення властивостей у визначеній послідовності з поступовим наближенням значень властивостей до заданих, що досягається використанням комплексних технологій обробки. Так, електроконтактне наварювання сталеву стрічкою націлене на нарощування поверхневого шару з перетворенням геометричних параметрів деталей і структури матеріалу, у той час як наступна термообробка навареного шару спрямована на покращення властивостей поверхневого шару для забезпечення високої стійкості в умовах циклічного навантаження. Враховуючи, що мікропластична деформація відіграє визначальну роль у концентрації напружень у привареному шарі, а, отже, й впливає на стійкість відновлених деталей, що працюють в умовах циклічного навантаження, проводили дослідження структури шару з точки зору опору мікропластичній деформації.

Дослідження мікропластичності наварених зразків проводили при деформації розтягування. На зразки зі сталі марок Ст25, Ст40 і Ст40Х виконували електроконтактне наварювання. Матеріал стрічок обирали ідентичним маркам сталі зразків. Після електроконтактного наварювання здійснювали нагрів випробних зразків у лабораторній муфельній печі. Наварені зразки зі сталей 25 і 40 піддавали нормалізації з наступним високотемпературним відпуском. Наварені зразки зі сталі 40Х піддавали термічній обробці за декількома режимами, які визначили і різні структури: проводили нормалізацію з відпуском, а наварені зразки після гартування піддавали відпуску при різних температурах для одержання продуктів відпуску різної дисперсності. Після проведення термічної обробки наварені зразки шліфували на плоскошліфувальному верстаті в розмір $3 \pm 0,1$ мм. Шліфування проводили при інтенсивному охолодженні, щоб уникнути утворення шліфувальних опіків. Маркували їх згідно з маркою сталі та групою термічної обробки і виготовляли зразки.

Випробування на розтягування проводили на пристрої ІМ-4Р. Для дослідження мікроструктури в процесі деформування наварену поверхню зразку полірували як металографічний шліф, закріплений в спеціальній оправці. Для виявлення мікроструктури використовували хімічне травлення мікрошліфів у 4% розчині HNO_3 в етиловому спирті. Для

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

дослідження мікропластичності, її однорідності в залежності від структури вздовж подовжньої осі зразку за допомогою мікротвердоміру ПМТ-3 наносили ряд реперних точок пірамідою під навантаженням 20г. Відбитки наносили через кожні 0,04-0,05 мм, тобто через відстані, спільномірні з розміром зерна досліджуваних наварених зразків.

За даними замірів відстаней між відбитками визначали зміну цієї відстані в результаті прикладення даного напруження. При дослідженні мікропластичної деформації вже при найменших напруженнях виникали залишкові мікродеформації. Характерно, що це напруження підвищується зі збільшенням об'ємного вмісту перліту і разом із пониженням температури відпуску при термічному поліпшенні. Вид ліній ковзання також відрізняється залежно від структури деформованого зразку. В наварених зразках зі сталі 25 після нормалізації виникаючі лінії ковзання паралельні. З появою великої кількості перліту змінюється й форма ліній ковзання, вони набувають вигнутого характеру. Це має місце тим більше, чим більший об'ємний вміст перліту. Лінії ковзання в сорбітоподібних структурах (після термічного покращення) вигнуті, виникають поступово в широкому діапазоні напружень. При високих напруженнях, зростає й кількість об'ємів із високою щільністю ліній.

Таким чином, форма ліній ковзання залежить від перешкод для вільного розповсюдження пластичних зсувів (приграничних об'ємів, внутрізерних структурних порушень). Якщо в навареному зразку міститься відносно великий об'єм зерен надлишкового фериту, то перешкод для зсувів менше, а лінії ковзання прямолінійні. В сорбітних структурах із розвитою міжзеренною поверхнею перешкод для ковзання значно більше, що й обумовлює вигнутість ліній. Наварені зразки зі сталі 25 вимагають найменших напружень для виникнення мікропластичної деформації. В умовах випробування ці напруження складають 30,5 МПа. В наварених зразках із більшим вмістом у структурі цементиту ці напруження вищі, а лінії зсуву більш вигнуті. Найбільш високі напруження мають місце у зразках, які після наварювання піддавались термічному поліпшенню на сорбіт і троостит відпуску. Саме в такому структурному стані зразки найбільш чутливі до концентрації напружень в умовах циклічних навантажень (в умовах роботи, коли виникають мікропластичні деформації). Таким чином, визначивши оптимальну структуру з точки зору фізичного стану поверхневих шарів (привареного шару та зони термічного впливу) і чутливості до концентрації напружень можна правильно обирати технологію відновлення, яка передбачатиме утворення більшого об'єму зерен надлишкового фериту у структурі функціонального шару та меншої кількості перешкод для зсувів дислокацій при наявності низьких стартових напружень.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ
ТА МАШИНОБУДУВАННІ

**ВПЛИВ СВИНЦЮ ТА ОЛОВА НА СТРУКТУРУ ВИЛИВКІВ
ВИСОКОМІДИСТИХ ЧАВУНІВ**

*Д.А. Гусачук, Ю.П. Фецук, І.О. Парфентьєва, Луцький національний
технічний університет*

Застосування високомідистих чавунів в машинобудуванні пов'язано з їх високими триботехнічними властивостями [1, 2], як литих композитних матеріалів (ЛКМ).

Значна неоднорідність структури цих сплавів дозволяє додатково розвинути процеси структуроутворення дисипативних структур, шляхом зміни природного стану включень композиційного матеріалу. Для вирішення такого завдання в роботі було застосовано додаткове легування високомідистих чавунів свинцем та оловом (до 5 % мас.). З метою відносного порівняння результатів легування концентрацію міді в дослідних зразках брали приблизно постійною, близько 8 % мас. Як відомо [3] при таких концентраціях міді в структурі сірих чавунів, модифікованих магнієвими лігатурами, спостерігається відносно рівномірний розподіл сферичних включень на основі високомідистої ϵ -фази.

Свинець та олово в розплав вводили перед розливанням, після заходжування перегрітого розплаву незначними порціями міді. При цьому проводили механічне перемішування розплаву. Розливання проводили у піщано-глинисті стрижневі форми $\varnothing 30 \times 250$ мм.

За сумарним вмістом вуглецю і кремнію, отримані чавуни можна віднести до доевтектичних сплавів. Зазвичай такі сплави кристалізуються з утворенням А+Г евтектики, зародки якої грають важливу роль у формуванні гетерогенної структури розроблених ЛКМ. Металографічним аналізом встановлено, що зародки стабільної евтектики є центром формування сферичних включень $\Gamma+\epsilon$. При цьому заключний етап їх утворення пов'язаний з проходженням перитектичної реакції, коли кристали аустеніту, взаємодіючи з мідистою рідиною, переходять в ϵ -фазу.

У роботі встановлено, що легування свинцем може спотворювати сферичну форму включень $\Gamma+\epsilon$ і збільшувати їх розмір (рис. 1). Кількість самих включень як і регулярність розподілення їх в структурі ЛКМ зменшуються. Таке явище особливо проявляється при концентрації свинцю більше 3 % мас. Дані мікроаналізу, отримані на аналізаторі РЕММА-103А, показали значне скупчення свинцю біля включень $\Gamma+\epsilon$, а також на межі «матриця – включення». Тобто свинець сприяє більш активному притоку атомів міді до меж «аустеніт – мідиста рідина» при розростанні А+Г колоній. Це гальмує ріст евтектичної колонії і призведе до повного її захоплення міддю.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ
ТА МАШИНОБУДУВАННІ

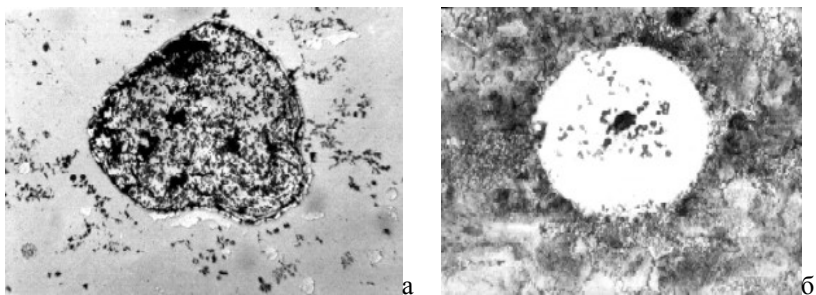


Рис. 1. Структура включень на основі міді. $\times 400$.
а – високомідистий чавун (3..5 % Pb);
б – високомідистий чавун (3...5 % Pb, 2...3 % Sn);

Додаткове легування оловом дозволяє усунути таке явище та відновити сферичність включень на основі міді. При цьому як саме включення, так і кристаліти графіту в ньому зазнають морфологічні зміни (рис.1, б). Як видно включення набуває сфероїдної форми, а графіт концентрується переважно в центрі, тобто зберігає домінуючу роль в процесі формування останніх. Це пояснює регулярність розподілення мідистих включень в гетерогенній структурі високомедистих чавунів, легованих свинцем та оловом.

За сукупністю механічних властивостей розроблені ЛКМ можна застосовувати для деталей вузлів тертя, що працюють в умовах обмеженого змащення. Їх стійкість за таких умов в три рази більша звичайних чавунів та може бути співставлена з деякими сплавами міді.

1. Гусачук Д.А., Парфентьева І.О., Зайчук Н.П. Зносостійкі литі композитні матеріали, отримані на основі сірих чавунів // Нові матеріали і технології в машинобудуванні: матеріали науково-практичної конференції. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. С.47–48.

2. Дмитріюк М.В., Гусачук Д.А., Парфентьева І.О. Еволюція структури шарів тертя при зношуванні мідистого чавуну // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. – Луцьк: Луцький НТУ, 2017. Вип. 59. С. 91-95.

3. Гусачук Д.А., Маткова А.В., Парфентьева І.О. Морфологія та характер розподілення мідистих включень у легованих міддю сірих чавунах // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. – Луцьк: Луцький НТУ, 2011. Вип. 31. С. 199-203.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ
ТА МАШИНОБУДУВАННІ

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМОЗМІНИ МЕТАЛУ
ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ КУВАННЯМ ШАТУННОЇ ШИЙКИ
КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ

*Є.С. Клемешов, аспірант, В.Л. Чухліб, професор, Національна
металургійна академія України*

Метою роботи є вивчення закономірностей формозміни металу в залежності від форми і геометрії деформуючого інструменту і розробка на основі отриманих даних удосконаленої технології виробництва, що забезпечує зменшення показників металоємкості.

Для досягнення поставленої мети було виконано:

1) Теоретичне й експериментальне дослідження особливостей формозміни металу при куванні шатунної шийки колінчастого валу тонким деформуючим інструментом в залежності від товщини інструменту та глибини його вдавлювання.

2) Виконаний аналіз результатів досліджень та встановлені залежності форми одержуваної поковки деталі від параметрів процесу кування шатунної шийки.

3) Отримані теоретично і перевірені експериментально закономірності параметрів формозміни від обтиснення заготовки при використанні тонкого деформуючого інструменту.

4) Розроблені рекомендації щодо удосконалення процесу виробництва поковок колінчастих валів з отриманням шатунної шийки вільним куванням.

Дослідження процесу кування з використанням тонкого деформуючого інструменту при виготовленні поковок колінчастих валів дозволило:

- отримувати шатунну шийку колінчастого валу вільним куванням при виготовленні поковок колінчастих валів;
- визначити геометричні розміри заготовки для виробництва колінчастих валів з використанням тонкого деформуючого інструменту;
- розробити технологічні рекомендації, які дозволяють зменшити витрати металу при виробництві поковок колінчастих валів із використанням тонкого деформуючого інструменту з товщиною $0,1..0,3 D_{\text{заг}}$ та при діаметрі шатунної шийки $0,3..0,7 D_{\text{заг}}$, за рахунок відсутності ковальського напуску.

ЭНЕРГОЭФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СВАРКЕ
И МАШИНОСТРОЕНИИ

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО СПОСОБА
НАПЛАВКИ ДВУМЯ ЛЕНТОЧНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Е.В. Лаврова, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Использование механических способов принудительного переноса электродного металла позволяют не только управлять качеством и геометрическими параметрами сварных швов, но и существенно снижать энергозатраты на тепловложение в сварочную ванну. Исследование возможностей такого способа для наплавки ленточным электродом, показало перспективность этого метода при электродуговой наплавке.

В случае использования двух и более электродов условия плавления электродного металла и его переноса в сварочную ванну отличны от способа наплавки одним электродом, особенно при различных значениях скорости подачи лент. Влияние этих параметров на перенос электродного металла в сварочную ванну до сих пор не изучено.

Применение разработанного устройства позволяет осуществлять подачу ленточных электродов в сварочную ванну с различными скоростями. Вращение эксцентрикового механизма обеспечивает наложение вертикальных колебаний торцов электродов на их подачу, за счет чего осуществляется контролируемый сброс капель с торцов ленточных электродов. При этом амплитуда колебаний торцов ленточных электродов изменяется в зависимости от величины эксцентриситета и расстояния между ленточными электродами.

Перемещение торцов ленточных электродов характеризуется периодически изменяющимися значениями скоростей и ускорений. Находящийся на торце электрода расплавленный металл за время колебательного движения приобретает ускорение под действием силы инерции в направлении ванны, что способствует его ускоренному сбросу в сварочную ванну в виде капли. В этом случае масса сбрасываемой капли будет определяться законами изменения кинематических параметров лент, их амплитудой и частотой колебаний.

Представлена расчетная зависимость изменения силы инерции действующей на каплю электродного металла при использовании предлагаемой кинематической схемы устройства. Средний диаметр капли принимался равным $2,6 \times 10^{-3}$ м (масса капли $6,435 \times 10^{-5}$ кг).

При использовании наложенных колебаний повышается производительность наплавки за счет снижения температуры капель, попадающих в сварочную ванну с торцов и перераспределения температур

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

в объеме сварочной ванны, что приводит к повышению эффективности расплавления ленточных электродов.

Это объясняется тем, что в процессе плавления электродного металла при наложении принудительных механических колебаний происходит равномерное оплавление торцов ленточных электродов за счет обеспечения равномерного распределения тепловой энергии по ширине лент и контролируемый сброс капель жидкого металла. Применение данного способа наплавки позволяет повысить качество наплавленного слоя и снизить удельный расход электрической энергии на погонный метр наплавленного валика.

Таким образом, использование разработанного устройства позволяет повысить энерго – эффективность в процессе наплавки (в среднем на 20%), обеспечить управляемый тепло – массо перенос в сварочную ванну и, как следствие, равномерность высоты наплавленного слоя и глубины зоны проплавления по всей ширине ванны.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫДАВЛИВАНИЯ ЗАГОТОВОК ПЛУНЖЕРА ПОРШНЕВОГО НАСОСА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

*В.Н. Левченко, доцент, В.Я. Даниленко, доцент, М.Н. Тарасов,
магистрант, Е.В. Лактионов, магистрант, Национальный технический
университет «Харьковский политехнический институт»*

Плунжерные (поршневые) насосы широко используются в системах подачи воды, нефтедобывающей и пищевой отраслях, в быту. Плунжер насоса является одной из наиболее важных деталей насосов. В настоящее время плунжеры насосов изготавливают методом резания из прутка, эта технология характеризуется высокой трудоемкостью и низким (менее 0,5) коэффициентом использования материала. Материалом для плунжера служит сталь 18ХГТ (ГОСТ 2590). Одним из наиболее эффективных процессов изготовления деталей указанного типа является холодное выдавливание. Основными преимуществами холодного выдавливания является то, что это – высокопроизводительный процесс, практически отсутствуют потери металла, а точность изготовления таква, что требуются только финишные операции (шлифовка и полировка). Кроме того, при холодном выдавливании присутствует значительное упрочнение металла, что во многих случаях позволяет отказаться от весьма трудоемкой операции термообработки.

Для изготовления плунжера гидронасоса НАС 125/200-2002 рассмотрены несколько вариантов технологии холодного выдавливания.

