

УДОСКОНАЛЕННЯ КЕРУВАННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Наведено характерні напрямки розвитку підйомно-транспортних машин та розглянуто питання сучасних концепцій загального управління якістю, що існують на експлуатуючих підприємствах.

На основі широкого аналізу існуючих методів удосконалення керування технічним станом машин у різних галузях сформовано алгоритм та наведено у початковому вигляді математичну модель визначення сумарного впливу якості проведення технічного обслуговування та ремонтних робіт в умовах експлуатуючого підприємства на технічний стан підйомно-транспортних машин.

У результаті проведених досліджень отримано спосіб керування технічним станом парку машин за рахунок оптимізації ремонтного циклу, нормативів міжремонтних напрацювань, регламентного складу планових ремонтних робіт та допусків на технічні параметри складальних одиниць, реалізованих при виконанні цих робіт при заданому рівні експлуатаційної надійності техніки. Подальші етапи досліджень передбачають удосконалення математичної моделі та розробку практичних заходів.

Ключові слова: *якість; технічне обслуговування; ремонт; підйомно-транспортні машини; удосконалення; технічний стан; ефективність; технічна експлуатація.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями. Сьогодні фірми, що працюють в Україні у сфері підйомно-транспортних машин (ПТМ), прагнуть поставити процес якості виконання роботи на європейський рівень. Однак для досягнення такого рівня, природно, потрібна і відповідна техніка та якість виконання робіт з технічного обслуговування (ТО) і ремонту.

Спектр підйомно-транспортного устаткування, що пропонує світовий ринок, дуже широкий – від гідравлічних візків до навантажувачів. Користувач обирає те обладнання, яке йому найбільше підходить. Критеріями вибору можуть бути: режим роботи машини, її вантажопідйомність, висока безпека у забезпеченні вантажно-розвантажувальних робіт тощо. Однак у більшості випадків вирішальними факторами залишаються ціна і якість [1].

Сучасна концепція Загального Управління Якістю (TQM) [2] робить акцент на процесний підхід, відповідно до якого виробничий процес пропонується розглядати у вигляді послідовності взаємопов'язаних процесів [3]. Тому при управлінні якістю продукції необхідно приділяти увагу якості протікання кожного з даних процесів, у тому числі обслуговуючим і допоміжним [4].

Світовий досвід управління якістю сконцентрований у міжнародних стандартах ISO серії 9000. Вони враховують у систему менеджменту якості, крім функцій управління якістю (перевірка продукції, заходи коригуючого впливу та ін.), і елементи управління виробничим процесом, конструкторським і технологічним проектуванням, постачанням, ремонтним виробництвом, а також інші компоненти, що суттєво впливають на якість, незалежно від того, до яких сфер діяльності вони належать. Тому проблему удосконалення технічного стану слід розглядати як частину загального завдання забезпечення надійності всієї виробничої системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У даний час характерні такі напрями розвитку підйомно-транспортних машин, як збільшення рівня автоматизації, підвищення робочих параметрів – навантажень, швидкостей, температур; зменшення габаритних розмірів і маси; посилення вимог до точності функціонування, до ефективності їх роботи (продуктивності, потужності, ККД); об'єднання машин у системи з єдиним управлінням [5]. При цьому, якщо при проектуванні і розрахунку підйомно-транспортних машин закладається їх надійність, при виготовленні вона забезпечується, то при експлуатації – реалізується. Тому паралельно з розвитком технології підйомно-транспортного машинобудування удосконалюється технологія обслуговування і ремонту підйомно-транспортних машин.

Для компенсації зносу і підтримання підйомно-транспортних машин у нормальному, працездатному стані потрібні систематичне технічне обслуговування та виконання ремонтних робіт, а також проведення заходів з технічної діагностики. Ефективність використання машин, рівень їх надійності багато в чому залежать від розвитку технічного сервісу, найважливішим елементом якого є виконання якісного ремонту техніки, підтримання її у працездатному стані протягом усього періоду експлуатації.

