

УДК 621.331: 621.311.4

О. О. Матусевич

## КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ПІДВИЩЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка  
В. Лазаряна, м. Дніпропетровськ

**Анотація.** Розроблено модель удосконалення системи управління ремонтним обслуговуванням тягової підстанції дистанції електропостачання, що дозволяє підвищити ефективність системи організації і керування технічним обслуговуванням та ремонтом силового електрообладнання тягової підстанції за рахунок посилення таких функцій управління як: планування, прогнозування, облік, контроль, мотивація і стимулювання ремонтних бригад та прийняття оптимальних рішень. Показано, що реалізація моделі дозволить істотно скоротити витрати на технічне обслуговування і ремонти обладнання, знизити тривалість його простоїв і, в підсумку, підвищити надійність та ефективність роботи тягової підстанції дистанції електропостачання залізниць.

**Ключові слова:** тягова підстанція, технічне обслуговування і ремонт, система управління, силове електрообладнання, моделювання.

**Аннотация.** Разработана модель усовершенствования системы управления ремонтным обслуживанием тяговой подстанции дистанции электроснабжения, что позволяет повысить эффективность системы организации и управления техническим обслуживанием и ремонтом силового электрооборудования тяговой подстанции за счет усиления таких функций управления как: планирование, прогнозирование, учет, контроль, мотивация и стимулирование ремонтных бригад и принятие оптимальных решений. Показано, что реализация модели позволит существенно сократить время на техническое обслуживание и ремонты оборудования, снизить продолжительность его простоев, повысить надежность и эффективность работы тяговой подстанции дистанции электроснабжения железной дороги.

**Ключевые слова:** тяговая подстанция, техническое обслуживание и ремонт, система управления, силовое электрооборудование, ремонтные бригады, моделирование.

**Abstract.** The model management system improvement the repair service of traction substation the distance of power, which improves the efficiency of the organization and management of maintenance and repair of power electric traction substation by strengthening such control functions as: planning, forecasting, accounting, control, motivation and stimulation of repair crews and optimal decision making. It is shown that the implementation of the model will significantly reduce the cost of maintenance and repair of equipment, reduce the duration of his downtime and, ultimately, improve the reliability and efficiency of electrical traction substation distance railways.

**Keywords:** traction substation, maintenance and repair, control system, power equipment, maintenance crews, modeling.

### Вступ

У існуючих умовах роботи дистанцій електропостачання залізниць України зростає економічна доцільність створення сучасної системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) основного силового електрообладнання тягових підстанцій (ТП). Однією з основних особливостей сучасних складних технічних систем (у тому числі системи ТО і Р силового електрообладнання ТП електрифікованих залізниць) є те, що параметри і структури систем на різних етапах життєвого циклу технічного обладнання змінюються під дією об'єктивних і суб'єктивних причин. У цих умовах для підвищення (збереження) необхідного рівня працездатності силового електрообладнання ТП і можливостей системи ТО і Р, необхідно здійснювати управління її структурами (у тому числі управління реконфігурацією структур) [1, 2].

Завдання управління структурною динамікою системи за своїм змістом відносяться до класу завдань структурно-функціонального синтезу складних технічних систем, формування і реалізації відповідних програм управління їх розвитком. На сьогодні даний клас завдань структурно-функціонального синтезу і управління розвитком систем досліджений недостатньо повно. Отримані нові наукові і практичні результати у рамках наступних напрямів досліджень [3-5]:

- синтез технічної структури складних систем;
- синтез функціональної структури складних систем;
- синтез програм створення і розвитку нових поколінь складних систем без урахування етапу спільного функціонування існуючої і впроваджуваної системи;
- одночасний синтез як технічної, так і функціональної структур.

На цей час виконаний значний обсяг наукових робіт, присвячених вирішенню проблеми синтезу структур складних технічних систем різних класів. При цьому узагальнене завдання синтезу (вибору) структури (або структур) складних систем зводиться, як правило, до постановки і вирішення наступної оптимізаційної задачі:

$$\bar{S}\{\{\bar{f} \subset \bar{F}(\bar{p} \subset \bar{P})\}\bar{R}\{\bar{m} \subset \bar{M}\}\} \rightarrow extr$$

де  $\bar{P}$  – безліч можливих принципів і алгоритмів управління  $(\bar{p} \subset \bar{P})$ , використовуваних при формуванні виду системи або її елементів;

$\bar{F}$  – безліч взаємозв'язаних функцій (завдань, операцій), що виконуються системою.