Для первого варианта технологии моделировали методом конечных элементов операции комбинированного и обратного выдавливания. На первом переходе вначале выдавливали полость полусферическим пуансоном, а потом прямым выдавливанием редуцировали конец плунжера под сферическую головку. Расчеты и ранее проведенные экспериментальные исследования показали, что по условиям силового режима первый переход является наиболее тяжелым и нагрузка на пуансон достигает 2400...2500 МПа.

Для снижения нагрузок на пуансон предложено использовать технологический процесс с тремя переходами: прямое выдавливание концевой части заготовки плунжера под сферическую головку, выдавливание полости и прямое выдавливание с получением стенки необходимой толщины. Анализ формоизменения по результатам моделирования методом конечных элементов показал возможность выдавливания заготовки плунжера за три перехода.

Раздельное получение корпуса плунжера и алюминиевого сердечника требует применения надежных способов их сборки. Один из

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

наиболее распространенных способов соединения этих элементов – завальцовка, однако этот способ не очень надежен и требует весьма точного контроля. Изготовление плунжера с алюминиевым сердечником выдавливанием позволяет получить составную заготовку плунжера без применения завальцовки и достаточной прочностью соединения. Поэтому рассмотрена возможность выдавливания плунжера совместно с алюминиевым сердечником за три перехода. Первый переход – обратное выдавливание стакана, второй переход – прямое выдавливание. В выдавленный стакан вставляется алюминиевый сердечник и производится совместное прямое выдавливание. Третий переход – редуцирование головки плунжера под сферическую пятю. Сравнение результатов моделирования формоизменения методом конечных элементов с экспериментально полученными образцами показали хорошую сходимость.

Заготовки для холодного выдавливания можно получать на многошпиндельном автомате отрезкой от прутка. Подготовка заготовок перед холодным выдавливанием включает травление, промывку, фосфатирование и омыливание. Фосфатное покрытие, пропитанное маслом, является наилучшей смазкой при холодном выдавливании стальных деталей. Сталь 18ХГТ относится к числу трудно деформируемых сталей, поэтому подготовка заготовок должна выполняться очень тщательно и без нарушения технологических режимов проведения упомянутых операций. Нарушение данной технологии приводит к резкому снижению стойкости рабочих частей штампа для выдавливания.

Для всех трех вариантов технологии на основе моделирования методом конечных элементов получены усилия деформирования, исследовано напряженно-деформированное состояние заготовки и определена степень использования ресурса пластичности материала, что позволяет разработать конструкции штампов и выбрать необходимое оборудование.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

СТВОРЕННЯ Cr-Ti ТА Ti-Cr ПОКРИТТІВ НА СТАЛІ 40X13 ПОШАРОВИМ ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ ЛЕГУВАННЯМ У РІДИННОМУ СЕРЕДОВИЩІ З ПОРОШКОМ ГРАФІТУ

Л.Г. Лобачова, старший викладач, Є.В. Іващенко, доцент, В.М. Гурська, студентка, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Багатьма дослідниками доведена ефективність застосування електроіскрового легування (ЕІЛ) для локального зміцнення деталей машин та інструменту, що дозволяє значною мірою поліпшити експлуатаційні характеристики, відновити ушкоджені ділянки робочих поверхонь та подовжити строк їх експлуатації [1, 2]. Переваги ЕІЛ полягають у використанні будь-яких провідникових матеріалів для створення адгезійно стійких покриттів широкого функціоналу. При цьому метод ЕІЛ є простим у технічній реалізації на малогабаритному транспортабельному обладнанні, екологічно чистим, енерго- та ресурсозберігаючим.

Зважаючи на те, що широкоживані багатоконпонентні аноди (переважно карбідні сполуки) мають високу температуру плавлення, їх ерозія за низьких енергетичних параметрів обробки є незначною [1]. Конкурентоспроможним за цієї обставини може бути по чергове нанесення чистих перехідних металів під час реалізації процесу у насичувальних середовищах з вуглецем. Результати раніше проведених нами експериментів [3, 4] показали можливість створення покриттів, які містять карбіди та інтерметаліди, що сприяє підвищенню твердості та зносостійкості сталевій поверхні.

Метою даної роботи є виявлення впливу послідовності нанесення Cr та Ti під час пошарового ЕІЛ у гліцерині з порошком графіту на структуру та мікротвердість поверхневих шарів сталі 40X13.

Матеріалом для дослідження обрано сталь 40X13 (0,36 – 0,45 мас.% С; 0,8 мас.% Si; 0,8 мас.% Mn; 12,0 – 14,0 мас.% Cr; 0,025 мас.% S; 0,030 мас.% P).

Як аноди використані перехідні метали – Cr (до 99,9 мас. %) та Ti (до 99,9 мас. %), що наносилися на поверхню сталі 40X13 у різній послідовності.

Беручи до уваги, що метали анодів мають здатність до карбідоутворення, ЕІЛ здійснювали у суміші гліцерину з порошком графіту (75 мас.% гліцерин + 25 мас.% графіт). З літератури відомо [2], що електричний розряд у рідинах протікає потужніше, ніж у газі, через створення спрямованого каналу, обмеженого середовищем більшої густини. При цьому відбувається іонізація гліцерину, і він стає джерелом вуглецю. Оскільки діелектричне середовище (гліцерин) при додаванні поро-

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

шку графіту набуває провідності, це створює сприятливі умови для додаткового збагачення покриття карбідами перехідних металів.

Мікроструктурний аналіз поверхневих ділянок сталі 40X13 після обробки свідчить про утворення суцільних покриттів. Після ЕІЛ у послідовності Cr-Ti спостерігається покриття товщиною 30 – 35 мкм, а після зміни послідовності нанесення (Ti-Cr) товщина становить 20 – 25 мкм. Збільшення товщини шару у першому випадку пов'язано з тим, що хром, на відміну від титану, утворює необмежений твердий розчин із залізом основи.

Мікродюрометричним аналізом встановлено, що після обробки за схемою Cr-Ti мікротвердість за глибиною легованого шару змінюється в межах від 7,2 до 11,1 ГПа, а після ЕІЛ у послідовності Ti-Cr – від 8,2 до 10,4 ГПа. Як видно, важливе значення має природа металу легувального електроду, який наноситься другим. Оскільки більшу здатність до утворення карбідів має титан під час взаємодії з вуглецем міжелектродного середовища, то вищі значення мікротвердості має Cr-Ti покриття.

Отже, варіюванням послідовності нанесення хрому та титану за екстремальних умов ЕІЛ у гліцерині з порошком графіту можна створити покриття товщиною від 20 до 35 мкм та підвищити поверхневу мікротвердість сталі 40X13 до 10,4 – 11,1 ГПа.

Література

1. Электроискровое легирование металлических поверхностей / [Г.В. Самсонов, А.Д. Верхотуров, Г.А. Бовкун, В.С. Сычев]. – К.: Наукова думка, 1976. – 220с.
2. Мазанко В.Ф. Искровой разряд и диффузионные процессы в металлах / В.Ф. Мазанко, Д.С. Герцрикен, В.М. Миронов, Д.В. Миронов, С.А. Бобырь. – К.: Наукова думка, 2014. – 192 с.
3. Сидоренко С.І. Особливості формування структури та властивості покриттів на сталі після електроіскрового легування у рідинних насичувальних середовищах з вуглецьмісними порошками / С.І. Сидоренко, Є.В. Іващенко, Г.Г. Лобачова. // Металознавство та обробка металів.– 2014. – № 3. – С. 27 – 34.
4. Лобачова Г.Г. Формування функціональних Cr-Zr та Cr-Ti електроіскрових покриттів на поверхні сталі Ст.3 / Г.Г. Лобачова, Є.В. Іващенко, С.С. Мороз // Металознавство та обробка металів.– 2015. – № 3. – С. 53 – 58.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

ПІДВИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ТВЕРДОСТІ СТАЛІ 40X13 ПОШАРОВИМ ФОРМУВАННЯМ Ni-Cr ТА Cr-Ni ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ

*Г.Г. Лобачова, старший викладач, Є.В. Іващенко, доцент, Д.В. Доронін,
студент, Національний технічний університет України «Київський полі-
технічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Актуальним завданням є збільшення строку служби штампового та різального інструменту, а також деталей машин, які працюють в умовах тертя і агресивних середовищ.

Перспективним та ефективним методом обробки металевих поверхонь для створення зміцненого покриття є електроіскрове легування (ЕІЛ). Переваги цього методу полягають у можливості нанесення будь-яких електропровідних матеріалів на основу, яка не потребує особливої підготовки, екологічність, низька енергоємність, незначні витрати матеріалів, простота технічної реалізації процесу на малогабаритному транспортальному обладнанні.

Широкий комплекс фізико-механічних властивостей зміцненого шару зумовлений змінами хімічного та фазового складу локальних ділянок поверхні матеріалу катоду за умов високих температурних та концентраційних градієнтів під дією імпульсних іскрових розрядів [1]. Оскільки традиційно під час ЕІЛ використовують легувальні твердосплавні електроди з підвищеною стійкістю до ерозії та крихкістю, в даній роботі було запропоновано, як альтернативу, послідовне нанесення чистих металів (нікелю та хрому), ерозія яких значно перевищує ерозію твердосплавів, для збільшення ефективності формування покриттів.

Як легувальні електроди під час ЕІЛ були застосовані метали – нікель і хром, які мають необмежену розчинність з γ -Fe та α -Fe і обмежену розчинність між собою, що дає можливість створення багатокомпонентних функціональних покриттів на основі суміші твердих розчинів та дисперсних виділень нітридів хрому, які утворюються при взаємодії з азотом повітря [2]. Необмежена взаємна розчинність заліза та хрому, а також заліза та нікелю передбачає забезпечення високої адгезії нанесених покриттів з основою.

Метою роботи є дослідження поверхневих шарів сталі 40X13 після послідовного ЕІЛ сталі 40X13 на повітрі за схемами: Cr-Ni, Ni-Cr.

Матеріалом дослідження обрано мартенситну сталь 40X13, яка відома своєю корозійною стійкістю в атмосферних умовах та низько агресивних середовищах (в слабких розчинах солей, кислот), а також високими механічними властивостями [3].

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

Аноди були виготовлені з металів високої чистоти – Ni (до 99,9 мас. %) та Cr (до 99,9 мас. %).

ЕІЛ здійснювали на установці «Елітрон - 26А» при силі струму розряду 2 А, напрузі 60 - 70 В та тривалості обробки кожним з обраних анодів 3 хвилини.

Кінетику формування покриттів вивчали гравіметричним методом. Для цього контролювали масу катоду та легувальних анодів через кожну хвилину ЕІЛ за допомогою електронних вагів AXISAD50 (точність визначення маси 0,0005 г).

Сумарну ерозію кожного з анодів ($\Sigma\Delta m_a$) та сумарний приріст маси катоду ($\Sigma\Delta m_k$) визначали як різницю мас після кожної хвилини нанесення покриття та вихідної. За отриманими даними будували графіки залежності $\Sigma\Delta m_k$ та $\Sigma\Delta m_a$ від часу обробки. Кінетичні криві масоперенесення на катод у обох послідовностях ЕІЛ (Cr-Ni або Ni-Cr) знаходяться у додатній області, що є свідченням відсутності крихкого руйнування покриттів при ефективному їх нарощуванні.

Мікроструктурний аналіз показав, що створені покриття є суцільними та мають товщину до 20 мкм незалежно від послідовності нанесення хрому та нікелю на сталеву поверхню.

Встановлене зростання поверхневої мікротвердості сталі 40X13 після обох проведених процесів. Під час нанесення шару у послідовності Cr-Ni значення мікротвердості становить 5 ГПа. Зміна послідовності нанесення металів приводить до незначного зростання мікротвердості Ni-Cr покриття до 5,5 ГПа.

Отже, в роботі встановлена можливість створення на поверхні сталі 40X13 покриттів товщиною 20 мкм з підвищеною мікротвердістю (до 5,5 ГПа) шляхом послідовного нанесення хрому та нікелю в процесі ЕІЛ.

Література

1. Верхотуров А.Д. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей / А.Д. Верхотуров, И.М. Муха. – К.: Техніка, 1982. – 181 с.
2. Паустовский А.В. Исследование зависимости массопереноса при электроискровом легировании сплавами Ni-Cr-Al от структурных факторов электродов / А.В. Паустовский, Р.А. Алфинцева, В.Е. Шелудько, Т.В. Куринная, В.С. Терещенко // Электронная обработка материалов. – 2011, Т. 47(1). – С. 30 – 34.
3. Гольдштейн М.И. Специальные стали / М.И. Гольдштейн, С.В. Грачев, Ю.Г. Векслер. – М.: Металлургия, 1985. – 408 с.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМПУЛЬСНО-ПЛАЗМЕННОЙ
ОБРАБОТКИ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ
ПОКРЫТИЙ**

*Ю.Г. Чабак, старший преподаватель, ГВУЗ «Приазовский
государственный технический университет»*

Известно, что импульсная плазменная обработка (ИПО) используется для поверхностного упрочнения деталей машин и инструментов. ИПО обычно фокусируется на модификации поверхности в связи с высокими скоростями нагрева и охлаждения с последующим образованием мелкокристаллического мартенсита повышенной твердости и износостойкости. ИПО с использованием электротермического аксиального плазменного ускорителя (ЭАПУ) - совершенно новая методика, позволяющая наносить защитные композиционные покрытия. До сих пор высокоуглеродистые легированные стали и белые чугуны не использовались в качестве катодных материалов для плазменной обработки ЭАПУ. Целью этого исследования является изучение структуры и свойств карбидных покрытий, полученных использованием высокохромистого чугуна и быстрорежущей стали в качестве катодов. Для получения ламинированного градиентного покрытия импульсно-плазменная обработка проводилась с поочередной заменой катода после каждого двух импульсов. Суммарное количество импульсов достигало 8. После нанесения покрытий следовала пост-плазменная термическая обработка: нагрев до 950 °С, выдержка в течение 2 ч, охлаждение в масле.

В результате ИПО было получено покрытие толщиной 80-120 мкм, имеющее ламинированную текстуру, состоящую из чередующихся белых и темных полос (рис. 1).

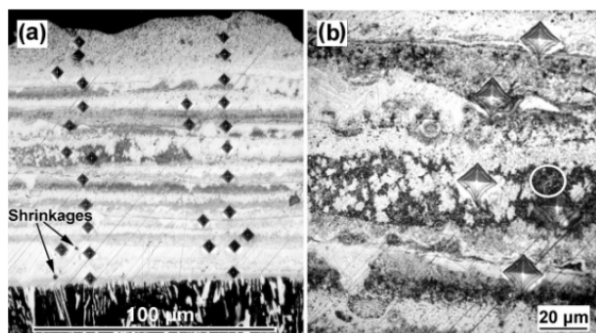


Рисунок 1 – Текстура покрытий, нанесенных на подложку с помощью импульсно-плазменной обработки с чередующимися катодами

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

Рентгеноструктурний аналіз виявил в обогачених хромом слоях карбиди хрому M_7C_3 , $M_{23}C_6$ і Cr_3C_2 .

В обогачених вольфрамом слоях виділення представляють собою карбиди на основі вольфраму M_6C і M_2C . Пост-плазменная термообробка приводить до виділення в нанесених слоях карбидів, обогачених хромом і вольфрамом, що привело до різкому збільшенню мікротвердості покриття з 600 до 2500 HV.

Установлено, що розподілення об'ємної частки карбидів вздовж поперечного сечення покриття варіювалося в межах від 61 % у самій поверхні покриття до 22 % у підложки. Исходя з термодинамічного розрахунку, вміст вуглецю в покритті становить близько 4,7-5,2 мас. % (рис. 2). Предположительно, відбувся процес, що веде до обогачення вуглецю. Цей процес, по-видимому, є ерозією внутрішніх стінок каналу, виконаних з бакеліта, посиленою папером. Під дією дугової розрядки мікрокаплі плазми насичуються вуглецем під дією ерозії внутрішніх стінок каналу, що в результаті приводить до збільшенню кількості карбидів і підвищенню мікротвердості покриття.