Технічний стан конкретної підйомно-транспортної машини є чинником, що визначає ефективність її роботи й парку в цілому. Як і будь-яка машина, ПТМ протягом терміну служби зношується, і

ефективність, що характеризується виробничими й економічними показниками її використання, змінюється.

Враховуючи те, що практично для всіх галузей у світі параметр безвідмовної роботи протягом гарантованого напрацювання є досить актуальним, компанія «Дженерал Моторс» (США) для залізничного рухомого складу створила поняття «інтелектуального поїзда», що реалізує основні принципи керування технічним станом рухомої одиниці. Пізніше дане поняття почали використовувати та розвивати інші компанії [6–10].

Постановка завдання. На основі викладеного вище можна дійти висновку, що удосконалення керування технічним станом підйомно-транспортних машин є шляхом до вдосконалення процесу технічної експлуатації.

Викладення основного матеріалу. Вирішення даного питання можливе лише за рахунок комплексного та об'єктивного підходу. На початковому етапі має бути розроблена математична модель (алгоритм), що за рахунок оптимізації певних параметрів дозволить покращити поточний технічний стан підйомно-транспортної машини.

Система працюватиме наступним чином: інформація про технічний стан машини по радіоканалі передається на центральний сервер, при аварійному повідомленні центральний сервер посилає повідомлення до диспетчера. Повідомлення може бути передане на пейджер, мобільний телефон або електронною поштою. Персонал ремонтного відділу підприємства (сервісного центру) планує ремонтні ресурси й обсяги ремонту для даної техніки. Оперативне вживання заходів щодо відмови дозволяє уникнути непланових витрат. Тому керування технічним станом підйомно-транспортних машин з метою його підтримки на заданому технічному рівні є одним з найважливіших завдань служби експлуатації зазначеного підприємства.

До основних факторів, що безпосередньо впливають на технічний стан підйомно-транспортних машин, при використанні планово-попереджувальної системи ремонту, належать умови й технологія їх використання (експлуатація), а також періодичність, склад, якість профілактичних і відновлювальних робіт під час ремонтів та технічних обслуговувань (рис. 1).

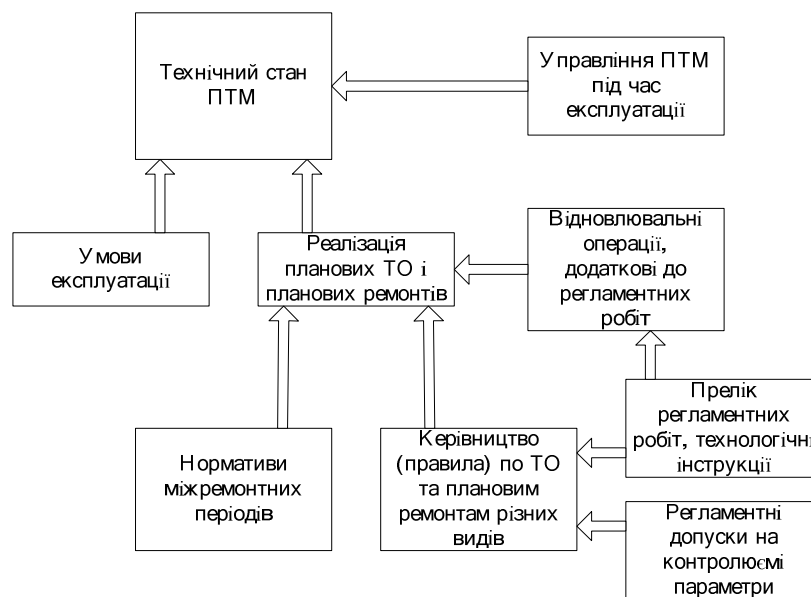


Рис. 1. Структура основних факторів, що визначають технічний стан ПТМ

Загальне поняття будь-якої технічної машини передбачає виконання певної роботи в умовах, що відповідають вимогам на її проектування й виготовлення, на технологію її експлуатації. Тому до керованих факторів за необхідності поліпшення технічного стану і скорочення витрат на утримання ПТМ насамперед варто зарахувати нормовані параметри системи планового поточного ремонту (ППР), що мають адаптуватися до експлуатаційної моделі роботи машин.