Кожному набору принципів і алгоритмів управління  $\bar{P}$  відповідає безліч функцій  $\bar{F}(\bar{p} \subset \bar{P})$ , з яких при проектуванні системи необхідно вибрати підмножину, достатню для реалізації вибраних принципів управління, тобто вибрати  $\bar{f} \subset \bar{F}(\bar{p} \subset \bar{P})$ ;  $\bar{M}$  – безліч можливих взаємозв'язаних процесів (елементів) складної системи. Подібними елементами стосовно складної системи ТО і Р ТП можуть бути засоби діагностування, виміру, реєстрації, обліку, прийому, передачі і обробки інформації, пункти обслуговування і управління і тому подібне;  $\bar{R}$  – операція відображення елементів безлічі  $\bar{F}$  на елементи безлічі  $\bar{M}$ . В цьому випадку це оптимальне відображення повинне забезпечувати екстремум деякої (або деяких) цільової функції  $\bar{S}$  при виконанні заданих обмежень.

Подальше узагальнення даного завдання синтезу проводиться у напрямі урахування чинників невизначеності, викликаних експлуатацією обладнання, дією зовнішнього середовища, а також в напрямі, пов'язаному з постановкою і вирішенням багатокритеріальних завдань вибору оптимальних структур системи управління ТО і Р силового електрообладнання ТП.

Метою роботи є розробка ефективної моделі управління системою ТО і Р ТП дистанції електропостачання електрифікованої залізниці.

### Результати дослідження

Ефективне управління системою ТО і Р обладнання ТП ставить ряд комплексних проблем. Поряд з моделюванням технологічних процесів актуальні також питання аналізу організації системи ТО і Р, сервісних послуг, удосконалення інформаційного забезпечення діяльності ремонтних бригад, управління кадровим потенціалом і т.п. Одним з стратегічних напрямів підвищення якості системи організації та керування ремонтом силового електрообладнання ТП є розробка концептуальної моделі управління системою ТО і Р ТП, що дозволяє підвищити ефективність системи організації та керування ТО і Р за рахунок посилення таких першочергових функцій керування як: прогнозування і планування, удосконалення інформаційного забезпечення, оцінка якості проведення ТО і Р, визначення цільової функції параметра обладнання, облік та контроль, мотивація і стимулювання, зміцнення кадрового потенціалу, тощо.

Виходячи із загальних форм системи організації та керування технічного обслуговування і ремонту ТП [6-8], можна виділити ряд принципових напрямів удосконалення діяльності ремонтних бригад, які здійснюють ТО і Р обладнання:

- застосування сучасних моделей прогнозування відмов та оцінки технічного стану обладнання;
- забезпечення ефективного планування термінів ТО і Р;
- удосконалення інформаційного забезпечення діяльності ремонтних бригад, що дозволяє в будь-який момент мати повну інформацію про стан устаткування (про необхідні обсяги, терміни виконання ремонтних робіт та їх вартості) та приймати ефективні рішення з організації ТО і Р;
- визначення цільової функції (критерію оптимальності) найбільш важливого параметра обладнання;
- якісний аналіз ТО і Р силового електрообладнання ТП та сервісних послуг;
- удосконалення механізму мотивації та стимулювання працівників ремонтних бригад, з метою забезпечення ув'язки результатів їхньої праці з системою бюджетування і з кінцевими результатами роботи підприємства;
- управління кадровим потенціалом і т.п.

З урахуванням [1-9] та розглянутих загальних форм системи організації ремонтів, принципових напрямів удосконалення діяльності ремонтних бригад ТП та стратегічних напрямів підвищення якості системи організації та керування ТО і Р силового електрообладнання ТП, можна запропонувати концептуальну модель підвищення ефективності керування системою ТО і Р ТП електрифікованих залізниць (рис. 1).

Підвищення ефективності організації та керування технічним обслуговуванням і ремонтом обладнання ТП системи тягового електропостачання може бути досягнуто за рахунок посилення дієвості основних функцій керування: облік і контроль, оцінка технічного стану, планування і прогнозування, мотивація і стимулювання (рис. 1).

