

Міністерство освіти України
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

БОНДАРЕНКО
Анатолій Григорович

Розробка та обґрунтування
методики розрахунку
запасних частин цистерн
промислових підприємств

(05. 22. 12—Промисловий транспорт)

АВТОРЕФЕРАТ
дісертації на здобуття
наукового ступеня
кандидата технічних наук

Луганськ—1994

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00778955 (+)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

БОНДАРЕНКО

Анатолій Григорович

РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ
ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ЦИСТЕРН ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

/ 05.22.12 - Промисловий транспорт /

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Луганськ - 1994

Робота виконана на кафедрі "Промисловий транспорт" Приазовського державного технічного університету.

Експериментальні дослідження проводились на концерні "Азов-маш" та на підприємствах хімічної промисловості.

- | | |
|----------------------|--|
| Науковий керівник | - доктор технічних наук,
професор В.К.Губенко. |
| Консультант | - кандидат технічних наук,
доцент А.П.Никодимов. |
| Офіційні опоненти | - доктор технічних наук,
професор Бубнов В.М.,
кандидат технічних наук,
доцент Закорецький В.А. |
| Провідна організація | - Державне спеціальне конструкторське технологічне бюро транспорту металургії. |

Автореферат розісланий "28" 01 1994р.

Захист дисертації відбудеться "12" 03 1994р.
о 14 годині 00 хвилин на засіданні спеціалізованої Вченої Ради Д018.02.02 Східноукраїнського державного університету.

Адреса університету - 348034, Луганськ, кв.Молодіжний 20А.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці університету за 10 днів до захисту.

Вчений секретар Ради

ЛНБ ім. В.Свердловського
канд. техн.чн.наук
АН України.

Г.І.Нечасв

АНОТАЦІЯ

В дисертаційній роботі на основі аналізу експлуатації парку різноманітних моделей цистерн, які належать промисловим підприємствам, розроблена методика розрахунку запасних частин. За об'єкт дослідження обрані елементи конструкції, які виділяють спеціалізовані цистерни від рухомого складу загального призначення, а саме - пристрої зливу-наливу, розігріву, контрольне-діагностичне обладнання.

Теоретичні та експериментальні дослідження спрямовані на поширення інформаційної бази про відмови вузлів шляхом проведення прискорених стендових випробовувань. Запропонований шлях дозволив обгрунтовано відкоректувати раніше запроваджені норми витрат комплектів запасних частин і приладів /ЗІП/ до цистерн перевезення різноманітних типів вантажів. Для врахування особливостей роботи рухомого складу в умовах промпідприємств розрахунок потреб в запасних частинах здійснюється відповідно до інтенсивності використання цистерн та характеристик технологічного процесу перевезень.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність наукового дослідження.

Необхідність перевезень вантажів широкої номенклатури в умовах змінного виробництва призвела до появи десятків типів цистерн. З метою підвищення рівня безпеки при експлуатації, вирішення питань механізації та автоматизації технологічних та складських операцій, забезпечення збереження та діагностики фізико-хімічних характеристик вантажів, цистерни оснащені пристроями,

які є основними відмітними елементами конструкції від цистерн загального призначення. Проте вихід з ладу таких пристроїв значно знижує /на 10 - 20%/ показники надійності спеццистерн.

Одним з факторів, що стримують ефективне використання рухомого складу, є відсутність надійних методів розрахунку ЗІП, через що й виникає незабезпеченість їх комплектами. Це призводить до простою рухомого складу у очікуванні ремонту, не раціонального використання матеріальних та трудових ресурсів, а також спричиняє до вживання транспортних засобів в несправному стані.

У своєчасному забезпеченні запасними частинами зацікавлені, як завод-виробник - концерн "Азовмаш", так і підприємства-експлуатаційники. Інтерес з боку експлуатаційників виріс внаслідок різкого падіння виробництва нових цистерн, старіння парку, тому що масовий випуск основних моделей спеццистерн був розпочатий у 60-70 роки і до теперішнього часу парк їх значно постарів. Інтерес з боку виготовлювача до підвищення надійності цистерн виріс внаслідок появи конкурентів з боку підприємств Росії, що почали виготовлення цистерн. Ці інтереси промисловості і транспорту роблять проблему досліджень та розробок по забезпеченню запчастинами спеццистерн дуже своєчасною.