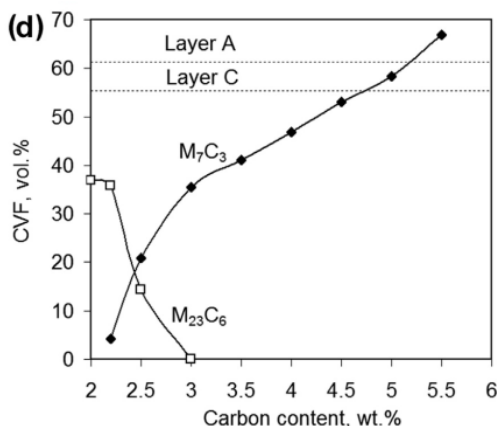


Рисунок 2 – Об'ємна частка карбидів та вміст вуглецю в нанесеному покритті вздовж поперечного сечення

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Зміст

INVESTIGATION OF SUPERIOR SYSTEMS OF SEMICONDUCTORS WITH THE AIM OF DEFINING THEIR RESOURCE RESOURCES.....	87
P.M. Prokopenko, Branch, "Research and Design and Technological Institute of Railway Transport", PJSC "Ukrzaliznytsya", O.V. Fomin, professor, State University of Infrastructure and Technologies	
КОНСТРУКЦІЙНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ З РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ АВТОНОМНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ.....	89
Д.О. Аулін, старший викладач, О.О. Анацький, асистент, О.В. Буцький, аспірант, Український державний університет залізничного транспорту	
УСТРОЙСТВО СИГНАЛИЗАЦИИ, ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ И БЛОКИРОВКИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	91
Е.Л. Бондаревская, начальник бюро службы сбыта, ЧАО «МК «АЗОВСТАЛЬ».....	
МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИХ ЗНАЧЕНЬ НАПРУГ ДОТИКУ ТА СТРУМІВ ДЛЯ ПАСАЖИРІВ СУЧАСНОГО ТРОЛЕЙБУСА.....	94
Є.А. Бондаренко, професор, В.М. Кутін, професор, Вінницький національний технічний університет	
ПРОБЛЕМА ПЕРЕРАБОТКИ СИНТЕТИЧЕСКИХ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ.....	96
Ю.В. Булгакова, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет».....	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМАТИКИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЦИКЛУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ АГЛОМЕРАТУ НА МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ.....	98
В.С. Воропай, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».....	
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ УТРИМАННЯМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	100
В.М. Данько, доцент, Український державний університет залізничного транспорту.....	
ДОСЛІДЖЕННЯ СТРАТЕГІЙ КЕРУВАННЯ ПРИ ПАРАЛЕЛЬНОМУ ЖИВЛЕННІ ДВОХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ВІД ОДНОГО ІНВЕРТОРА ПРИ ЧАСТОТНОМУ УПРАВЛІННІ.....	101

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Б.А. Дубровець, Д.О. Кунков, магістрант, В.С. Бовкунович, старший викладач, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».....	101
ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МАСОВОЇ СИРОВИНИ НА ПРОМИСЛОВІ ПІДПРИЄМСТВА.....	103
В.Г. Дженчако, старший викладач, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».....	103
ОЦІНКА ПЕРЕРОБНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ АГЛОФАБРИКИ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	105
В.Г. Дженчако, старший викладач, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».....	105
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ТРАНСПОРТНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ цехів МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	107
О.О. Жилінков, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».....	107
ОРГАНІЗАЦІЯ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАННЯ.....	108
І.М. Майорова, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».....	108
ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ДЕФЕКТІВ ПНЕВМАТИЧНИХ ШИН ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ЯК КРОК В РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННІ НА ТРАНСПОРТНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ.....	110
О.Д. Почужевський, доцент, А.В. Веснін, доцент, М.Є. Кристопчук, завідувач кафедри НУВГП, ДВНЗ «Криворізький національний університет».....	110
ЕКОЛОГІЧНІ ЗБИТКИ ДОВКІЛЛЮ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК У ВАГОНАХ.....	112
В.Г. Равлюк, доцент, М.Г. Равлюк, старший викладач, Український державний університет залізничного транспорту.....	112
ВИРІШЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАДАЧ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЦЬ ЗГІДНО ТРАНСПОРТНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ.....	114
Л.І. Рибальченко, доцент, А.В. Алексеев, магістр, І.М. Васьон, магістр, А.М. Дяченко, магістр, Український державний університет залізничного транспорту.....	114
ПОДАЛЬШИЙ РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ.....	115
Л.І. Рибальченко, доцент, І.А. Вербицька, магістр, Д.В. Подставкін, магістр, Ю.О. Шестава, магістр, Український державний університет залізничного транспорту.....	115

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

ОБРОБКА СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ДЛЯ КОНТРОЛЮ І ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ ТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	116
Д.М. Степанчиков, доцент, А.О. Калашник, студент, Херсонський національний технічний університет	116
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ГАЙКИ СПЕЦІАЛЬНОЇ ДЛЯ АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ.....	118
М.М. Тарасов, магістрант, Є.В. Лактіонова, магістрант, В.І. Кузьменко, магістрант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».....	118
ОПТИМИЗАЦІЯ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	120
М.В. Хара, доцент, В.К. Томенко, студент, ГВУЗ «Приазовський государственный технический университет».....	120
“ЗЕЛЕНИЙ” ТРАНСПОРТ У ТУРИЗМІ.....	122
О.Г. Яворська, доцент, Київський національний лінгвістичний університет.....	122

**INVESTIGATION OF SUPERIOR SYSTEMS OF
SEMICONDUCTORS WITH THE AIM OF DEFINING THEIR
RESOURCE RESOURCES**

P.M. Prokopenko, Branch, "Research and Design and Technological Institute of Railway Transport", PJSC "Ukrzaliznytsya", O.V. Fomin, professor, State University of Infrastructure and Technologies

Analysis of the technical condition of gondolas after carrying out planned repairs shows that a significant part of them is in satisfactory condition. The task of carrying out research work on determining the residual resource and the possibility of continuing the operation of gondolas within Ukraine is more than one and a half.

In recent years there has been a significant aging of the freight fleet operating fleet, incl. Gonads [1-3]. At present, the railways of Ukraine are in service gondola cars (hereinafter - cars) of different models and their modifications with a normative term of service of 22 years.

Analysis of the technical state of gondolas after the planned repairs shows that a significant part of them is in satisfactory condition. Due to lack of financing, the purchase of new cars to ensure uninterrupted performance of freight transport by rail.

The aim of the work is to highlight the features and results of the comprehensive tests of the gondola, which is to determine the characteristics of the strength of the carriage structures, their residual life and the possibility of lengthening the service life of more than one and a half.

During tensile strength tests: the determination and evaluation of dynamic stresses [4, 5] and deformations in bearing structures of a car when applying standard shock forces through auto-coupling equipment.

The test was presented gondola of model 12-532, (Figure 1) with a term exceeding one and a half installed by the manufacturer of the plant.

Tests and diagnostics of the technical condition of the car are carried out to match their characteristics with the requirements of normative documentation and to determine the term of their prolongation.



Figure 1 – Gondola model 12-532

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Determination of dynamic stresses in the elements of the frame and superstructure is carried out on the results of the tests of "discharge from the wedges".

When conducting typical and resource tests for coedar, the following indicators are measured:

- Speed of the carriage-boycot;
- force of impact in an autocenter;
- number of cycles to failure;
- tension in the elements of the carriage being investigated.

During the resource tests, 832 spoons were made by force from 1 to 3.5 MN and more that corresponds to the life of 7 years. The total life of the service was 44

Literature

1. Fomin, O. Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model / O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015, No. 1 – P.45-48.

2. Lovska A. A. Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge / A. A. Lovska. – Metallurgical and mining industry – 2015. - №1. – p. 49 – 54.

3. Kelrykh, M. Perspective directions of planning carrying systems of gondolas/ M. Kelrykh, O. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014, No. 6 – P.64-67.

4. Hauser V., Nozhenko O.S., Kravchenko K.O., Loulová M., Gerlici J., Lack T. Impact of wheelset steering and wheel profile geometry to the vehicle behavior when passing curved track. «Manufacturing Technology». June 2017, Vol. 17, No. 3, p. 306-312.

5. Danchenko, Yu., Andronov, V., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Investigation into acid-basic equilibrium on the surface of oxides with various chemical nature. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4/12 (88), 17–25.

**КОНСТРУКЦІЙНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ З
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ АУТОНОМНОГО РУХОМОГО
СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ**

*Д.О. Аулін, старший викладач, О.О. Анацький, асистент,
О.В. Буцький, аспірант, Український державний університет
залізничного транспорту*

Заходи з ресурсозбереження доцільно розділити на основні стратегічні напрями (рис. 1) [1].

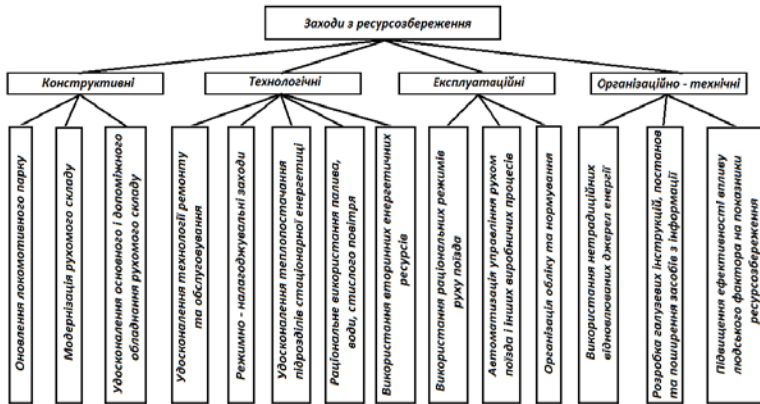


Рисунок 1 – Основні заходи з ресурсозбереження в локомотивному господарстві

До конструктивних заходів можна віднести модернізацію пускових та регулювальних систем тепловозів, а також системи змащення.

Важкі умови прямого пуску дизель-генераторних установок (ДГУ) великої потужності, з метою підвищення надійності запуску, змушують застосовувати автономні джерела живлення стартерних двигунів із завищеними потужнісними і енергоємнісними характеристиками. Заявлений підприємством-виробником експлуатаційний ресурс джерела скорочується аж до 30% від загального встановленого терміну служби. Причому в найбільш важких ситуаціях виявляються системи пуску, в яких часті пуски ДГУ поєднуються з низькотемпературними умовами експлуатації. Більш того, великий динамічний струм розряду малої тривалості викликає ушкодження в вузлі колектор - щітки стартерного двигуна і істотно скорочує терміни його міжремонтних пробігів. Тому режими пуску ДГУ методом прямого

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

включення характеризуються високим зносом устаткування - як стартерної батареї і стартерних двигунів, через режим розряду великої глибини і малої тривалості, так і передавального пристрою і самого ДВС, за рахунок високодинамічних навантажень, що впливають на його колінчастий вал з боку стартерних двигунів.

В експлуатації на тепловозах повнопоточні фільтри з елементами "Нарва-6" у системах змащення вузлів тепловозів працюють ненадійно. В результаті цього виникає проблема частої їх заміни, що веде до виникнення затрат на їх утилізацію, придбання та ін. Для вирішення вказаних проблем постає питання заміни даних фільтрувальних елементів на такі, що забезпечать надійну роботу оливної системи. Основу відповідних фільтрувальних матеріалів складають сучасні матеріали, одним з яких є волокнистий поліпропілен. Оцінюючи властивості таких фільтрувальних елементів з волокнисто-го поліпропілену з точки зору хімічної, механічної стійкості, здатності до затримання механічних включень, що знаходяться у оливі, він зарекомендував себе з позитивної сторони [1].

До технологічних заходів можна віднести технологію безрозбірного очищення паливної системи.

На основі аналізу механізмів утворення та накопичення вуглецевих відкладень розроблена технологія безрозбірного очищення паливної системи, паливної апаратури та циліндро-поршневої групи тепловозних дизелів з використанням спеціальної миючої рідини. Підсумком експериментальних робіт по застосуванню технології безрозбірного очищення є: обґрунтована періодичність її планового проведення під час технічного обслуговування і поточних ремонтів тепловозів; рекомендації щодо застосування технології при раптових змінах технічного стану дизелів тепловозів.

Література

1. Рекомендації з організації ресурсозберігаючих заходів на об'єктах локомотивного господарства Укрзалізниці. ЦТ-0202 : затв. Наказ Укрзалізниці від 24.12.2010 № 215-ЦЗ / М-во транспорту та зв'язку України, Держадміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця, Головне управління локомотивного господарства. - К. : Поліграфсервіс, 2011. – 85 с.

УСТРОЙСТВО СИГНАЛИЗАЦИИ, ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ И БЛОКИРОВКИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*Е.Л. Бондаревская, начальник бюро службы сбыта,
ЧАО «МК «АЗОВСТАЛЬ»*

Устройства автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте, или как их еще называют, средства сигнализации, централизации и блокировки предназначены для автоматизации управления движением поездов, обеспечения безопасности и необходимой пропускной способности железных дорог, а также повышения производительности труда.

В комплекс СЦБ входят: средства сигнализации связи для движения поездов на перегонах — электрожезловая система, полуавтоматическая и автоматическая блокировка; средства управления стрелками и сигналами на станциях — ключевая зависимость, механическая и электрическая централизация; устройства механизации сортировочных горок. Кроме того, к СЦБ относятся различного рода системы телемеханического управления и контроля – диспетчерская централизация, автоматическое или программное управление стрелками, целыми станциями, движением поездов на участке железной дороги (автодиспетчер), вагонными замедлителями в подгорочных парках и др.

Под эксплуатационной надежностью устройств СЦБ понимается их способность обеспечивать безопасное и бесперебойное движение поездов в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонта в течение всего периода эксплуатации.

Устройства (системы) и их отдельные элементы могут находиться в исправном или неисправном состоянии. Исправное – это состояние, в котором устройство выполняет свои функции правильно и в полном объеме, и значения всех параметров устройства находятся в пределах, установленных технической документацией. Если одно из перечисленных условий не выполняется, то считается, что устройство находится в неисправном состоянии. Будучи неисправным, устройство либо может частично выполнять свои функции (работоспособное состояние), либо полностью не может выполнять свои функции (неработоспособное состояние).

Событие или явление, вызвавшее переход устройства из исправного в работоспособное состояние, называется повреждением, а переход из исправного или работоспособного в неработоспособное состояние – отказом. Действия эксплуатационного персонала, переводящие устройство из неисправного состояния в исправное, называются восстановлением.

В зависимости от причин возникновения отказы (повреждения) устройств СЦБ можно разделить на три группы: конструкционные, производственные и эксплуатационные.

ЭНЕРГОЗБЕРЕЖЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Причинами конструкционных отказов являются ошибки, допущенные в процессе конструирования (проектирования) устройств: недостаточная защищенность от воздействий внешней среды, механических, электрических или электромагнитных влияний; неправильный выбор материалов, из которых изготавливаются устройства; ошибки в типовых материалах для проектирования или в конкретных проектных (схемных) решениях и т.п.

Причинами производственных отказов являются нарушения технологии производства (изготовления), сборки, строительства и монтажа устройств: механические или термические перегрузки и повреждения; некачественная пайка или сварка; чрезмерное натяжение или повреждение монтажных проводов; нарушение правил прокладки кабелей и др.

Причинами эксплуатационных отказов являются нарушения технологии обслуживания и ремонта (неправильное или несвоевременное выполнение установленных регламентных работ, нарушения действующих инструкций и других нормативных документов), изменение режимов и условий эксплуатации (воздействия окружающей среды, механические и электрические перегрузки), старение и износ оборудования.