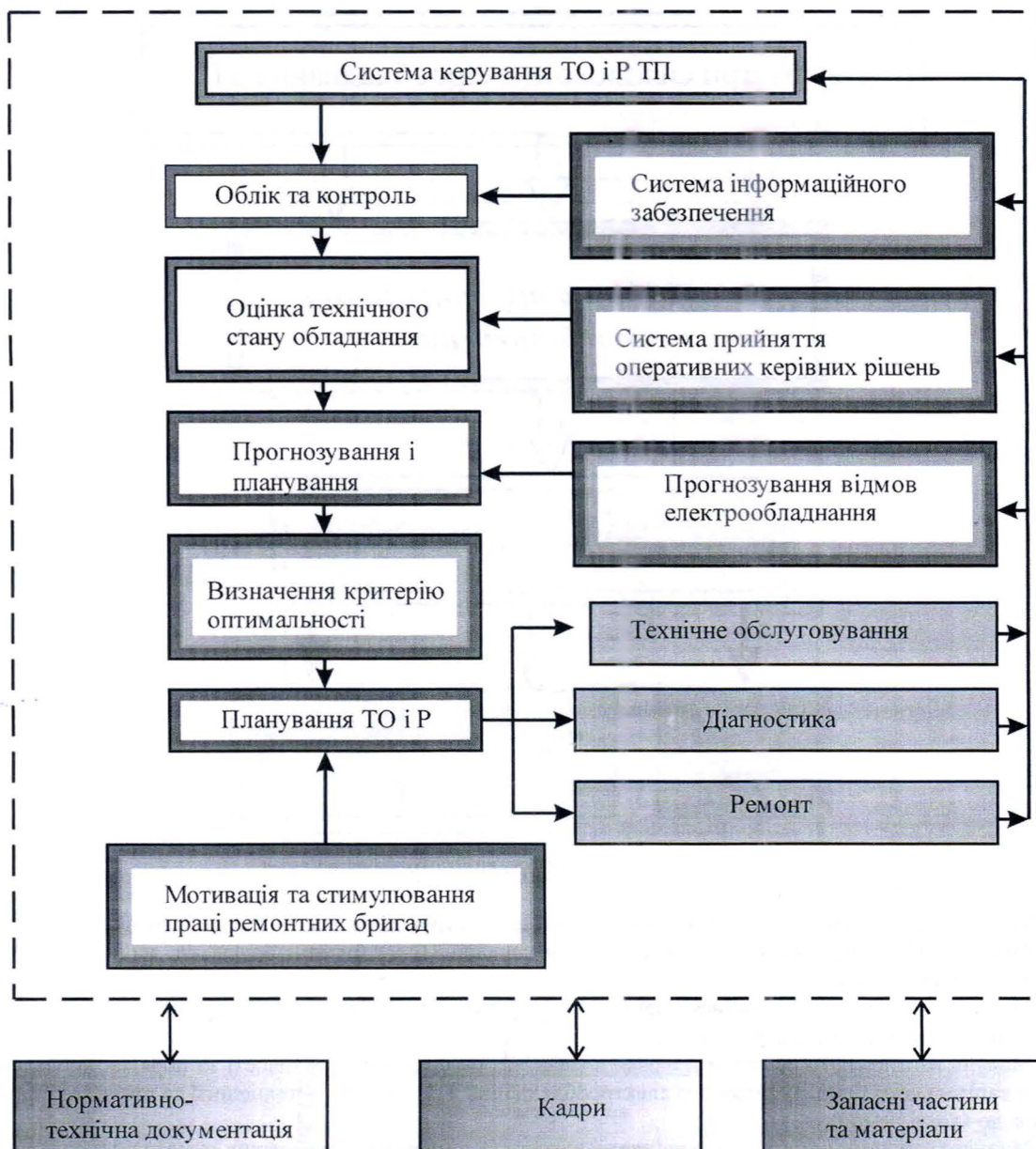


Рисунок 1 – Концептуальна модель удосконалення системи управління ТО і Р обладнання ТП

Облік і контроль реалізуються шляхом формування ефективної системи інформаційного забезпечення організації ТО і Р ТП (рис. 1). Дана система повинна функціонувати шляхом використання баз даних, в яких буде накопичуватися інформація про кожну технологічну одиницю обладнання. Такий підхід дозволить мати повну інформацію про стан обладнання, планувати ТО і Р, скорочувати витрати на ремонт, звітувати тощо.