Для визначення глибини та широти досліджень зроблено огляд раніше виконаних теоретичних та практичних розробок формування ЗІП у різних галузях промисловості, досліджень аналізу надійності цистерн. Дослідження, виконані останнім часом в ПДТУ, МІТІ, ПІІТі, ДІІТі, ХІІТі, ПНБ ЦВ МПС, УкрНДІВ забезпечення запасними частинами залізничного рухомого складу, аналіз експлуатації та обслуговування вагонів промпідприємств виявили, що найбільші труднощі пов'язані зі складними конструкційними вузлами, виконую-

наявність досить репрезентивної інформаційної бази про заміни елементів, що в свою чергу потребує проведення довготривалих експериментальних досліджень.

В запропонованій роботі при дослідженні проблеми забезпечення потреб у запасних частинах використовується новий підхід, який відрізняється від вже існуючих принципами і методами, що реалізуються на теорії прискорених випробовувань, доповненій функціями та критеріями, враховуючи вплив на відмови цистерн реальних умов експлуатації.

Наукова новизна.

До найбільш суттєвих нових наукових положень і результатів, що пропонуються до захисту, належать:

1. Методика визначення потреб в запасних частинах парків цистерн, яка базується на інформаційних даних результатів прискорених стендових випробовувань, які виконуються в умовах максимального приближення до умов експлуатації цистерн в транспортно-технологічних системах доставки вантажів.
2. Класифікація деталей та вузлів відповідно до факторів, що викликають відмову та заміну при експлуатації.
3. Модель описування процесу виходу з ладу елементів цистерн з врахуванням фізично-інформаційних характеристик відмов. До складу моделі входять: виявлення критичних параметрів, встановлення процесів, що спричиняють втрати працездатності, визначення критеріїв подібності.
4. Математична модель прогнозування замін деталей вузлів цистерн, яка дозволяє враховувати одночасно вплив поступових та раптових відмов, а також характеристики процесу відновлення.
5. Експериментальна оцінка закономірностей зміни витрат запасних

виробників рухомого складу робить проблему актуальною.

Мета та задачі дисертації.

Метою дисертації є розробка методики розрахунку витрат запасних частин спеціалізованих цистерн на основі вивчення транспортно-експлуатаційних процесів, шляхом розширення інформаційної бази даних про відмови, встановлення критеріїв подібності прискорених випробовувань до умов експлуатації, визначення факторів, що обумовлюють заміну вузлів та деталей, а також врахування особливостей роботи цистерн, які належать промпідприємствам.

Виходячи з цього визначені наступні задачі дослідження:

- встановлення експлуатаційних факторів, що враховують відмови деталей та вузлів, які потребують заміни;
- вибір за об'єкт стендових випробовувань конструкційно складних вузлів, які входять до складу обладнання котла і обмежують працездатність парків цистерн;
- розширення інформаційної бази даних про відмови для розрахунку комплектів ЗІП шляхом проведення прискорених випробовувань;
- розробка моделі виходу з ладу вузлів та деталей для приведення в відповідність результатів стендових випробовувань і умов експлуатації;
- розробка математичної моделі прогнозування заміни деталей складних вузлів;
- розробка методики розрахунку запчастин з врахуванням особливостей роботи рухомого складу у промтранспортних системах;
- розробка рекомендацій для промислового використання.

Загальна методика дослідження.

Сучасний стан методів прогнозування витрат запасних частин базується перед усім на теорії керування запасами, яка передбачає

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури /129 джерел/ і чотирьох додатків. Дисертація містить 178 сторінок машинописного тексту, 29 таблиць і 28 малюнків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі дана характеристика сучасного стану проблеми забезпечення потреб у запасних частинах заводських парків цистерн, сформульована мета і методологічні основи проведення досліджень.

Вітчизняна практика експлуатації спеццистерн охоплює велику кількість підприємств. У їх парках нараховуються десятки різноманітних типів цистерн, що мають номенклатуру запчастин сотень найменувань.

Стан експлуатації промислових парків цистерн має недоліки. Простої цистерн в очікуванні вантажних операцій перевищують нормативні в 1,5...2 рази, фактичний час обігу перевищує розрахунковий в 1,3...3 рази, великі витрати на поновлення готовності та ліквідацію наслідків аварій цистерн, які особливо небезпечні при перевезенні стиснених газів, отруйних та вогнебезпечних вантажів. Одною з основних причин цих недоліків є незадовільне забезпечення запчастинами.