В зависимости от характера изменения значений параметров устройств СЦБ отказы делятся на внезапные, постепенные и перемежающиеся. Внезапные отказы, характеризующиеся резким (скачкообразным) изменением параметров, происходят из-за изменения погодных условий или режимов эксплуатации устройств, неправильных действий работников различных служб и по другим причинам. Постепенные отказы, характеризующиеся плавным (постепенным) изменением параметров, отражают процессы старения и износа аппаратуры, разрегулировки механических и электрических параметров. К перемежающимся относятся многократно возникающие и самоустраняющиеся отказы, вызванные периодическим выходом значений параметров устройств СЦБ за установленные (допустимые) пределы.

Отказы устройств СЦБ вызывают задержки поездов, а в некоторых случаях — при неправильных действиях эксплуатационного персонала — могут привести к аварийным ситуациям. Поэтому одной из важнейших задач электромонтера, электромеханика и других работников дистанций сигнализации, централизации и блокировки является обеспечение безопасной и бесперебойной работы устройств СЦБ.

Под повышением надежности устройств СЦБ следует понимать уменьшение количества отказов и сокращение времени восстановления. Для разработки мероприятий по повышению надежности устройств СЦБ необходим глубокий и всесторонний анализ информации об отказах, позволяющий вскрыть их реальные причины.

ЭНЕРГОЗБЕРЕЖЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Основными мероприятиями, направленными на уменьшение количества отказов устройств СЦБ, являются:

– неукоснительное соблюдение графика технического обслуживания устройств – выполнение регламентных работ в полном объеме, в установленные сроки и с высоким качеством; укомплектование бригад и участков высококвалифицированными специалистами (электромонтерами, электромеханиками, старшими электромеханиками и др.); создание специализированных бригад для выполнения отдельных, наиболее сложных видов работ;

– разработка и внедрение в эксплуатацию элементов и устройств СЦБ, обладающих лучшими надежностными характеристиками, а также необслуживаемого и малообслуживаемого оборудования; схемно-конструктивные усовершенствования аппаратуры с учетом конкретных условий эксплуатации; резервирование наиболее ответственных или наименее надежных элементов; замена контактных устройств на бесконтактные; усиление входного контроля качества поставляемого оборудования перед вводом в эксплуатацию;

– совершенствование методов и средств технического обслуживания устройств СЦБ – переход к стратегии обслуживания «по фактическому состоянию» на основе внедрения автоматизированных средств диагностирования, что позволит фиксировать предотказные* состояния устройств и предотвращать значительное количество постепенных отказов.

Время восстановления устройств СЦБ складывается из времени фиксации факта отказа (повреждения), времени оповещения эксплуатационного персонала об отказе, времени следования эксплуатационного персонала к месту отказа, времени поиска и устранения причины отказа, времени проверки восстановления нормальной работы устройств. Основными мероприятиями, направленными на сокращение времени восстановления, являются:

– непрерывное повышение квалификации эксплуатационного персонала для обеспечения глубокого знания обслуживаемых устройств, возможных неисправностей, их причин и проявлений, методов поиска и устранения причин отказов и методов выявления предотказных состояний;

– совершенствование системы организации восстановительных работ, включая взаимодействие с работниками других служб; обеспечение эксплуатационного персонала транспортными средствами для скорейшей доставки к месту отказа, необходимыми измерительными средствами, а также запасом оборудования и материалов;

– широкое внедрение в эксплуатацию систем и устройств СЦБ, обладающих встроенными средствами диагностирования, систем с централизованным размещением аппаратуры, а также автоматизированных систем диагностирования и непрерывного мониторинга технического состояния устройств СЦБ.

**МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИХ ЗНАЧЕНЬ
НАПРУГ ДОТИКУ ТА СТРУМІВ ДЛЯ ПАСАЖИРІВ
СУЧАСНОГО ТРОЛЕЙБУСА**

*Є.А. Бондаренко, професор, В.М. Кутін, професор, Вінницький
національний технічний університет*

На сьогоднішній день актуальним є зменшення електротравм на міському електротранспорті в Україні. Тільки на початку 2018 року випадки ураження струмом в тролейбусі сталися у Чернігові, Києві, Полтаві, Миколаєві.

Сучасний тролейбус, як правило, рухається тяговим електродвигуном постійного струму з номінальною напругою 600 В. Кузов тролейбуса ізольований від землі шинами і має щодо землі потенціал, значення якого залежить від стану ізоляції. Крізь тіло людини, яка стоїть на землі і торкається металевої частини кузова, проходить струм, який називають струмом витоку. На сучасних тролейбусах можлива поява струму витоку, небезпечного для пасажирів і ремонтного персоналу, внаслідок неправильного монтажу електрообладнання, перетирання ізоляції, вібрації під час руху, попадання вологи та бруду.

Для досягнення позитивних змін в динаміці електротравматизму, авторами пропонується застосувати сучасну науково обґрунтовану концепцію електробезпеки [1]. Відповідно до якої, для забезпечення безпечних умов взаємодії людини з електроустановками в певному середовищі, дія електричної енергії на людину не повинна перевищувати гранично допустимого значення.

Метод, що пропонується, відрізняється від відомих тим, що допустимі значення напруг дотику $U_{\text{дон.}}$, В, та струмів витоку $I_{\text{h.дон.}}$, А, для пасажирів сучасного тролейбуса, визначаються з урахуванням значення гранично допустимої електричної енергії.

Значення допустимої енергії $W_{\text{h.дон.}}$, для людини, що взаємодіє з тролейбусом можна визначити за виразом

$$W_{\text{h.дон.}} = P_{\text{h.дон.}} \cdot t, \text{ Дж}, \quad (1)$$

де $P_{\text{h.дон.}}$ – допустима величина потужності, яка поглинається тілом людини, Вт;

t – тривалість дії електричного струму на людину, сек.

Допустиму величину потужності електричної енергії, яка поглинається тілом людини, що взаємодіє з електроустановками постійного струму, визначається з виразу:

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

$$P_{h. \text{дон.}} = U_{\text{дон.}} \cdot I_{h. \text{дон.}} \quad (2)$$

З урахуванням (1) і (2) вираз для допустимої енергії, яка поглинається тілом людини в електроустановках постійного струму, набуде вигляду:

$$W_{h. \text{дон.}} = U_{\text{дон.}} \cdot I_{h. \text{дон.}} \cdot t \quad (3)$$

Числове значення для $W_{h. \text{дон.}}$ визначається з умови, що гранично допустимі значення напруги дотику та струму беруться відповідно до міждержавного стандарту ГОСТ 12.1.038-82 ССПБ. Так, для нормального режиму роботи електроустановок, виходячи з реакції відчуття, гранично допустимі значення напруги дотику і постійного струму складають, відповідно 8 В і 1 мА при тривалості дії струму на людину 10 хвилин. З урахуванням цієї умови

$$W_{h. \text{дон.}} = 8 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 600 = 4,8, \text{ (Дж)}. \quad (4)$$

Електрична енергія розсіюється в масі тіла. Вираз (4) отримано для людини, середньостатистичних параметрів (масою 71,9 кг). В реальних умовах маса конкретної людини відрізняється від середніх величин, тому в вираз для допустимої енергії вводиться поправковий коефіцієнт $k = m_h / 71,9$.

$$W_{h. \text{дон.}} = 4,8 \cdot k, \text{ (Дж)}. \quad (5)$$

Підставивши вираз (5) в (3), отримаємо залежність гранично допустимої напруги дотику від сили постійного струму і часу його дії

$$U_{\text{дон.}} = 4,8k / (I_{h. \text{дон.}} \cdot t), \text{ (В)}. \quad (6)$$

Отриманий вираз (6) враховує взаємозалежність допустимої напруги дотику від кількості енергії, що поглинається тілом людини, при її взаємодії з електроустановками постійного струму.

Приклад розрахунку гранично допустимої величини напруги дотику для пасажирів сучасного тролейбуса, з урахуванням енергії, яка поглинається його тілом, можна навести для значення постійного струму витoku 12 мА (значення при якому спостерігається відчуття посиленого нагріву) і часу дії струму 1с. При цих параметрах, з урахуванням виразу (6), розрахункове значення гранично допустимої напруги дотику для пасажирів середньої маси дорівнює 40 вольт.

Література

1. Бондаренко Є. А. Енергоентропійна концепція електробезпеки / Є.А. Бондаренко // Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2012. – № 4. – С. 136-138.

**ПРОБЛЕМА ПЕРЕРАБОТКИ СИНТЕТИЧЕСКИХ
НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

Ю.В. Булгакова, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Готовясь к подписанию Соглашения об ассоциации с ЕС, Украина привела закон «Об отходах» в соответствие с двумя директивами ЕС — №1999/31/ЕС и №2008/98/ЕС, регулирующим обращение с мусором в странах Европы. Статья 32 гласит, что в Украине с 1 января 2018 года запрещено захоронение на полигонах непереработанных (необработанных) бытовых отходов.

Количество ежегодно изношенных покрышек в Украине составляет около 2,5 млн. тонн с приростом 200 тыс. тонн. Численность населения на 1 октября 2017 года, по данным статистики, составила 42,2 млн. человек. Так, на каждого жителя приходится 0,06 тонн покрышек. Для города Мариуполь, население которого составляет 445498 человек, ежегодный объем отработанных автошин составит 26,3 тыс. тонн.

Потребление пластика на душу населения стремительно растет и зависит от уровня индустриализации. Сейчас это потребление составляет в странах ЕС 90 кг. Эта цифра актуальна и для Украины. Таким образом в Мариуполе ежегодно выбрасывается 40 тыс. тонн пластика.

Следовательно, в Мариуполе возникает необходимость в переработке 66,3 тыс. тонн синтетических отходов, содержащих нефтепродукты, в год. Мировая практика показывает, что организация переработки мусора не только вносит неоценимый вклад в окружающую среду, но и является стабильным источником прибыли.

Анализа существующих технологий утилизации нефтесодержащих синтетических отходов показал, что широкое распространение в мире получила технология пиролизной переработки. Пиролизная установка работает с использованием метода закрытого пиролиза. Вредных выбросов в атмосферу от работы установки в десятки, а то и в сотни раз меньше допустимых норм. Максимальная автоматизация оборудования позволяет свести человеческий труд к элементарным операциям.

В результате переработки отходов на выходе имеются следующие продукты: пиролизная жидкость – 40-60%; углеродосодержащий твердый остаток – 30-45%; металлический корд – 10-14%; пиролизный газ – 5-7%. Все продукты пиролизной переработки могут быть повторно-использованы промышленностью города, делая производ-

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

ство безотходным. По предварительным расчетам в цех переработки шин и пластика необходимо инвестировать порядка 900000 евро. Реальными источниками финансирования проекта цеха пиролизной переработки отходов могут стать:

1) получение грантов или иностранные инвестиции. Основным барьером является высокий показатель восприятия коррупции (по данным на 2017 год в Украине этот индекс равен 30, что соответствует 134 месту из 180 стран) и, как результат низкий инвестиционный климат;

2) крупные промышленные предприятия Мариуполя с большим автопарком. В результате предприятие сможет использовать до 70% топлива собственного производства для своего автопарка и получать дополнительную прибыль от реализации продуктов переработки.

Проведено экономическое обоснование проекта цеха пиролизной переработки, которое показало, что при самых пессимистичных прогнозах срок окупаемости проекта составит около года.

Реализация такого проекта в Мариуполе будет иметь ряд положительных моментов: появление новых сервисов, связанных со сбором шин и пластика, их перемещением на утилизацию, что обеспечит новые рабочие места и дополнительную прибыль; распространение идей и технологий реверсивной логистики среди населения и предприятий города.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМАТИКИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЦИКЛУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ АГЛОМЕРАТУ НА МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

В.С. Воронай, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».

Сьогодні планувальні рішення металургійних промислових підприємств, збудованих протягом двадцятого сторіччя минулого віку, створюють умови для неефективного транспортного обслуговування за безліччю причин таких, як: розташування виробництв на великій відстані, що встановлює досить велику транспортну складову усього перевізного процесу; створення громіздких залізничних станцій, які є не тільки транспортними вузлами для обслуговування виробництв, але й існуючою проблемою щодо рішення питань їх пропускної спроможності та мінімізації витрат на утримання таких технічних споруд; втрати часу через перестій залізничних вагонів у очікуванні на відстійних залізничних коліях формування (розформування) поїздів, недостатню кількість технічних засобів для вивантаження вагонів, тощо.

У результаті дослідження проблем процесу перевезення агломерату на металургійному підприємстві як одного з основних транспортних процесів на підприємствах повного циклу була сформована схема причинно-послідовного взаємозв'язку виникнення тих, чи інших проблем (рис. 1).

Питання створення окремого незалежного маршруту для перевезення агломерату по території підприємства потребує вирішення за причиною щоденних перестій рухомого складу з агломератом перед вхідними світлофором на кожному наступну станцію, пропускаючи інші маршрути.

Майже 10% вагонів-хоперів від загальної кількості вагонів, що обертаються та маршруті перевезень агломерату, потребують виключення з рухомого складу по прибутті на станцію після вивантаження, а це – додаткова робота маневрового тягачу та витрати часу. Сучасні системи управління ремонтом залізничних вагонів промислових підприємств дозволяють скоротити такі витрати за рахунок знаходження як раціональних варіантів життєвого циклу кожної технічної складової процесу, так і використання новітніх систем діагностування технічного стану.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

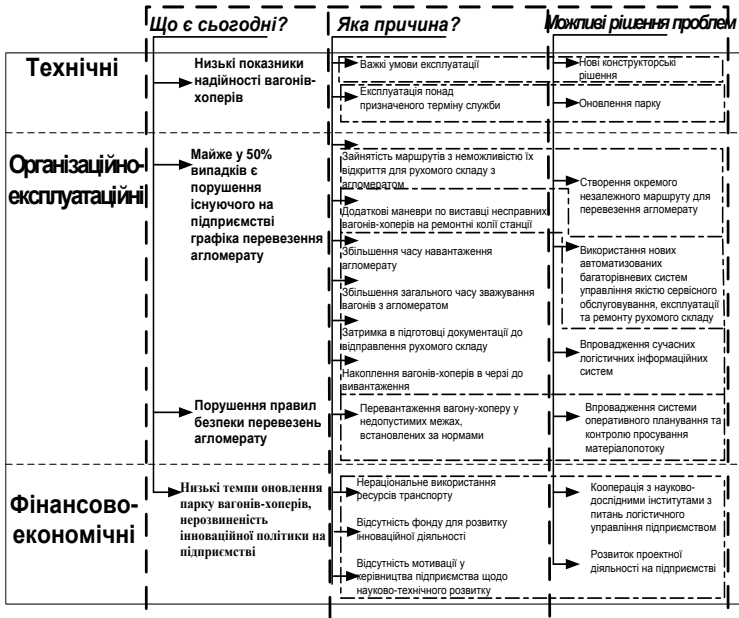


Рисунок 1 – Причинно-послідовний взаємозв'язок виникнення проблем в транспортно-технологічному процесі перевезень агломерату

Не всі причини незадовільного транспортного обслуговування залежать від транспорту та особливостей його експлуатації. Наприклад, збільшення часу навантаження агломерату викликають несправності, що виникають в роботі агломашин та регулювання швидкості аглоленти в залежності від необхідної фракції агломерату. Збільшення загального часу зважування вагонів-хоперів з агломератом трапляється через очікування в черзі вагонів попри незадовільної організації процесу отримання проб для контролю вантажу. Накоплення вагонів у черзі до вивантаження може статися на колії попередньої станції перед бункерами доменного цеху, якщо у конкретний момент часу відсутня потреба доменного цеху у сировині.

Аналізування проблематики перевезень агломерату дозволило сформулювати уяву про глобальні та більш приватні проблеми підприємств, виявити пріоритети для наукових досліджень, побачити інтегрованість процесів роботи підприємства, замислитися над комплексним вирішенням питань, в першу чергу, технічного стану парку вагонів-хоперів та економічної складової процесу його експлуатації.