На рисунку 2 наведена узагальнена схема сумарного впливу ряду характеристик ППР і ремонтних підрозділів підприємств на технічний стан ПТМ. У цей час заводами-виробниками визначені види ТО й ремонту, середні нормативи їхнього наробітку, а також відповідні їм регламентовані переліки робіт. Їхній реальний склад формується з операцій, що виконуються незалежно від стану складальних одиниць (складових частин машини), і так званих додаткових робіт, необхідність яких визначається за

результатами контролю фактичного стану будь-яких деталей, вузлів, агрегатів й апаратів. Вірогідність контролю, кількість елементів устаткування, що перевіряють, і розширююча здатність використовуваних при цьому засобів «вхідного» контролю значною мірою визначають імовірність виявлення дефектів, розвиток яких призводить до відмови в експлуатації. Таким чином, удосконалювання системи контролю й діагностування устаткування ПТМ, що пов'язані з ТО й поточним ремонтом, є одним зі способів керування технічним станом машини.



Рис. 2. Схема взаємозв'язку видів забезпечення ТО й ремонту ПТМ

Ремонтні підрозділи підприємств, де експлуатуються ПТМ, здебільшого певною мірою оснащені різними діагностичними пристроями, однак вірогідність діагнозів, кількість контрольованих ними вузлів машини й надійність цих засобів на сьогодні є недостатньою.

На якість відновлення працездатного стану машин впливає ступінь оснащення ремонтного підприємства технологічним устаткуванням, матеріалами, запасними частинами й трудовими ресурсами. Планування цих видів забезпечення ремонтного виробництва ґрунтується на відповідних нормативах трудовитрат і витрат запасних частин. При цьому їхню адаптацію до змінних умов експлуатації машин та динаміку показників експлуатаційної надійності, безумовно варто зарахувати до заходів з керування технічним станом ПТМ.

Основними характеристиками системи ППР, що визначають її дієвість, є: нормативні переліки робіт, що підлягають обов'язковому виконанню під час ТО й ремонтів кожного виду; нормативи пробігу (наробітку) до ТО й ремонту; регламентовані величини допусків на технічні параметри, з якими машина має надходити в експлуатацію після її «відновлення».

Завдання оптимізації зазначених параметрів ППР припускають використання досить складного математичного апарата. Модель рішення цього завдання формується з урахуванням певних положень. Наприклад, який критерій оптимізації приймається для досягнення мінімальної величини питомих (що припадає на одиницю наробітку) витрат на технічне утримання ПТМ. До витрат належать витрати на ТО, планові й непланові ремонти, а також втрати від простою машини в цеху (при виконанні ТО й ремонтів) і від відмов у процесі експлуатації. Граничними умовами рішення звичайно є встановлення максимально допустимого значення показників пошкоджуваності машини й тривалості її вибуття з експлуатації для виконання ТО й ремонтів.

У загальному випадку використовується така цільова функція:

$$q(L) = \frac{1}{L} \left\{ C_i \int_0^L \omega(l) dl + C_r \right\} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де q – сумарні питомі витрати; C_r – середня величина витрат, викликана відмовою об'єкта в міжремонтний

період; C_n – середня вартість планових ремонтів об'єкта; ω – параметр потоку відмов; l – поточне значення наробітку об'єкта; L – змінний наробіток об'єкта до планового ремонту.

Як об'єкт окремо розглядаються основні різного типу складальні одиниці ПТМ для встановлення оптимальної величини L – локального оптимуму, що відповідає мінімальному значенню q . Надалі за q_i , \min , де i – тип складальної одиниці, ведеться визначення «глобального» оптимуму, тобто для всієї сукупності встаткування ПТМ. Вираз (1) можна представити у вигляді:

$$G_{\min} = \frac{C_i \int_0^L f(l) dl + C_r \int_L^{\infty} f(l) dl}{\int_0^L f(l) dl + L \int_L^{\infty} f(l) dl}, \quad (2)$$

де $f(l)$ – щільність розподілу наробітку об'єкта до відмови.