В результаті аналізу планів постачань запчастинами встановлено, що номенклатура деталей у замовленнях підприємств в кілька разів перевищує дані за нормами витрат запчастин для цистерн загального призначення і за комплектами ЗІП для спеццистерн. Окрім

цього номенклатура деталей у замовленнях щорічно повторюється, поруч з цим існує тенденція до збільшення кількості замовлень і розширення їх номенклатури. Для одиничних замовлень підприємств характерно прагнення до забезпечення запчастинами на тривалий час. Це дозволяє стверджувати, що потрібна розробка наукового обґрунтування норм витрат і номенклатури ЗІПів для спеццистерн.

Для промислового транспорту, зважаючи на малу кількість парку цистерн на підприємстві та різноманітні умови експлуатації, відсутні статистичні дані про відмови вузлів. В зв'язку з цим основні напрями досліджень зосереджені на аналізі експлуатації цистерн, створенні належної інформаційної бази для планування потреб в запчастинах, побудові моделі, найбільш наближеної до системи експлуатації заводських парків цистерн.

Дослідження ґрунтується на аналізі існуючих методів прогнозування потреб в запчастинах, розрахункових залежностей, які використовують середні значення ресурсів деталей, функції процесів відновлення, характеристики потоків відмов, імовірнісні критерії, економіко-математичні критерії, дані про фактичні витрати запчастин за попередні періоди, дані про зміни прогнозуємих параметрів технічного стану - інтенсивності зношування.

У дисертації використані математичні методи теорії надійності, розроблені Гнеденко Б.В., Шором Я.Б., Барлоу Р. Науковий підхід автора формувався під впливом робіт забезпечення запасними частинами в галузі автотранспорту - це роботи Шейніна А.М., Щетіной В.А., Лукинського В.С., Сергеева В.І.; в галузі радіоелектроніки - це роботи Ушакова І.А., Кульбак Л.І., Шура-Бура А.Е.; особливо варто підкреслити науково-дослідницькі роботи, спрямовані на формування комплектів ЗІП спеццистерн, виконані під керівництвом Губенко В.К.,

Бубнова В.М., Моксякова А.П.

Відсутність даних про витрати запчастин для промислового транспорту, а також вітчизняний та закордонний досвід в подоланні цього недоліку, призводить до необхідності застосування розрахункових методів, заснованих на проведенні прискорених випробувань.

Постановка задачі досліджень сформульована наступним чином
Парк цистерн характеризується таким потоком відмов W , що для численних умов експлуатації $\{A\}$, інтенсивності відмов W_e значно відрізняються одна від іншої, а термін служби деталей $T_{стр.сл.}$ менший тривалості експлуатації цистерн T_e .

Інтенсивності відмов при експлуатації обумовлені множиною факторів $\{B\}$, а імовірності відмов при випробуваннях та при експлуатації однакові. Отже інтенсивності відмов при експлуатації функціонально залежать від відмов при випробуваннях $\{w_B\}$. Таким чином для всіх можливих умов експлуатації середній розмір випадкових пошкоджень $\bar{\xi}$ залежить від режимів навантажень q_e, q_B і тривалостей спостережень t_e, t_B при експлуатації та випробуваннях. Встановлення залежності між t_e та t_B складає версію V_N про знаходження необхідної кількості запчастин шляхом проведення випробувань.

Необхідно знайти таку норму витрат запчастин $N_{3ч}$ для всіх випадків експлуатації, що належить версії V_N , яка підвищує коефіцієнт готовності K_r парку цистерн.

Таким чином задача розрахунку запасних частин спеціалізованих цистерн може бути зображена в такому вигляді:

$$\begin{aligned}
 & W \Leftrightarrow (\exists \{A\} \quad \text{при } \omega_{A_1} \gg \ll \omega_{A_2} \gg \dots \ll \omega_{A_i}; \\
 & \quad T_e > T_{\text{стр. сл.}} \\
 & ((\omega_{A_1}, \omega_{A_2} \dots \omega_{A_i}) = f \{B\} \wedge P(\omega_e) = P(\omega_b)) \Rightarrow \\
 & (\omega_{A_1}, \omega_{A_2} \dots \omega_{A_i}) = f \{ \omega_b \} \vee \forall \{A\} \\
 & \bar{\xi} = \xi(q_b, t_b; q_e, t_e) \rightarrow V_N \\
 & \text{Знайти } N_{34} \vee \{A\} \in V_N \quad \text{при } K_T \rightarrow \max
 \end{aligned}$$