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ УТРИМАННЯМ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТЯГОВОГО РУХОМОГО
СКЛАДУ**

*В.М. Данько, доцент, Український державний університет
залізничного транспорту*

Наукова праця присвячена вирішенню актуальної прикладної задачі – підвищенню ефективності системи утримання технологічного обладнання.

Досліджено історичний розвиток і сучасні підходи по реалізації управління утриманням технологічного обладнання.

В ході наукового дослідження було визначена діагностична цінність інформації для автоматизованих робочих місць (АРМ), яка заснована на критерії Бейеса. Вона передбачає визначення діагностичної цінності інформації за допомогою спеціальних признаков, з певною діагностичною вагою останніх. Питання готовності технологічного обладнання для проведення ремонту і обслуговування тягового рухомого складу досліджувалися за допомогою формалізованої математичної моделі. Вона передбачає складення графів переходів технологічного обладнання при певних початкових умовах. В результаті такого дослідження отримано залежності ймовірностей з якими дане обладнання знаходиться на кожному кроці переходу, а також залежності коефіцієнтів його готовності та використання.

Було доопрацьовано методикау визначення і управління раціональними періодами контролю і діагностування технічного стану технологічного обладнання, що ставе на меті поступовий перехід від планово-попереджувальної системи до планово-діагностичної системи технічних обслуговувань та ремонтів.

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТРАТЕГІЙ КЕРУВАННЯ
ПРИ ПАРАЛЕЛЬНОМУ ЖИВЛЕННІ ДВОХ АСИНХРОННИХ
ДВИГУНІВ ВІД ОДНОГО ІНВЕРТОРА ПРИ ЧАСТОТНОМУ
УПРАВЛІННІ**

Б.А. Дубровець, Д.О. Кунков, магістрант, В.С. Бовкунович, старший викладач, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Останнім часом все більш масового застосування знаходить електротранспорт. Не є винятком і рейковий електротранспорт (РЕ), де збільшилася тенденція використання схеми паралельного живлення двох тягових асинхронних двигунів (ТАД) від одного інвертора. Дана схема має ряд переваг, таких як: значно менші масо-габаритні показники та зниження витрат на створення механізму, шляхом встановлення одного потужного інвертора замість двох. Прикладом даного механізму може слугувати візок РЕ, де окремими ТАД через редуктори приводяться до руху дві колісні пари. В даному випадку вважається доцільним застосування типового трифазного мостового інвертора при керуванні двома ТАД.

Метою роботи є дослідження стратегії керування двигунами Mean Control (MC) та Master/Slave Control (MSC) [1] з частотним керуванням від одного інвертора.

В пріоритеті стояло завдання порівняння методів MC та MSC. Характерною особливістю MSC є те, що зворотній зв'язок за швидкістю відбувається виключно за головним двигуном, тобто тим, до якого прикладається більший момент, а поведінка підпорядкованого взагалі не береться до уваги. З іншої сторони MC передбачає формування зворотних зв'язків за швидкістю у вигляді середньоарифметичного значення обох сигналів двигунів. Тому для досліджень пропонується застосувати найбільш поширений лінійний алгоритм частотного керування [2] замкнений за швидкістю з ПІ регулятором зі стратегіями MSC та MC.

Для здійснення досліджень був використаний АД з наступними параметрами: $P_n=2.2$ кВт, $I_n=6$ А, $\omega_n=100$ рад/с, $R_1=1.6$ Ом, $R_2=1.3$ Ом, $L_1=0.2$ Гн, $L_2=0.2$ Гн, $L_m=0.19$ Гн, $J=0.011$ кг·м². На інтервалі часу 0–0.5с асинхронні двигуни збуджуються; далі протягом 0.25с розганяються до номінальної швидкості; на проміжку від 0.8с до 1.3с до одного двигуна прикладається номінальний момент навантаження, до іншого 50% від номінального моменту.

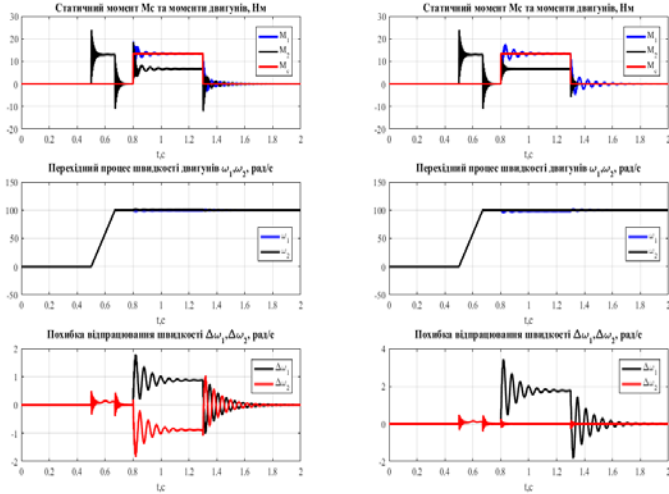


Рисунок 1 – Графіки перехідних процесів при стратегії керування Mean Control (зліва) та Master/Slave Control (зправа)

Висновки: з наведених вище графіків видно, що характер поведінки моментів двигунів різний. Це пояснюється тим, що стратегія MSC не враховує швидкість другого двигуна в зворотному зв'язку і, в подальшому, не бере до уваги його навантаження. У MC керуванні значно менші коливання і швидше згасають перехідні процеси. З графіків похибок швидкостей встановлено, що при застосуванні MC похибки знаходяться у протифазах, та в усталених значеннях сягають 1 рад/с для обох двигунів, що говорить про переваги MC стратегії керування.

Література

1. Yıldırım D., Caglar B. A new control technique for improving dynamic performance of mono inverter dual parallel induction motors in railway traction systems // Electrical Machines & Power Electronics (ACEMP), 2015 Intl Conference on Optimization of Electrical & Electronic Equipment (OPTIM) & 2015 Intl Symposium on Advanced Electromechanical Motion Systems (ELECTROMOTION), 2015 Intl Aegean Conference on. – IEEE, 2015. – С. 756-761.

2. Munoz-Garcia A., Lipo T. A., Novotny D. W. A new induction motor V/f control method capable of high-performance regulation at low speeds // IEEE transactions on Industry Applications. – 1998. – Т. 34. – №. 4. – С. 813-821.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МАСОВОЇ СИРОВИНИ НА ПРОМИСЛОВІ ПІДПРИЄМСТВА

*В.Г. Дженчако, старший викладач, ДВНЗ «Приазовський державний
технічний університет»*

Нормальна робота промислових підприємств, які споживають масове сировину, з урахуванням запасів, вироблених в літню пору, буде забезпечуватися за умови рівномірного надходження цієї сировини у зимовий час в кількості, що відповідає потребам даного підприємства. Число маршрутів, завантажених сировиною, що перебувають в обігу, буде залежати від обраного способу забезпечення навантаження порожніми вагонами. Якщо для перевезення сировини будуть використані замкнуті маршрути, то число їх для транспортування цієї сировини на адресу одного певного підприємства дорівнюватиме:

$$n = \frac{Q_1^c}{Q_1^m \cdot T_1^m}, \quad (1)$$

де, Q_1^c – добове споживання сировини підприємствами, т;

Q_1^m – маса сировини нетто в одному маршруті, т;

T_1^m – час обороту одного маршруту, діб.

Для визначення ритмічного підведення маршрутів з масовою сировиною в пункти призначення і вивантаження їх у встановлені терміни вся робота по навантаженню, просуванню і вивантаженню маршрутів повинна бути організована за єдиними транспортно - вантажно - вивантажувальним графіками. Кількість маршрутів, що відвантажуються в пунктах виробництва сировини, і отже, інтервали (темп) навантаження, коли шахти або кар'єри обслуговують кілька підприємств - споживачів, визначають, виходячи з суми маршрутів, що відвантажуються для кожного підприємства. В такому випадку кількість маршрутів визначається за формулою:

$$N_m^o = \sum_{i=1}^o N_i, \quad (2)$$

Де N – кількість маршрутів, відвантажуються протягом сутки для кожного підприємства.

При цих умовах інтервали між відвантаженими маршрутами будуть рівними:

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

$$I_o = \frac{1440}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{1440 \cdot Q^m}{Q_1'' + Q_2'' + \dots + Q_n''}, \quad (3)$$

де Q^m – маса сировини, що перевозиться в одному маршруті, т;
 Q^n – добове споживання сировини, т.

Інтервали прибуття і подачі маршрутів під вивантаження на промислових підприємствах встановлюють з урахуванням продуктивності підприємства за обсягом продукції, що випускається і рівномірності роботи його протягом доби. Виходячи з цих міркувань, інтервали прибуття та вивантаження маршрутів із сировиною визначають за формулою:

$$I_{\max} = \frac{1440 \cdot Q^m}{Q^c}, \quad (4)$$

де, I_{\max} – максимально можливий інтервал, протягом якого повинні бути виконані всі операції з маршрутами, діб.

Q^m – маса сировини, що перевозиться в одному маршруті, т;

Q^c – добове споживання сировини, т.

При великих обсягах робіт по відвантаженню сировини, особливо, коли його відвантажують в адреси різних підприємств, територіально віддалених друг від друга, важливе значення має ритмічність у завантаженні та відправленні маршрутів з урахуванням ритмічного прибуття їх у пункти призначення. Рівномірне підведення маршрутів в пункти вивантаження забезпечують з урахуванням числа маршрутів, спрямованих на адресу одержувача і відстані перевезення. Для ув'язки і забезпечення рівномірності прибуття сировини, що відвантажується з одного фронту навантаження в усі пункти призначення, доцільно будувати спеціальні графіки.

Організаційні заходи щодо підвищення ефективності перевезення металургійної сировини у зимовий період:

- максимальне охоплення перевезень масової сировини маршрутами й збільшеними групами вагонів;
- організація руху маршрутів з сировиною за графіками;
- організація регулярної і точної інформації вантажоодержувачів про відвантаження на їхню адресу сировини і часу надходження вагонів з сировиною в пункти призначення під вивантаження, а також відправників – про стан справ із вивантаженням у одержувачів;
- зниження навантаження окремої сировини, за рахунок збільшення навантаження іншою вантажоодержувачу;
- переадресування маршрутів з сировиною під час перевезення.

**ОЦІНКА ПЕРЕРОБНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ТРАНСПОРТНО-
ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ АГЛОФАБРИКИ
ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**

*В.Г. Дженчако, старший викладач, ДВНЗ «Приазовський державний
технічний університет»*

Добова потреба аглофабрики у залізовмісній сировині (P_A) приймається у відповідності до технологічних норм на залізовмісні компоненти шихти для виробництва агломерату і розраховується для річної продуктивності аглофабрики за формулою:

$$P_A = \frac{P_{год} \cdot k_{жс} \cdot k_n}{365 \cdot q_v}, \text{ ваг./доб.}, \quad (1)$$

де $P_{год}$ – річна продуктивність аглофабрики, т;

$k_{жс}$ – витратний коефіцієнт для залізовмісних компонентів шихти;

k_n – коефіцієнт нерівномірності прибуття сировини;

q_v – вантажопідйомність вагона для перевезення залізовмісної сировини, т.

Переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу визначається її ведучим – вантажним модулем, як детермінованою системою. Тому, для забезпечення безперервної роботи агломераційного виробництва переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу, має бути не менше добової потреби аглофабрики у залізовмісній сировині.

Добова потреба у залізовмісній сировині аглофабрики продуктивністю 12 млн. т на рік складає 420 - 430 вагонів, при цьому переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу базового промислового підприємства становить 430 - 440 вагонів на добу.

У проведених дослідженнях встановлено, що для забезпечення безперервної роботи агломераційного виробництва добова переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу ($P_{ТБК}$) повинна прийматися з умови:

$$P_{ТБК} \geq P_A. \quad (2)$$

Для забезпечення наведеної умови у зимовий період необхідно синхронізувати роботу гаражів розморожування і транспортно-вантажного комплексу з пропускної і переробної спроможностей. Очевидно, що у зимовий період переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу визначається добовою пропускною спроможністю гаражів розморожування $P_{ГР}$ з умови:

$$P_{ГР} \geq P_{ТБК}. \quad (3)$$

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

З вищевикладеного виходить:

$$P_{ГР} \geq P_{ТВК} \geq P_A. \quad (4)$$

Для визначення відповідності пропускну спроможності гаражів розморожування і переробної спроможності транспортно-вантажного комплексу при різній тривалості розморожування, необхідно оцінити пропускну спроможність гаражів розморожування. Результати проведеного розрахунку по традиційному методу показали, що він фактичної пропускну спроможності гаражів розморожування не визначає.

Аналіз процесу розморожування показав, що традиційний метод розрахунку пропускну спроможності гаражів не відповідає сучасним вимогам, оскільки він не враховує точну тривалість розморожування сировини, тривалість виконання ряду додаткових транспортних операцій і міжопераційних простоїв.

Відповідно до змінених транспортних і виробничих умов, метод розрахунку пропускну спроможності гаражів розморожування повинен додатково враховувати тривалість виведення групи вагонів на контрольну перевірку стану сировини в процесі розморожування, тривалість проведення контрольної перевірки, тривалість постановки на додаткове розморожування і міжопераційні простої груп вагонів з сировиною в очікуванні обміну в секції гаражів. Вказане істотно знижує точність традиційного методу розрахунку пропускну спроможності гаражів розморожування. Такий підхід необхідний для обліку тривалості всіх операцій циклу розморожування і міжопераційних простоїв і, як наслідок, для точного визначення пропускну спроможності гаражів.

Проведений розрахунок наявної добової пропускну спроможності гаражів розморожування показав, що вона не відповідає добовій переробній спроможності транспортно-вантажного комплексу підприємства. Зазначене пов'язане з тим, що, існуюча система розморожування не відповідає загальним технологічним вимогам роботи комплексу і не забезпечує виробничих потреб аглофабрики у сировині. Тому необхідний аналіз основних факторів, що визначають пропускну спроможність гаражів розморожування і виявлення тих з них, які дозволять синхронізувати пропускну спроможність гаражів розморожування і переробну спроможність транспортно-вантажного комплексу.

**РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ТРАНСПОРТНОМУ
ОБСЛУГОВУВАННІ цехів МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

*О.О. Жилінков, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний
університет»*

Транспортне обслуговування цехів металургійних підприємств забезпечується роботою промислового транспорту. До роботи всіх видів транспорту в умовах промислових підприємств пред'являються підвищені вимоги по надійності, безперебійності і якості обслуговування. Для цього промисловий транспорт володіє значними матеріальними ресурсами (основними засобами). До них відносять рухомий склад (локомотиви, вагони, автотранспортні засоби та ін.), транспортні комунікації (залізничні колії, автомобільні дороги, траси спеціальних видів транспорту), об'єкти транспорту (залізничні станції, будівлі, споруди, пристрої і ін.).

Промисловий транспорт є також постійним споживачем паливно-енергетичних та інших ресурсів, які витрачаються в значних обсягах (різні види палива, вода, електроенергія, мастильні матеріали, технічні рідини, запасні частини, агрегати, механізми, інструмент та ін.).

Зниження обсягів основних засобів та економія паливно-енергетичних ресурсів є в даний час актуальною проблемою.

Аналізом встановлено, що основними шляхами зниження ресурсів і їх економії при транспортному обслуговуванні цехів металургійних підприємств є:

- вибір і застосування більш раціонального по зчпний масі тягового рухомого складу для залізничних перевезень, особливо на обмежених вантажопотоки;
- більш ретельний вибір транспортних засобів за вантажопідйомністю, обсягом кузова і іншим конструктивним параметрам для зниження експлуатаційних витрат і підвищення продуктивності;
- розробка і впровадження більш досконалих транспортних технологій для зниження пробігів, простоїв і транспортних витрат;
- раціональна маршрутизація перевезень для зниження непродуктивних пробігів;
- реконструкція окремих виробництв, зміна планувальних рішень, застосування більш економічних видів транспорту й рухомого складу.