Алгоритми (1) і (2) орієнтовані на об'єкти, ресурс яких обмежений раптовими відмовами; при цьому об'єкти, що не відмовили в період напрацювання (пробігу) від 0 до L , підлягають плановому ремонту в заданому обсязі. Крім того, передбачається, що при відновленні відмови й при плановому ремонті об'єкта досягається той самий ступінь відновлення його ресурсу.

На практиці більша частина складальних одиниць піддається не лише раптовим, але й поступовим відмовам, що виникають внаслідок послідовного наростання величини зношування, зниження опору, пружності елементів, втомній міцності тощо.

Модель поступових відмов має характерні риси. На рисунку 3 наведена її графічна інтерпретація: безліч однотипних i -елементів зношуються з постійною інтенсивністю l_i до досягнення граничної величини зношування U_n . Якщо ці елементи не відновлювати до досягнення наробітку l_3 , то всі вони вийдуть з ладу, тобто їхнє зношування досягне або перевищить величину U_n .

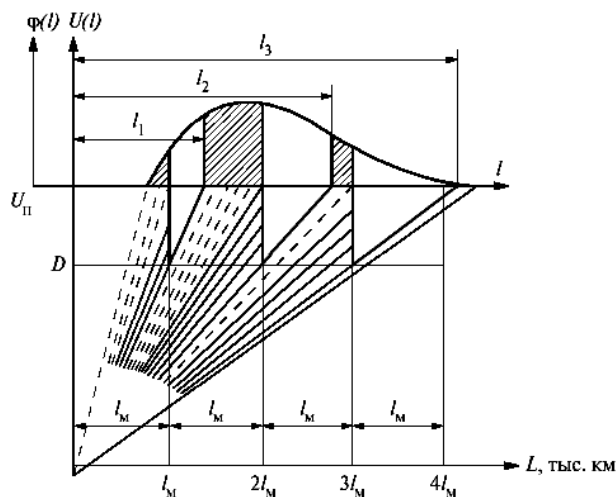


Рис. 3. Модель поступових відмов

У координатах l на рисунку 3 показаний розподіл частоти поступових відмов розглянутої безлічі елементів. Якщо з періодичністю l_M всі i -елементи піддавати контролю, а ті з них, величина зношування яких перевищила задану величину D , замінити на елементи з контрольованою величиною, що дорівнює D (допуск), то кількість поступових відмов скоротиться. На рисунку 3 частка заштрихованих площ від загальної площі, обкресленої кривою розподілу $\phi(l)$, характеризує ступінь скорочення кількості, що досягає при цьому, таких відмов.

Очевидно, що зі зменшенням l_M до певної величини всім поступовим відмовам можна запобігти, але при цьому істотно зростуть витрати на часте виконання планових замін елементів зі зношуванням, що перевищує D . Частота планових замін може бути скорочена при збільшенні величини $U_n - D$, тобто при призначенні більш твердого допуску. Таким чином, дана модель ілюструє можливість використання параметра D , призначуваного при ремонті, тобто величини допуску як одного з факторів керування кількістю поступових відмов.

Цільову функцію оптимізації величин наробітку до ремонту L_M і встановлений допуск D можна представити у вигляді:

$$G = \min \{ [A Q(D_0, L_i) + (1 - Q(D_0, L_i)) + B + N_i(D_0, L_i) + S(D_0, L_i)] / T(D_0, L_i) \}, \quad (3)$$

де A , B – середні значення дискретних витрат відповідно на відновлення необхідного значення контрольованого параметра й на заміну елемента та його перевірку (при застосуванні засобів діагностування), представлені в частках від витрат на усунення наслідків поступових відмов; D_0 – відхилення допустимого значення контрольованого параметра від його граничного значення; $Q(D_0, L_M)$ –

імовірність відмови, тобто досягнення U_n за термін служби об'єкта як функція величин, що задають D_0 , і варіантних значень наробітку до планового ремонту (L_M); $N_n(D_0, L_M)$ – кількість перевірок контрольованого параметра за термін служби елемента як функція змінних величин D_0 й L_M ; $T_0(D_0, L_M)$ – середнє значення величини використовуваного ресурсу при різних варіантах значень D_0 й L_M .