У другому розділі викомані теоретичні дослідження, метою яких є формування інформаційної бази, необхідної для розрахунків потреб запасних частин. Методи розрахунку ґрунтуються на знаходженні функції відновлення відмов вузлів та деталей спеццистерн. Для отримання цієї функції запропоновано проводити стендові прискорені випробовування, які моделюють реальну роботу вузлів. При групуванні запасних частин в залежності від їх витрат відносно вартості, з'ясована доцільність випробовувань на конструктивно складних вузлах – арматурі, пристроях завантаження-розвантаження, діагностики, що дозволяє при зменшенні витрат на випробовування, отримати високий рівень вірогідності рішень.

Одним з вузлів, що найбільш часто виходить з ладу, але при цьому потребує високих показників працездатності, є запобіжний клапан. Складність цього вузла обумовлена необхідністю точного його функціонування з сталими параметрами в умовах контактування з агресивними середовищами при ударних, циклічних та вібраційних навантаженнях.

За показник, який характеризує працездатність цистерн, обрано зміну кількості завантажених цистерн, на яку в ситуації, що досліджує парк цистерн для перевезення аміаку, припадає біля 90%

загальної варіабельності потоку відмов.

З врахуванням умов експлуатації і фізичної суті процесу, що спричиняє втрату працездатності вузлів, розроблена структурна схема моделі відмов елементів спецшестерн, яка складається з таких етапів:

- аналіз відмов обладнання і встановлення проміжків часу, на протязі яких несправності найбільш імовірні;
- аналіз функцій, що виконуються вузлами спецшестерн за період досліджень і визначення класу явищ, які описують їх роботу;
- визначення критеріїв подібності та вивчення впливу режимів навантажень в експлуатації і при випробовуваннях на довговічність елементів спецшестерн.

На основі теорії відновлення побудована модель прогнозування заміни деталей вузлів при умові, що визначальними є відмови, викликані впливом умов експлуатації, а саме, поступовими змінами робочих характеристик. Ці відмови характеризуються розподілом нормального типу і тільки незначна їх частина для раптових відмов має експоненціальний розподіл / Рис.1 /. При цьому функція відновлення $\Omega(t)$ зображена у вигляді:

$$\Omega(t) = \sum_{i=1}^n P_i(t) = \int_0^t f_1'(T_1) \cdot \int_0^{T_1} f_0(t) \cdot dt \cdot dT_1 +$$

$$+ \sum_{i=2}^n \left[\int_0^t f_1'(T_1) \cdot \int_{T_1}^{\infty} f_0(t) dt \dots \int_{T_{j-1}}^{T_j} f_j'(T_j - T_{j-1}) \times \right.$$

$$\left. \times \int_{T_j}^{\infty} f_0(t) dt \dots \int_{T_{j-1}}^{T_i} f_i'(T_i - T_{i-1}) \cdot \int_{T_i}^{\infty} f_0(t) dt \cdot dT_i \dots \right.$$