**ОРГАНІЗАЦІЯ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЛАНЦЮГАХ
ПОСТАЧАННЯ**

*І.М. Майорова, професор, ДВНЗ «Приазовський державний
технічний університет»*

Збільшення варіантності товарів і послуг обумовлює значне підвищення ролі управління процесами ресурсозбереження сфери споживання. Продукт, який дає транспорт відносить до сфери послуг. Саме через вплив на попит і ресурсозбереження мотиваційного механізму стає можливим корегування процесів виробництва, перевезення і споживання продукції, додавання їм спрямованості та підвищувати зацікавленість суб'єктів господарювання в ощадності ресурсів. Таким чином значно розширюється сфера впливу інновацій з ресурсозбереження і різноманіття мотиваційних інструментів. Крім виробничої сфери до поля дії мотиваційного впливу залучаються сфера споживання та інтерфейсна. Остання пов'язує виробництво і споживання і охоплює транспорт, торгівлю, збут, зберігання продукції, ланцюги постачання та інш.

В багатьох законодавчих актах як національного та і міжнародного права зафіксовано, що від правильності проведення енергетичної і ресурсозберігаючої технологій залежить безпека держави, захищеність життєво важливих інтересів і запобігання внутрішніх і зовнішніх загроз.

Проблема розвитку наукомісткого ринку як необхідного стратегічного варіанта розвитку потребує інтеграції всіх елементів процесу в єдину систему з прозорою процедурою і прийнятними для всіх учасників вхідними й вихідними параметрами.

Забгато наукових праць, що присвячено проблемам ресурсозбереження зібрали такі передумови до запровадження ресурсозберігаючих інновацій, а саме: для економічних систем виявилися вичерпаними можливості нарощування матеріально-енергетичних потоків, щоб задовольнити потреби зростаючого населення, і людство змушене свої надії пов'язувати з виробництвом і споживанням інформаційних ресурсів, переходячи до принципово нових технологій, економічних відносин, соціального стану.

Для України ресурсозбереження набуло «ідеологію розвитку промислового виробництва», головною метою ресурсозберігаючої діяльності є зниження ресурсоемності виробництва та забезпечення максимально корисного ефекту задля споживача від використання одиниці продукції [1].

Інститутом стратегічних досліджень, Академією економічних наук України, вітчизняними економістами було здійснено аналіз енерге-

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

тичних і ресурсозберігаючих проблем національної економіки, що дозволяє виділити такі актуальні позиції: надвисока енергоємність ВВП країни; нераціональна структура споживання паливно-енергетичних ресурсів; скорочення видобутку власних ресурсів вугілля, нафти, природного газу, що призводить до збільшення енергозалежності держави; військовий конфлікт, який практично перекрив поставки вугілля з копалин Донбасу, що порушило традиційний розклад роботи промислових підприємств Приазов'я; незадовільний технічний стан основних засобів вітчизняного паливно-енергетичного комплексу, металургійних підприємств, житлово-комунального комплексу та інш.

Тому край необхідно знайти такий спосіб ресурсозбереження, який буде являти собою підґрунтя для зниження собівартості продукції і послуг і вивільнення фінансових коштів для подальшого технологічного поступового удосконалення процесу виробництва.

Майкл Портер на сторінках [2] пропонує тест для того, щоб визначити ті напрями ресурсозберігаючих технологічних змін, впровадження яких буде максимально позитивним для ефективної роботи компанії.

1. Зміни в технологіях дозволяють знизити витрати, але при цьому технологічне лідерство підприємства має стати позицію.

2. Завдяки ресурсозберігаючим змінам змінюється і напрям дій ключових факторів витрат: вони позитивно впливають на ефективну роботу компанії.

3. Ресурсозберігаючі зміни сприяють покращенню структури підприємства, або холдингу.

Організація обліку ресурсозберігаючих інновацій і технологій в ланцюгах постачання промислових підприємств зводиться до організації обліку операцій зі створення та придбання об'єктів патентного права і інтелектуальної власності.

Література

1. Логутова Т.Г. Проблеми ресурсозбереження металургійних підприємств: теоретичні та практичні аспекти : монографія / Т.Г. Логутова, О.В. Полторацька, М.М. Полторацький. – Маріуполь: ДВНЗ «ПГУ», 2016. – 328 с.

2. Портер М. Конкурентное преимущество. Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость / Майкл Портер; Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 715 с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ДЕФЕКТІВ
ПНЕВМАТИЧНИХ ШИН ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ
ЯК КРОК В РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННІ НА
ТРАНСПОРТНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ**

*О.Д. Почужевський, доцент, А.В. Веснін, доцент, М.Є. Кристопчук,
завідуючий кафедрою НУВГП, ДВНЗ «Криворізький національний
університет»*

В Україні та у світі, завдяки своїм перевагам вантажні автомобілі створили практично монополію на транспортування вантажів у містах та промислових гірничих підприємствах.

Однак експлуатація даних машин супроводжується значними складнощами та витратами. Це пов'язано із постійним ускладненням умов експлуатації, зростанням вартості експлуатаційних матеріалів, шин та запасних частин.

В зв'язку з цим, на сьогодні все більшу актуальність набуває пошук ресурсозберігаючих технологій, а саме тих елементів, які мають значний відсоток у калькуляції собівартості транспортування. В даному переліку одним з беззаперечних лідерів є пневматичні шини.

Вирішальними факторами, які визначають ефективність використання пневматичних шин є: експлуатаційні якості та роботоздатність шин; технічний рівень експлуатації на експлуатуючих підприємствах (маршрутах руху).

Проведені дослідження для двохвісних кар'єрних автосамоскидів із задніми ведучими спареними колесами по відкритими розробкам – дозволили встановити що найбільш чутливими по перевантаженню є саме передні шини. Це стосується тих підприємств де транспортування вантажу направлено не знизу до гори, а навпаки – зверху до низу (на горні кар'єри). Також було встановлено, що перевантаження кар'єрного самоскида на 20-30% супроводжується зменшенням ресурсу шини до 42 %.

При цьому виробники пневматичних шин протягом десятиліть вдосконалюють свої технології, для того щоб забезпечити високі експлуатаційні показники та уникнути дефектів шин, що здатні привести до непланових простоїв техніки або дорожньо-транспортних пригод.

Однак незважаючи на значні досягнення в розвитку шинної індустрії, питання надійності роботи пневматичних залишається залежним від двох основних факторів – виробничих та експлуатаційних. Саме між ними точиться жорстке протистояння відповідно у вигляді виробників та споживачів під час виявлення дефектів шин і встановлення причетного у матеріальних збитках. Це пов'язане з тим, що питома

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

вага витрат на шини в загальному балансі експлуатаційних витрат складає від 10% до 25%.

Для вирішення таких спірних питань світова практика призвела до появи і залученні експертів, які на основі проведених досліджень роблять експертну оцінку та надають висновок. Отже експертиза дає можливість вирішити наступні не важливі питання: виявити причину втрати споживчих властивостей шин – експлуатаційна (через порушення правил експлуатації) чи виробнича (через порушення технології виготовлення); ідентифікувати шину; встановити придатність шини для подальшого експлуатування; встановити (орієнтовано) ресурс (пробіг, тис. км) шини до втрати нею споживчих властивостей.

Однак проведення експертизи у більшості випадків пов'язане з вирішенням першого питання, а саме встановлення платника матеріальних збитків і не розглядає комплексного питання з точки зору системи «шина-умови експлуатації-ресурс/дефекти».

Якщо розглянути детально технічної експертизи шин то слід зазначити що це є комплексом технічних досліджень, які виконують компетентні фахівці уповноваженого органу з метою отримання відповідей на запити зацікавлених осіб – зокрема, визначення причин виходу шин з ладу. В Україні такою важливою роботою займається уповноважений орган в національній системі сертифікації ДП «Державтотрансндріпроект» та УкрСЕПРО державне підприємство «СЕПРО-шина ГТВ».

З вищевикладеного матеріалу можна зробити наступний висновок, що експертне оцінювання пневматичних шин є вагомим інженерним досягненням та безумовно важливим з юридичної точки зору моментом під час спірних питань, які виникають у контексті виробник-споживач, водій-технічний відділ структурного підрозділу підприємства.

Література

1. Почужевський О.Д. Дослідження навантажень на великогабаритні шини колісних транспортних машин як пошук ресурсозберігаючих технологій на експлуатуючому підприємстві / О.Д. Почужевський // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування : збірник наукових праць. – 2015. – № 2(74). – С. 100–105.

2. Почужевський О.Д. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті / О.Д. Почужевський, А.В. Веснін, М.Є. Кристирчук // Луцький НТУ. «Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті» : науковий журнал. – 2017. – № 2(9). – С. 118–123.

**ЕКОЛОГІЧНІ ЗБИТКИ ДОВКІЛЛЮ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ
КОМПОЗИЦІЙНИХ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК У ВАГОНАХ**

*В.Г. Равлюк, доцент, М.Г. Равлюк, старший викладач, Український
державний університет залізничного транспорту*

При проведенні досліджень в напрямку захисту довкілля аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури показав, що важливого значення набувають забруднювачі у вигляді часток зважених речовин різної дисперсності, які надходять в атмосферу внаслідок функціонування залізничної транспортної інфраструктури. Зважені частки (*англ. particulate matter, PM*) утворюються через знос гальмівних колодок при експлуатації вагонів.

Із зважених часток найбільшу небезпеку являють дрібнодисперсні частинки розміром 10 мкм і менше (PM10, PM2,5), які становлять близько 70% від всієї суми зважених речовин. Дрібнодисперсні частинки являють собою різномірну суміш органічних і неорганічних речовин. PM10 тривалий час утримуються в повітрі під час проходження поїздами окремих дільниць де є станції або зупинні пункти, найбільша їх концентрація спостерігається на висоті 1-1,5 м (в зоні дихання людини). Завдяки своїм мікроскопічним розмірам такі частинки легко проникають в легені людини, накопичуються там, а це згодом призводить до розвитку різних респіраторних, онкологічних і серцево-судинних захворювань.

Шкідливий молекулярно-механічний процес зношування у високотемпературному середовищі від застосування нині полімерних композиційних гальмівних колодок типу 2ТР-11 супроводжується утворенням отруйного явища навколо кожного поїзда, що рухається.

Як зазначалося вище, джерелами маси пилових частинок, в тому числі PM-частинок, є продукти зносу гальмівних колодок вагонів. Характерне для рухомого складу неодноразове гальмування, особливо під час руху поїздів на ухилах, під час зупинок на проміжних і дільничних станціях, а також при прослідюванні колійних знаків, які вимагають зменшення швидкості тощо. У цих випадках це призводить до потрапляння в атмосферне повітря великої маси частинок, які утворюються в результаті зносу композиційних гальмівних колодок.

До складу композиційних гальмівних колодок типу 2ТР-11 входять суміші азбесту – 15%, мінерал бариту – 47,5%, сажі – 15%, каучуку – 20%, вулканізуюча суміш (сірка та ін.) – 2,5% (тут вказано вміст речовин за об'ємом). Зазвичай в якості матеріалу для виготовлення контргіла (колеса) використовуються сталь. Тому спектр хімічних речовин, що надходять в довкілля від роботи гальмівних тріботехнічних

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

контртіл при встановленні різних типів композиційних колодок на вагони, приблизно однаковий.

Необхідно зазначити, що наказ МОЗ України від 29.03.2017 №339 «Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Про безпеку і захист працівників від шкідливого впливу азбесту та матеріалів і виробів, що містять азбест» забороняє використання азбестових матеріалів, які входять до складу гальмівних колодок.

На основі досліджень, можна припускати, що на гальмівні колодки для рухомого складу під час експлуатації діють однакові питомі тиски. Тому інтенсивність зношування гальмівних колодок на кожні 1000 м гальмівного шляху буде однаковою незалежно від рухомого складу, який може бути сформований з різних типів вагонів.

Для визначення маси фрикційного матеріалу композиційних гальмівних колодок, яка зношується одного состава за рік можна використовувати таку модель:

$$m_{з.к} = n_v \cdot n_{з.к} \cdot \rho_{ф.м} \cdot V_{з.м},$$

де n_v – кількість вагонів у розрахунковому составі, од; $n_{з.к}$ – кількість гальмівних колодок у одному вагоні, шт; $\rho_{ф.м}$ – щільність фрикційного матеріалу, г/см³; $V_{з.м}$ – об'єм зношеного матеріалу, см³.

Отримані результати свідчать про те, що щорічно при заміні гальмівних колодок під час експлуатації вагонів (рис. 1) у період між ремонтами їх недопрацьована композиційна маса утилізується і потрапляє в довкілля. При цьому виділяються тисячі тон високотоксичних хімічних речовин, які не враховуються природоохоронними службами. При збереженні сформованої тенденції розвитку залізничного транспортного комплексу прогнозована кількість зважених забруднюючих речовин, що надходять в довкілля населених пунктів, складе мільйони тон.



Рисунок 1 – Відпрацьовані гальмівні колодки, підготовлені до вивезення на сміттєзвалище

**ВИРІШЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАДАЧ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ
РОБОТИ ЗАЛІЗНИЦЬ ЗГІДНО ТРАНСПОРТНОЇ СТРАТЕГІЇ
УКРАЇНИ**

*Л.І. Рибальченко, доцент, А.В. Алексєєв, магістр, І.М. Васьон, магістр,
А.М. Дяченко, магістр, Український державний університет залізничного транспорту*

Транспортна галузь України має розгалужену залізничну мережу та розвинуту систему інших видів транспорту, що створює необхідні передумови для задоволення потреб населення у наданні транспортних послуг та розвитку бізнесу.

На сьогодні транспортна галузь України, в цілому, задовольняє основні потреби населення та економіки в перевезеннях за обсягом, але не за якістю. Сучасний стан транспортної галузі не в повній мірі відповідає вимогам ефективного впровадження євроінтеграційного курсу України та інтеграції національної транспортної мережі до транс'європейської транспортної мережі TEN-T.

Напрями покращення якості надання транспортних послуг, передбачають наближення рівня їх надання та розвитку інфраструктури до європейських стандартів.

Загальні проблеми, що потребують розв'язання, згідно Проекту Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, які мають зв'язок з експлуатаційною роботою, наступні:

- відсутність систем контролю за ефективністю прийняття управлінських рішень,
- тенденція до зниження ефективності використання пропускної спроможності,
- низька швидкість доставки вантажів «від дверей до дверей» та у визначений строк.

Для вирішення поставлених питань пропонується розробка математичних моделей, які повинні враховувати всі необхідні критерії і фактори впливу на прийняття управлінських рішень, напрямки підвищення пропускної спроможності, створення умов при виконанні експлуатаційної роботи для підвищення швидкості підвищення доставки вантажів, з наступною інтеграцією їх до існуючих автоматизованих систем.

ПОДАЛЬШИЙ РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Л.І. Рибальченко, доцент, І.А. Вербицька, магістр, Д.В. Подставкін, магістр, Ю.О. Шеставіна, магістр, Український державний університет залізничного транспорту

На даний час суттєво посилюється роль транспорту у зв'язку з глобалізацією світової економіки, що зумовлює активізацію міждержавних господарських зв'язків. Транспортна система є важливим фактором для економічного зростання, створення конкурентних переваг для національних економік в рамках світового господарства, що особливо важливо з огляду на інтеграцію транспортних ринків в Європі і активізацію товарообміну між ЄС і Україною.

Для визначення напрямку подальшого розвитку транспорту Міністерством інфраструктури було створено проект Національної транспортної стратегії – 2030.

На наступному кроці стоїть вирішення складних питань, а саме впровадження принципів управління у вигляді корпорації, здійснення можливості прозорості прийняття рішень, практична реалізація директив ЄС в рамках Угоди про асоціацію, перегляд та нововведення щодо фінансування транспорту, оновлення його інфраструктури та рухомого складу, підвищення рівня транспортного обслуговування.