Подальше вдосконалення інформаційного забезпечення діяльності ремонтних бригад ТП можливе шляхом розробки інтелектуальних модулів: модулі бази даних (БД), модулі капітального ремонту (КР), модулі поточного ремонту (ПР), модуль технічного обслуговування (ТО) (рис. 2).

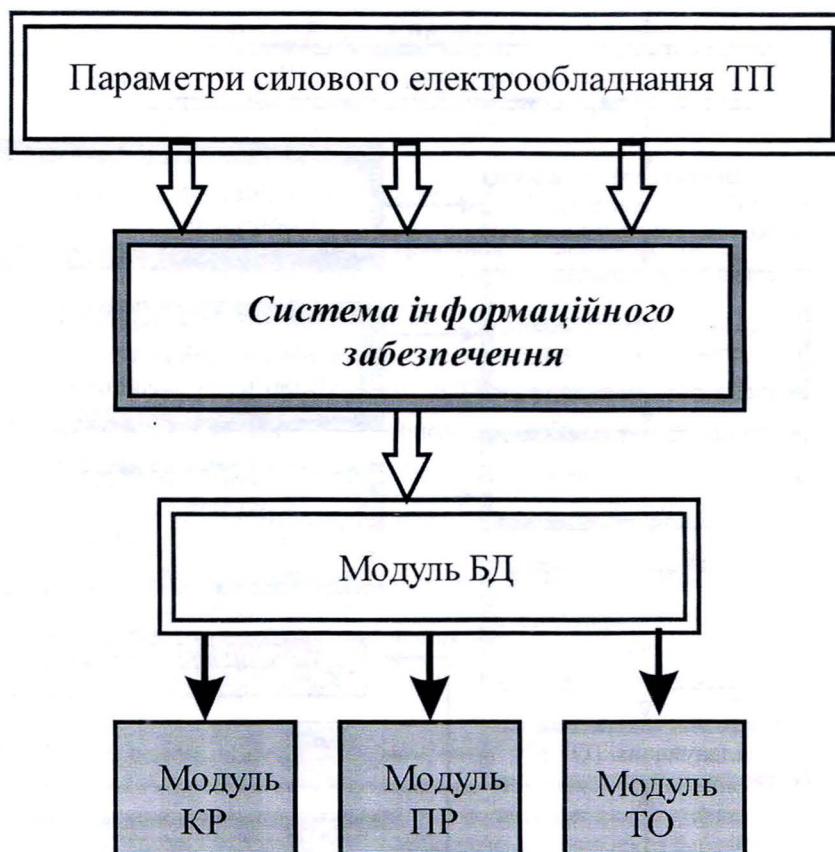


Рисунок 2 – Система інформаційного забезпечення

На вхід інформаційної системи надходять дані параметрів силового електрообладнання ТП, з виходу знімається інформація про необхідні заходи з організації ТО і Р (ремонтні графіки, денні завдання на обслуговування, ремонт, тощо).

Модуль бази даних містить інформацію про структуру бази та можливості доступу до неї за допомогою системи управління базами даних.

Модуль капітального ремонту включає в себе інформацію про особливості та порядок проведення робіт з капітального ремонту силового електрообладнання ТП, вимоги до технології та організації робіт, а також до якості ремонту.

Модулі поточного ремонту та технічного обслуговування мають аналогічну структуру (враховують особливості кожного з видів технічного обслуговування і ремонту) і функціональну спрямованість.

Модульна структура системи інформаційного забезпечення є основою колективного управління потоками інформації та надає керівництву ТП матеріали для прийняття управлінських рішень у вигляді аналітичних звітів. Завдяки використанню такої інформаційної системи керівництво ТП може володіти в будь-який момент повною інформацією про стан устаткування, про необхідних ремонтних роботах і про їх вартість.

Правильна організація оперативно-технічного обліку та звітності сприяє своєчасному і раціональному ремонту устаткування а, відтак, збільшення тривалості його ремонтного циклу і терміну експлуатації на основі оцінки технічного стану обладнання.

Оцінка технічного стану обладнання обумовлює необхідність побудови системи прийняття оперативних управлінських рішень (СПОУР), яка дозволить визначати моменти часу проведення діагностики, технічного обслуговування або ремонтів силового електрообладнання ТП на основі безперервної або дискретної інформації про його технічний стан (ТС) при різних режимах роботи. Для вирішення цієї задачі можна запропонувати модель СПОУР для експлуатації силового електрообладнання ТП (рис. 3).