$$\left. \dots dT_j \dots dT_1 \right] / 1 /$$

де: $f_1'(T_1), f_2'(T_2 - T_1), \dots, f_n'(T_n - T_{n-1})$ - щільність

Характеристика потоку відмов з врахуванням ремонту

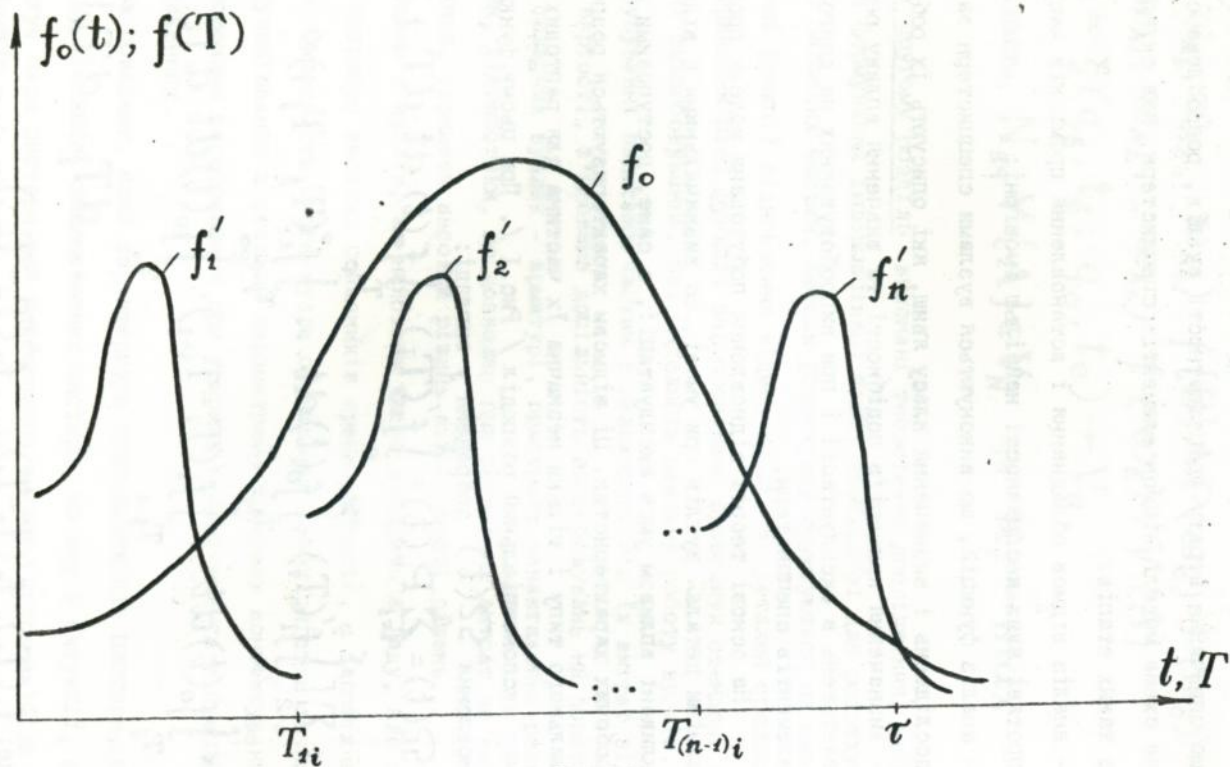


Рис. I

розподілу ресурсів елементів до першого, другого, ...,

n - го використання при умові, що перші починають функціонувати з початку експлуатації, інші елементи - в момент $T_{1i}, \dots, n - i$ - в момент $T_{(n-i)i}$;

$f_0(t)$ - щільність числа відновлень за термін служби виробів t .

У третьому розділі при розв'язку поставленої задачі аналізується можливість проведення прискорених випробовувань на стендах, вибирається і обґрунтовується критерій подібності експлуатаційних навантажень, розраховується час проведення прискорених випробовувань, а також коефіцієнт зведення.

За критерій прийняті параметричні відмови, що виникають в результаті трансформації початкової шорсткості на ушільнювальних поверхностях затвору арматури при значних циклічних контактних навантаженнях. При аналізі спектру реалізації випадкових процесів навантажень за вантажний режим при випробовуваннях обрані максимальні навантаження, що діють під час процесу зливу-наливу.