Отже, для подальшого розвитку залізничного транспорту необхідним є вирішення наступних задач:

- організація рівноправного доступу до залізничної інфраструктури та конкуренції між перевізниками;
- інтеграція транспортного комплексу України в міжнародну транспортну мережу;
- підвищення рівня безпеки на транспорті;
- забезпечення інтероперабельності з автомобільним та водним транспортом;
- досягнення міської мобільності та регіональної інтеграції;
- оновлення рухомого складу, модернізація та подальший розвиток залізничної мережі, забезпечення сумісності з ТрансЄвропейською транспортною мережею і регіональними залізничними мережами ЄС ;
- надання високоякісних транспортних послуг.

**ОБРОБКА СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ДЛЯ КОНТРОЛЮ
І ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ
ТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ**

*Д.М. Степанчиков, доцент, А.О. Калашник, студент, Херсонський
національний технічний університет*

Підвищення надійності і контроль експлуатаційного ресурсу транспортного обладнання – одна з важливих проблем, яка охоплює науково-технічні, організаційні та економічні аспекти. У реалізації таких заходів головна роль належить технічному діагностуванню, яке дозволяє визначати технічний стан обладнання безпосередньо у процесі експлуатації, а також прогнозувати його зміни.

Метод акустичної емісії (АЕ) ґрунтується на реєстрації хвиль напружень, що виникають в результаті формування, зміни та руйнування структур різних матеріалів. Цей метод є найбільш ефективним засобом моніторингу важливих елементів транспортного обладнання. Метод АЕ дозволяє отримувати інформацію про динаміку процесів у реальному масштабі часу. При використанні явища АЕ для неруйнівного контролю необхідно встановити набір параметрів АЕ, які несуть інформацію про різні сторони досліджуваного процесу і обрати серед них найбільш оптимальні [1].

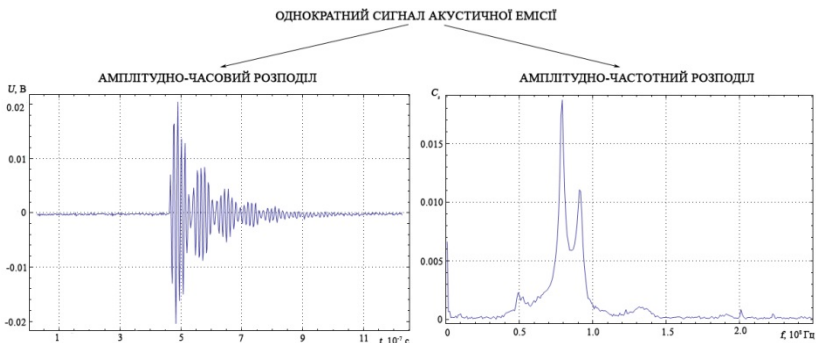


Рисунок 1 – Приклад обробки однократного сигналу АЕ

В роботі використані данні експериментів розривних досліджень сталі СТЗсп. Встановлено, що найбільш інформативними характеристиками для дослідження АЕ ефектів є амплітудно-часовий і частотний розподіли (рис. 1), загальна кількість імпульсів та інтенсивність АЕ (рис. 2).

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

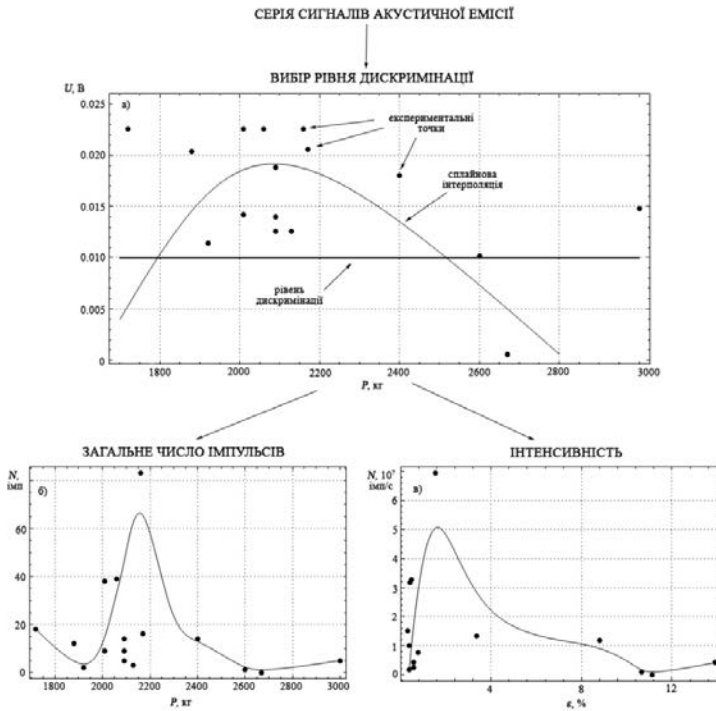


Рисунок 2 – Приклад обробки серії сигналів АЕ

Статистична обробка сигналів АЕ передбачає виконання наступних етапів: 1) побудова амплітудно-часових і амплітудно-частотних розподілів; 2) оцінка максимальних амплітуд сигналів і вибір рівня дискримінації; 3) визначення кількості перевищень над рівнем дискримінації у залежності від навантаження, видовження, відносного видовження; 4) розрахунок інтенсивності АЕ у залежності від навантаження і відносного видовження; 5) порівняння отриманих залежностей з діаграмою механічного напруження.

Література

1. Алексенко В.Л. Обнаружение акустико-эмиссионных эффектов при повторном нагружении образцов из стали СтЗсп / В.Л. Алексенко, А.А. Шарко, С.А. Сметанкин, Д.М. Степанчиков, К.Ю. Юренин // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2017 – №4 – С. 25–31.

ЭНЕРГОЗБЕРЕЖЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Был выбран пятый вариант (рис. 1, д) изготовления гайки, т. к. остальные варианты имеют ряд недостатков: образование заусенца, последующая механическая обработка детали. Пятый вариант самый оптимальный, т. к. не имеет заусенцев и не требует дальнейшей обработки поверхности. Согласно предлагаемой технологии в первом переходе осуществляется калибровка заготовки с образованием наметки и набором металла во фланец. Образование наметки создает благоприятные условия для дальнейшего обратного выдавливания за счет сокращения эксцентриситета приложения нагрузки на пуансон. Предварительный набор металла для образования фланца позволяет на 5-7 мм уменьшить длину пуансона для обратного выдавливания, что практически уменьшает l/d с 2,6-2,7 до 2,1-2,2.

Во втором переходе обратным выдавливанием получается полость, равная по глубине половине заданной. Это улучшает условия работы пуансона для окончательного выдавливания и упрощает требования к нагрузочной кривой оборудования. Для того чтобы при выдавливании во втором переходе не мог образоваться наплыв на внешней поверхности фланца, уровень установки нижнего пуансона во втором переходе ниже (на 1 мм), чем в первом.

В третьем переходе происходит калибровка фланца без образования заусенца. Размеры (и допуски на них) фланца, получаемого в первом переходе, обеспечивают выдавливание излишков металла в цилиндрическую полость матрицы, которая служит, таким образом компенсатором. Образование фланца без заусенца основано на соотношении сопротивления металла по выдавливанию в заусенец и реактивных сил трения, препятствующих прямому выдавливанию металла в зазор между цилиндрической поверхностью полости матрицы и оправкой. Между нижним пуансоном (выталкивателем) и торцом заготовки в конечный момент штамповки в третьем переходе должен иметься некоторый зазор (~1,2 мм).

В четвертом переходе комбинированным выдавливанием оформляется хвостовая часть детали и полость на полную заданную глубину. Как показали испытания, при изготовлении детали из стали марок 10 и 20 промежуточного отжига и фосфатирования не требуется.

Во всех переходах на заготовке имеется цилиндрическая часть, обеспечивающая простоту конструкции и надежность работы устройств для переноса заготовки с позиции на позицию в многопозиционном штампе.

В результате расчетов методом конечных элементов процессов холодного выдавливания заготовок типа колпачковой гайки определено усилие и напряжено-деформируемое состояние, что позволяет разработать конструкцию штамповой оснастки и выбрать оборудование для изготовления деталей.

Література

1. Евстратов В.А. Основы выдавливания и конструирования штампов. / В.А. Евстратов. – Х.: Вища шк., 1987. – 144 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

М.В. Хара, доцент, В.К. Томенко, студент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Цепь поставок – это сеть организаций, которые вовлечены в восходящие и нисходящие взаимосвязи, разнообразные процессы и мероприятия, создающие ценность в виде продуктов и услуг доставленных до конечного потребителя. Следовательно, цепь поставок отражает каждую отдельную операцию в производстве и доставке конечного продукта, начиная от поставщиков, производящих материалы для поставщика конкретного предприятия и заканчивая его потребителями.

В последние годы наблюдается повышение интереса к изучению надежности цепей поставок. Об этом свидетельствует растущее количество публикаций, в частности работы К. В. Инютиной, Л. Б. Миротина А. А. Бочкарева, М. Н. Григорьева, Е. И. Зайцева, Д. А. Иванова, Ю. В. Малевич, В. И. Сергеева, С. А. Уварова, И. Г. Шурпатова и др. В результате анализа указанных работ, структурированы основные подходы к характеристике надежности в логистике и управлению цепями поставок. Анализ указанных работ позволил выявить основные подходы к характеристике надежности в логистике и управлению цепями поставок.

Надежность – это одна из важнейших характеристик функционирования цепей поставок промышленных предприятий, которая отражает время выполнения логистических циклов и затраты. Предприятия металлургии сотрудничают с большим количеством поставщиков сырья и потребителей продукции, в виду чего значительно повышаются требования к надежности как основному пути снижения возможных потерь от срывов поставок. В то же время в условиях растущей конкуренции на рынке, предприятиям необходимо увеличивать привлекательность обслуживаемых цепей поставок путем повышения стабильности их работы и сокращения потерь от возникающих сбоев поставок. Важным шагом по улучшению существующих цепей поставок является идентификация угроз стабильности функционирования цепей, что в свою очередь позволяет направить доступные ресурсы предприятий на решение наиболее важных проблем. Для промышленных предприятий наиболее оптимальным является применение конкурентной модели взаимодействия между участниками цепи поставки в виду повышения независимости предприятия от поставщиков. Вышеуказанное положение определяет актуальность и возрастающую потребность в оценке и контроле такой характеристики, как надежность.

ЭНЕРГОЗБЕРЕЖЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Цепи поставок усложняются из-за внедрения на предприятиях различных логистических концепций (таких как «точно в срок», быстрое реагирование, бережливое производство и др.), что повышает требования к цепям поставок, влекущее за собой снижение надежности процесса. Цепи поставок представляют собой логистические системы (в ряде случаев тяготеющие к макроуровню), однако интеграция как процесс взаимодействия субъектов цепей поставок, не позволяет отказаться от трактовки микрологистических систем как больших и сложных, одновременно являющихся замкнуто-разомкнутыми логистическими системами, поэтому необходим системный подход. Данный подход позволяет рассмотреть надежность логистической системы как ее свойство сохранять значения установленных параметров функционирования в определенных пределах, соответствующих изначально заданным режимам и условиям. Для предприятий металлургии является актуальным рассмотрение элементов цепей поставок с точки зрения надежности, в частности, процессы SCOR-модели, участники цепи (поставщики, перевозчик и др.), показатели эффективности (устойчивость, гибкость и др.). Данная модель служит для идентификации, оценки, реорганизации и улучшения процессов цепи поставок через циклические процессы, которые включают в себя корректировку конфигурации, оценку производительности, а также выравнивание процессов с целью достижения поставленных задач.

Цепь поставок можно представить в виде дискретно-непрерывной модели и изобразить в виде графика, основанного на диаграмме Ганта. Предложенный график отражает временные характеристики операций транспортного процесса предприятия, при этом позволяя учитывать их возможное параллельное выполнение, например, оформление документов и погрузка. При формировании дискретно-непрерывной модели учитывается распределение ответственности между участниками цепи поставок, например, за транспортировку ответственность лежит на перевозчике, а за разгрузку транспортного средства – на получателе.

Таким образом, цепи поставок промышленных предприятий – это сложные системы, которые имеют важное функциональное назначение для себестоимости производственного процесса, состоят из множества взаимодействующих составляющих (подсистем), вследствие чего приобретают новые свойства, которые не могут быть сведены к свойствам подсистемного уровня.

“ЗЕЛЕНИЙ” ТРАНСПОРТ У ТУРИЗМІ

О.Г. Яворська, доцент, Київський національний лінгвістичний університет

Сучасний вектор туристичних інновацій спрямований від масового та стандартного туризму до індивідуального, клієнтоцентрованого — інноваційного. Цього вимагає власне сучасний туристичний попит, оскільки на ринку туристичних послуг все більшої ваги набуває туристичний продукт зроблений під конкретний запит. Сфера туризму та індустрії гостинності розглядається нами та іншими дослідниками і фахівцями як сукупність об'єктів господарської сфери, діяльність яких суттєво впливає на економічні показники регіону за рахунок формування, просування та реалізації якісних, унікальних та конкурентоздатних туристичних продуктів та послуг.

Особливістю роботи туристичної сфери та індустрії гостинності є перманентна необхідність в кооперації між суб'єктами даної господарської діяльності з метою задоволення все зростаючих потреб та бажань туристів. Результатом такої кооперації є поява нового туристичного продукту (комплексного пакету рекреаційних послуг). Найдинамічнішим та багатоочікуваним на сьогодні є вектор розвитку “зеленого” транспорту у туризмі та сфері рекреаційних послуг. Проведений нами аналіз запровадження електротранспортних засобів у даній сфері послуг дозволяє зазначити як на доволі високий клієнтський попит на тури з використанням даних засобів пересування, так і реалізації державних програм у сфері туризму з метою екологізації галузі, раціонального природокористування і забезпечення збалансованого розвитку. На сьогодні на даний сегмент ринку заявили лише кілька компаній – Vectrix (продукція представлена в Північній Америці та Європі), Sulfat, KLD Energy Technologies та Toshiba. На споживчому ринку України можна придбати електровелосипед умільців з м. Дніпро, який розвиває швидкість 65 км/год, потужність його мотору 10 кВт.

Програма електротранспорту дає можливість суттєво зменшити викиди шкідливих речовин, вдвічі знизити рівень шуму під час авіаперельотів, зробити більш рентабельними експлуатаційні витрати. Не зважаючи на такі недоліки сучасного електротранспорту як висока вартість, техаська компанія KLD Energy Technologies з розробки та випуску електродвигунів, запевняє, що новий продукт подолає всі проблеми та виведе електромобілі до розряду товарів широко вжитку. KLD Energy Technologies планує підвищити ефективність роботи електродвигуна, застосувавши нанокристалічні композитні матеріали, а також розробити компютерну систему моторного контролю, яка дозволить зробити двигун доступним для будь-якої батареї.

На сьогодні на ринку туристичних послуг пропонуються рекреаційно-туристичні послуги з використанням “зеленого” транспорту у країнах Європи.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТІ

У Франції на ділянці каналу Сен-Кантен популярні туери-електроходи або так звані “водні тролейбуси”. Для прогулянок пропонуються акумуляторні моторні лодки по озеру Донкмеер у Бельгії. Слід відзначити, що малопотужні акумуляторні електротранспортні засоби знайшли широке застосування та користуються популярністю у сфері туризму з метою розваг. У Норвегії за 2017 р. більше половини нових реєстрацій автомобілей склали електромобілі та гібридні транспортні засоби. Країна розвиває кілька проєктів електричного судноплавства, а до 2040 р. планує всі короткострокові авіарейси тривалістю до 1,5 годин здійснювати електролітаками, у 2025 р. запустити перший повністю електричний літак на 19 місць, про що заявив державний оператор норвежських аеропортів Avinor. Планується, що електролітаки будуть обслуговувати внутрішні рейси та зовнішні до скандинавських столиць. В найбільш популярних туристичних районах перельоти зазвичай складають 10-15 хв., у літній сезон можна придбати двотижневий абонемент на необмежену кількість перельотів по Норвегії від 370 до 500 євро залежно від зон відвідування.