Модель, що представлена на рисунку 3, досить умовна. Так у загальному випадку залежність збільшення зношування від наробітку нелінійна, значення U_n , за якого настає відмова елементів, неоднакова для кожного з них. Замість допуску D при ремонті часто застосовується «поле допуску» (від D_{\min} до D_{\max}), деякі з елементів після відмови не відновлюються, а підлягають списанню, вартість усунення поступової відмови також на практиці не є постійною величиною.

З урахуванням викладених обставин необхідно сформувані більш універсальний алгоритм цільової функції для визначення оптимальних значень нормативного наробітку до планового ремонту складальної одиниці, що піддається поступовій і раптовій відмовам в експлуатації.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розглянуті моделі й алгоритми дозволяють удосконалити спосіб керування технічним станом парку ПТМ за рахунок оптимізації ремонтного циклу, нормативів міжремонтних пробігів, регламентного складу планових ремонтних робіт і допусків на технічні параметри складальних одиниць, реалізованих при виконанні цих робіт при заданому рівні експлуатаційної надійності рухомого складу.

Подальші дослідження передбачають створення алгоритму (математичної моделі), яка буде адаптована до ремонтного циклу, що складається з трьох видів ремонту: поточного, планового і капітального. Алгоритм має бути реалізований спочатку до кожної зі складових частин складальної одиниці окремо, а далі вже за знайденими локальними оптимумами має визначитися глобальний оптимум величин допусків і пробігу (напрацювання) до планових ремонтів для складальної одиниці в цілому. Також планується, що в окремому випадку даний алгоритм має бути актуальним для визначення оптимальних величин допуску на параметри окремих елементів при заданих нормативах напрацювання ПТМ між плановими технічними діями.

Список використаної літератури:

1. Анализ рынка подъемно-транспортного оборудования [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.znaytovar.ru/new2896.html>. — Назва з екрану.
2. Всеобщее управление качеством : учебник / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров и др. ; под ред. О.П. Глудкина. — М. : Радио и связь, 1999. — 600 с.
3. Корольков В.Ф. Процессы управления организацией / В.Ф. Корольков, В.В. Брагин. — Ярославль : Ред.-изд. центр Яртелекома, 2001. — 416 с.
4. Анцев В.Ю. Совершенствование процесса технической эксплуатации подъемно-транспортных машин / В.Ю. Анцев, Е.Ю. Игнатенко, Т.А. Панферова // Известия Тульского гос. ун-та. — Тула, 2009. — № 9. — С. 187–192.
5. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины : учебник / М.П. Александров. — М. : Высшая школа, 1985. — 520 с.
6. Ададуров С.Е. Интеллектуальный поезд — гарантия повышения надежности движения поездов / С.Е. Ададуров // Наука и транспорт. — 2009. — Спец. вып. — С. 30–32.
7. Интеллектуальный железнодорожный транспорт [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2010-05a13>. — Назва з екрану.
8. Системы «интеллектуального» поезда [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.optima.ru/services/24/982/>. — Назва з екрану.
9. Бахтурин Ю.А. Современное состояние карьерного транспорта / Ю.А. Бахтурин // Горная техника. — ИГД УрО РАН, 2005. — С. 205–209.
10. Энциклопедия по машиностроению XXL // Надежность ПТМ в эксплуатации [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://mash-xxl.info/info/567735>. — Назва з екрану.

ПОЧУЖЕВСЬКИЙ Олег Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Підйомно-транспортні машини» ДВНЗ «Криворізький національний університет».

Наукові інтереси:

– виявлення методів та способів підвищення ефективності експлуатації підйомно-транспортних машин.

Тел.: (098)28–69–188.

E-mail: aax-forever@ya.ru.

Стаття надійшла до редакції 09.06.2015