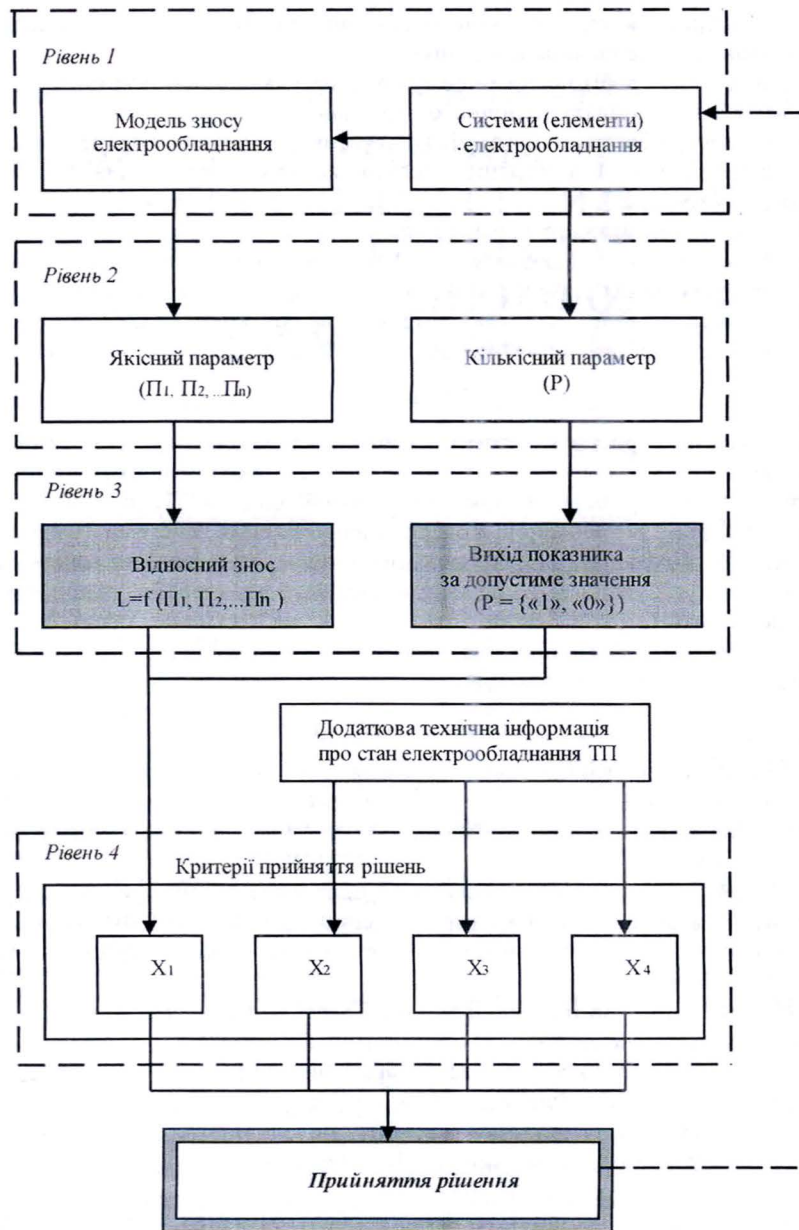


Рисунок 3 – Модель системи прийняття оперативних управлінських рішень

При цьому основними критеріями прийняття рішень можна розглядати: X1 – технічний стан силового електрообладнання ТП; X2 – стійкість системи до зовнішніх впливів (здатність резервування елементів системи); X3 – передана потужність як продукт виробничої діяльності ТП; X4 – час відновлення електрообладнання.

Завершальним етапом формування системи прийняття оперативних управлінських рішень є розробка алгоритму ухвалення рішень який визначає послідовність дій при формуванні стратегії експлуатації силового електрообладнання ТП по фактичному технічному стану [8].

Планування і прогнозування ремонту силового електрообладнання пропонується здійснювати на основі імітаційної моделі організації ремонтних робіт на ТП. Реалізація моделі забезпечує оптимізацію витрат на кількісний склад ремонтних бригад і зменшення втрат від простоїв устаткування.