Слід відзначити, що запровадження “зеленого” транспорту обумовлено і потребами екологічного використання унікальних туристичних ресурсів, особливо в регіонах активного відвідування туристами унікальних природних територій та акваторій (фіордів, природоохоронних та заповідних територій, унікальних біооб’єктів тощо).

Таким чином, серед переваг альтернативного транспорту у рекреаційно-туристичній сфері слід вказати:

- високий ступінь екологічності в організації рекреаційних та турисько-рекреаційних турів і подорожей в природні території, зокрема і певного рівня охорони та заповідання;

- розширення можливостей географії сучасного туризму;

- забезпечення інноваційної організації рекреаційно-туристичних подорожей з прокладанням екскурсійних маршрутів, які не прив’язані до шосе та трас;

- розширення можливостей подорожей для людей похилого віку, дітей та категорій населення без спеціальної спортивної підготовки (наприклад, використання електровелосипедів передбачено для людей різного ступеня фізичної підготовки);

- високий ступінь енергозбереження та низька енергозатратність (енергоспоживання) інноваційних засобів пересування, що забезпечується у різний спосіб (наприклад, функція рекуперації, дає можливість при гальмуванні підзаряджати акумулятор електромобіля; автоматична функція підзарядки під час спусків та поворотів; “асистентська система” визначає ступінь потужності електромотору під час педалювання; можливість “накормити” електроколя попрацювавши педалями);

- можливість зарядки електровелосипедів від розетки впродовж 30-60 хв.;

- запас ходу на “крейсерській” швидкості більше 100 км.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННІ

Зміст

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПРОЦЕСА НА ЕВМ.....	РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО	ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО	
Ж. Карягин, магістр, А. Ларичкин, магістр, В.И. Кравченко, доцент, А.В. Жартовский, доцент, Донбасская государственная машиностроительная академия.....			125
ВИКОРИСТАННЯ SOLIDWORKS ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	SIMULATION	ДЛЯ	127
С.Ф. Посонський, доцент, О.Ю. Рудик, доцент, В.В. Омелянюк, студент, Хмельницький національний університет			127
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА КОРИСТУВАЧІВ КОНТЕНТУ	ВИЗНАЧЕННЯ	УПОДОБАНЬ	129
О.А. Шпинковський, доцент, А.П. Радіонова, бакалавр, Одеський національний політехнічний університет			129
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЗАКЛАДУ ХАРЧУВАННЯ ЗА ЇХ ВІДГУКАМИ.....	ОБСЛУГОВУВАННЯ	КЛІЄНТІВ	130
М.І. Шпинковська, доцент, О.М. Дзигунський, бакалавр, Одеський національний політехнічний університет			130

**АВТОМАТИЗАЦІЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО
ПРОЦЕССА НА ЭВМ**

*Ж. Карягин, магiстр, А. Ларичкин, магистр, В.И. Кравченко, доцент,
А.В. Жартовский, доцент, Донбасская государственная
машиностроительная академия*

Электроимпульсные методы обработки деталей, получают в настоящее время все большее распространение. Импульсное упрочнение обеспечивает повышение несущей способности и долговечности инструмента, деталей машин, особенно работающих в условиях знакопеременных нагрузок, а комплексная автоматизация технологического процесса обеспечивает его высокую надежность и качество. Но, несмотря на разносторонние исследования [1 - 3], одной из проблем на пути применения электроимпульсной обработки является определение необходимой и достаточной величины импульса электрического тока (ЭТ). Для выхода из такой ситуации проводятся экспериментальные опыты, в которых оценивается влияние изменения входных параметров на достижение заданных технических требований. При этом главное задание информационной технологии заключается в нахождении оптимальной комбинации входных величин методами математической статистики [4], чтобы во время эксплуатации получить наиболее действенный энергосберегающий вариант процесса. Кроме того, иногда возникает проблема провести, основываясь на оптимальных моделях расчеты значений косвенных параметров, прямое исследование которых невозможно, затруднено или не целесообразно. Обработка данных в таком случае заключается в построении эмпирической математической модели, нахождение которой в «ручном» исполнении долгий, а также кропотливый, не свободный от ошибок, процесс и поэтому использование информационных технологий для ускорения вычислений является актуальным.

Цель работы – автоматизировать расчеты по обработке экспериментальных данных и выбору математической модели с наилучшим приближением для дальнейшего оптимизационного анализа.

Задачи работы: разработка алгоритма, математической модели и программы для моделирования функциональной обработки однофакторных экспериментальных данных с использованием наиболее распространенных методов регрессионного анализа и последующем расчете косвенных параметров основываясь на автоматически выбранной оптимальной регрессионной модели.

Суть алгоритма роботи програми заключається в регресійній обробці експериментальних даних в формі файлових систем типу «*.csv» або «*.xls», отриманих від експериментатора, найбільш розповсюдженими методами регресійної однофакторної обробки, а саме: лінійним, показательним, степеним, логарифмічним і параболою другого порядку, після чого завдяки порівнянню середньквдратических відхилень автоматически виділяється найліпша регресійна модель, дозволяюча надати цілесобразні рекомендації для дальнєшого оптимізаційного аналізу.

Математическая модель расчета опосредованного параметра – средней мощности импульса P_{cp} , определяется формулами (1, 2):

$$p(t_i) = ac(t) * u(t), \quad (1)$$

$$P_{cp} = \sum_{i=1}^N p(t_i)/N, \quad (2)$$

где $p(t_i)$ – временная функция мощности импульса ЭТ; $ac(t)$ – сила ЭТ; $u(t)$ – напряжение ЭТ; N – количество точек, принадлежащих импульсу; t – время.

Таким образом, в связи с широкомасштабным и активным использованием электрофизических методов обработки возникла насущная потребность в улучшении параметров процесса, за счет выяснения их фактических значений путем проведения специализированных экспериментов и применения информационных технологий в виде оригинальной программы для обработки полученных результатов. Программа написана на алгоритмическом языке Delphi версии 10.2 Токуо.

Литература

1. Бурцев В.А. Электрический взрыв проводников и его применение в электрофизических установках / У.А. Бурцев, Н.В. Калинин, А.В. Лучинский.- М: Энергоиздат, 1990.- 217 с..
2. Баранов Ю.В. Особенности изменения физико-механических свойств и износостойкости быстрорежущих инструментальных сталей при обработке импульсным электрическим током / Ю.В. Баранов // Вестник машиностроения. М.: Машиностроение, 2003. - №1. - С. 29 - 33.
3. Мартынюк М. М. Исследование физических свойств металлов методом импульсного нагрева / Н.М. Мартынюк, В.И. Цапков, А.Г. Пантелейчук, И. Каримходжаев,- М.: Изд. Унив. дружбы народов им П. Лумумбы. 1972. -130 с.
4. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука. 1984. - 425 с.

ВИКОРИСТАННЯ SOLIDWORKS SIMULATION ДЛЯ ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

С.Ф. Посонський, доцент, О.Ю. Рудик, доцент, В.В. Омелянюк, студент, Хмельницький національний університет

Упровадження в навчальний процес сучасних інформаційно-комунікаційних технологій дозволяє перейти від традиційних методів навчання проектуванню до моделювання за допомогою САД-систем з наступним застосуванням САД/САЕ автоматизованих комплексів, один з яких – 3D система гібридного автоматизованого проектування, інженерного аналізу й підготовки виробництва виробів SolidWorks [1]. Додаток цієї програми – SolidWorks Simulation – використовує геометричну модель деталі SolidWorks для формування розрахункової моделі [2].

З метою енергоресурсозбереження з'ясуємо за допомогою SolidWorks Simulation можливість заміни матеріалу (легованої сталі 40Х) найбільш навантаженої деталі головної муфти екскаватора Е-505А – вала (поз. 1 на рис. 1) на дешевший – вуглецеву сталь 20.

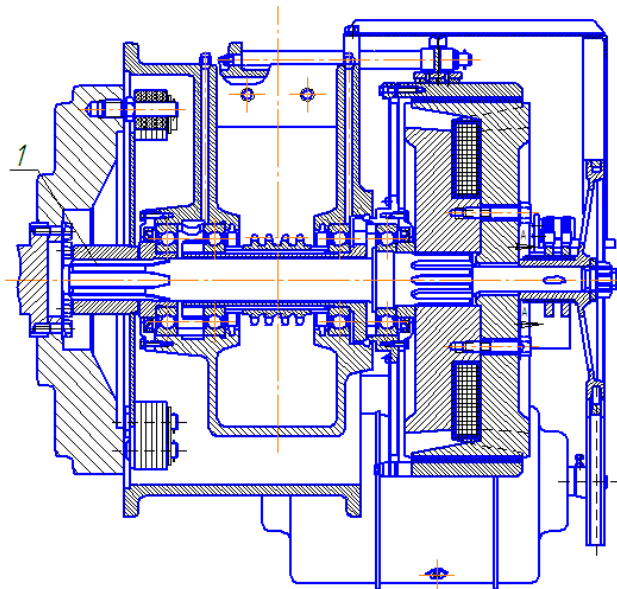


Рисунок 1 – Головна муфта екскаватора Е-505А

У SolidWorks була створена твердотільна модель вала, статичний розрахунок якої здійснили у SolidWorks Simulation: вибрано матеріал

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННІ

вала – спочатку сталь 40Х ГОСТ 4543-71 ($\sigma_T = 780$ МПа), а потім сталь 20 ГОСТ 535-88 ($\sigma_T = 250$ МПа); проведено розділення тіла на скінченні елементи (рис. 2); побудовано матрицю жорсткості; здійснено синтез скінченно-елементної моделі з урахуванням умов закріплення вала у вузлових точках; розв'язано одержану систему алгебраїчних рівнянь; визначено компоненти напружено-деформівного стану (табл. 1).

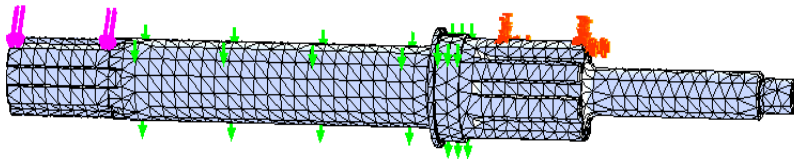


Рисунок 2 – Сітка на твердому тілі

Таблиця 1 – Результати дослідження вала

Сталь	Напруження макс., МПа	Переміщення макс., мм	Деформація макс., мм	Запас міцн. мінім.
40Х	151,832	0,0637771	0,000248911	5,13726
20	147,525	0,0671348	0,000260561	1,69463

Так як мінімальний коефіцієнт запасу міцності для вала зі сталі 20 становить $n = 1,69$, то у випадку заміни сталі 40Х на сталь 20 для його виготовлення запас міцності достатній, так як допустимий коефіцієнт запасу міцності $[n] = 1,5$. Таким чином, отримані результати підтверджують актуальність проведеного дослідження з використання SolidWorks Simulation для енергоресурсозбереження.

Література

1. Рудик О.Ю. Застосування SolidWorks у навчанні предметів технічного (інженерного) циклу [Електронний ресурс] / О.Ю. Рудик, В. В. Герасімчук. – Режим доступу: http://www.irtc.org.ua/dep105/publ/ITEA-2015/2_ITEA_2015_ua.pdf
2. Рудик О.Ю. Дослідження міцності деталей автомобілів за допомогою SolidWorks Simulation [Електронний ресурс] / О.Ю. Рудик, Г. В. Садовський. – Режим доступу: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/11682>.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ УПОДОБАНЬ КОРИСТУВАЧІВ КОНТЕНТУ

*О.А. Шпінковський, доцент, А.П. Радіонова, бакалавр,
Одеський національний політехнічний університет*

Інформаційні системи визначення уподобань користувачів – програмні системи, які намагаються передбачити, які об'єкти (фільми, музика, книги, новини, веб-сайти) будуть цікаві користувачеві, маючи певну інформацію про його вподобання. Системи віднайшли широке застосування в таких сферах як електронна комерція, соціальні мережі, веб-додатки тощо, де акцент робиться на даних користувача. Такі системи можуть бути як додатковим функціоналом, так і самостійними додатками [1]. Системи можна класифікувати наступним чином:

1. Системи з колаборативною фільтрацією (англ. collaborative filtering) групують користувачів зі схожими профілями. Існують два підходи: класифікація по користувачам і вподобанням. Недоліком таких систем є проблема «холодного старту», коли дані про нового користувача ще не накопичені [2].

2. Системи, що базуються на контенті, використовують метрику смаків користувача, що заповнюється при реєстрації, а в подальшому поповнюється його фактичним вибором.

3. Гібридні системи використовують комбінації підходів фільтрації вмісту і колаборативної фільтрації.

Пропонується рекомендаційна система гібридного типу, для шанувувачів кіно, що хочуть обрати контент для перегляду. Створюється мобільний додаток, що вивчатиме вподобання користувачів та рекомендуватиме контент. Враховуватимуться показники, наприклад: жанр, тематика, країна виробництва. Передбачається, що широта можливостей пошуку приверне різнобічне коло користувачів і задовольнить їх смаки.

Література

1 Рекомендаційні системи. Підходи та алгоритми [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-recommender1/index.html>.

2. Рекомендаційні системи. Огляд. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://energyfirefox.blogspot.com/2013/12/blog-post.html>.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ОБСЛУГОВУВАННЯ КЛІЄНТІВ ЗАКЛАДУ ХАРЧУВАННЯ ЗА ЇХ ВІДГУКАМИ

*М.І. Шпинковська, доцент, О.М. Дзигунський, бакалавр,
Одеський національний політехнічний університет*

В даний час надзвичайно популярна задача автоматичного аналізу думок користувачів з товарами або послугами. Аналіз користувацьких оцінок дозволяє оперативно приймати рішення про продаж товарів, про зміну планів впровадження послуг та маркетингової політики компанії в цілому [1]. В зокрема, очевидна актуальність автоматичного аналізу бажань користувачів у сфері ресторанного обслуговування.

Наразі у закладах харчування існує проблема недоотримання через зниження вартості середнього чека і (або) відтік клієнтів. Рішення проблеми: збільшити чек шляхом додаткових продаж, враховуючи побажання клієнтів та зменшити відтік клієнтів з використанням персоналізованого маркетингу.

Комунікації повинні бути індивідуалізованими, а пропозиції релевантними, щоб клієнт реагував на пропозицію від кафе чи ресторану. Пропонується інформаційна система, що дозволяє закладу застосувати індивідуальний підхід до своїх відвідувачам. Система використовує таку інформацію про клієнта як ім'я, вік, уподобання, алергія, лояльність до закладу, частота відвідувань, середній чек і зовнішні фактори (погоду на вулиці, час доби, час, проведений в закладі тощо). Система ще до того часу як клієнт сідатиме за стіл, визначатиме хто він і передаватиме інформацію офіціантові, який пропонує клієнту актуальні позиції з меню. Клієнт також може отримати інформацію через додаток на своєму смартфоні, який використовується в якості ефективного комунікаційного каналу між закладом і клієнтом. Інтегрована в додаток програма лояльності додатково мотивує користувача застосовувати його. Запропонована система для кафе і ресторанів значно підвищить рівень маркетингових заходів та дозволить збільшити прибуток закладу до 20-30%.

Література

1. Шпинковський О.А. Рекомендаційна система у виборі медіа-контенту/ О.А. Шпинковський, А.П. Радіонова. //Програмовані логічні інтегральні схеми та мікропроцесорна техніка в освіті і виробництві: зб. тез міжнар. наук.-практ. семінару молодих вчених та студентів (20-21 квітня 2018 р.) – Луцьк: Вежа-Друк, 2018. – с.77 .