Мотивація та стимулювання праці персоналу ремонтної служби дистанції електропостачання повинні здійснюватися шляхом формування відповідної системи, у рамках якої, зокрема, передбачається облік міри участі кожного працівника.

Підвищенню відповідальності працівників ремонтної служби за економне використання фінансових коштів, необхідних для її нормального функціонування, сприяє система бюджетування, що передбачає

визначення кошторису витрат (бюджет) служби, необхідних для виконання покладених на неї функцій, контроль і аналіз виконання запланованих показників:

- об'єм ремонтних робіт і робіт по технічному обслуговуванню устаткування;
- витрати на матеріали і зарплату технічного персоналу;
- витрати на склад служби технічного обслуговування і ремонту (зарплата працівників відділу, витрати на відрядження та проведення дослідно-конструкторських робіт і дослідницьких робіт по ремонту і модернізації);
- витрати на виконання монтажних робіт, тощо.

Результати досліджень інших складових моделі удосконалення системи управління ТО і Р обладнання ТП (рис. 1) а це, прогнозування відмов силового електрообладнання ТП, визначення критерію оптимальності ТО і Р, а також практичне застосування запропонованої концептуальної моделі вдосконалення системи ТО і Р ТП дистанцій електропостачання залізниць будуть опубліковані в наступних статтях.

### Висновки

Обґрунтовано доцільність розгляду процесу управління ремонтними роботами на ТП дистанції електропостачання залізниць на основі системного підходу. Запропонована концептуальна модель управління ремонтним обслуговуванням силового електрообладнання ТП дистанції електропостачання залізниць. Основні складові розробленої моделі удосконалення системи управління ремонтним обслуговуванням тягової підстанції дозволяють підвищити ефективність системи організації та управління технічним обслуговуванням та ремонтом силового електрообладнання тягової підстанції. Реалізація моделі дозволить істотно скоротити витрати на технічне обслуговування і ремонти обладнання, знизити тривалість його простоїв і, в підсумку, підвищити надійність та ефективність роботи ТП дистанції електропостачання залізниць.

### Список літератури

1. Землянов В.Б. Интегрированная система управления электроснабжением железнодорожного транспорта / В.Б.Землянов, А.Н.Пшинько, В.Т.Доманский, В.В. Скалзуб // «УЖЕЛ»: Proc. 7th International Scientific Conference of Railway Experts, Yugoslavia, Vrnjaska Banja, October 4-6, 2000. – Vrnjaska Banja, 2000. – S. 65–68.
  2. Дюбановский С.А. Системы автоматического управления с реконфигурацией / С.А. Дюбановский, Н.А. Озерянный // Измерение, контроль, автоматизация. – 1990. – № 4(76). – С. 62–80.
  3. Eds. M.M. Gupta Intelligent Control Systems: Theory and Applications / Eds. M.M. Gupta, N.K. Sinka. – N.Y.: IEEE Press Publ. – 1996.
  4. Athaus M. Optimal control: An Introduction to the Theory and Its Applications / M. Athaus, P. Falb. – New York, San Francisco, Sidney, McGraw-Hill Book Company Publ. – 1966.
  5. Герасимчук В.Г. Стратегическое управление предприятием: графическое моделирование: Учебное пособие. / В. Г. Герасимчук. – М. : Финансы, 2000. – 457 с.
  6. Інструкція з технічного обслуговування і ремонту обладнання тягових підстанцій, пунктів живлення і секціонування електрифікованих залізниць. – К. : Державна адміністрація залізничного транспорту України Укрзалізниця, 2013. – 27 с.
  7. Матусевич О.О. Сучасні підходи з технічного обслуговування і ремонту обладнання тягових підстанцій електрифікованих залізниць на основі SMART технологій / О. О. Матусевич // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2014. – № 4 (52). – С. 75–85.
  8. Матусевич О.О. Удосконалення методології системи технічного обслуговування і ремонту тягових підстанцій: монографія / О. О. Матусевич. – Дніпропетровськ : Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2015. – 295 с.
  9. Крушельницкая А.В. Управление материальными ресурсами / А.В. Крушельницкая. – К. : Кондор, 2007. – 162 с.
- Стаття надійшла: 25.02.2016.

### Відомості про авторів

**Матусевич Олександр Олександрович** – к-т техн. наук, доцент, доцент кафедри електропостачання залізниць.