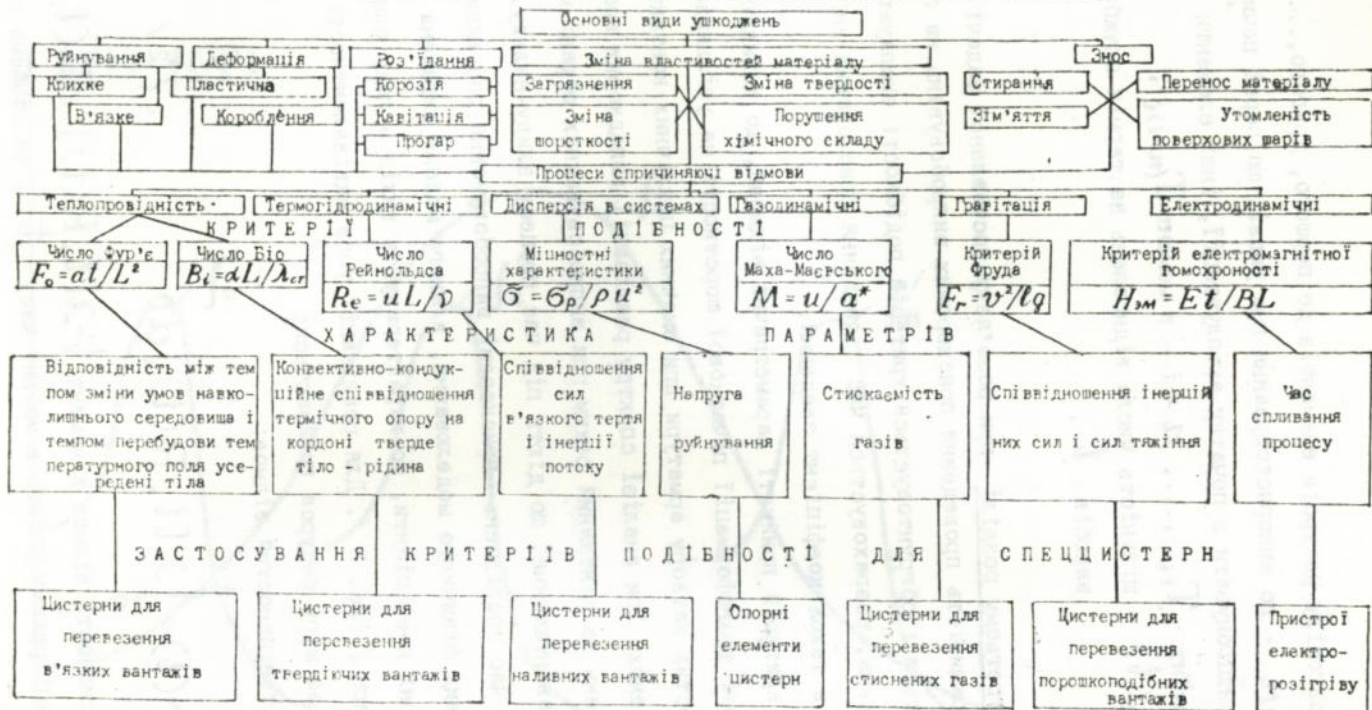
Під час досліджень прискорені випробовування розглядалися як різновид фізичного моделювання, в якого модель виражена через безрозмірні коефіцієнти, що характеризують вихід з ладу елементів цистерн / Рис. 2 /. Для реалізації умов еквівалентності випробовувань за міру ресурса приймаються:

- сума інтенсивностей відмов:

$$r(t) = \int_0^t \lambda [t, R(t)] dt \quad , / 2 /$$

при інтенсивності відмов в момент $t - \lambda [t, R(t)]$ і $R(t)$ - характеристики режиму роботи в момент часу t , визначаємо як час

Структурна схема встановлення критеріїв подібності для спеціалізованих цистерн



Мал.2

Умовні позначення: α - коефіцієнт дифузії тепла, L - довжина шляху змішування, $\lambda_{ст}$ - інтенсивність процесу розповсюдження тепла у твердому тілі, a - інтенсивність процесу теплообміну між рідиною та тілом, u - швидкість струму, l - довжина, ν - кинематична в'язкість, σ_p - напруга руйнування, ρu^2 - динамічний натиск, ρ - густина, a^* - швидкість звуку в газі, v, l - швидкість та довжина тіла, E - напруженість електричного поля, B - магнітна індукція.

Для врахування умов експлуатації пропонується використовувати поправочні коефіцієнти, що відображають зміну інтенсивності використання цистерн.

З метою вдосконалення системи керування запасами промпідприємств, побудована схема формування запасів запчастин, в якій підкреслена взаємозалежність функціонування транспортних служб і основного виробництва.

Фізичне моделювання відмов дозволяє поряд з визначенням змісту ЗІПу зробити рекомендації для підвищення надійності окремих вузлів цистерн. Зокрема для зниження потреб ЗІПу арматури рекомендується відновлення клапанів і вентелів іоно-плазменним напорошуванням у вакуумі досить міцного шару дісульфіду молібдену, що вирівнює шорсткість мікрорельєфу основи. Це дозволяє мати ущільнені поверхності з необхідними характеристиками мікрогеометрії.

Для розв'язку поставлених у роботі задач запропонована структурна блок-схема у вигляді агрегатних модулів аналізу відмов при експлуатації, обробці результатів випробовувань, коректуванню норм витрат і формуванню запасів запасних частин. Алгоритм вирішення цієї задачі та програми розрахунків розроблені для ЕОМ типу **ЗВМ**.

Запропонована методика прогнозування витрат запчастин запроваджена на підприємстві-власнику цистерн - Черкаському ВО "Азот" і заводі-виробнику - концерні "Азовмаш". Зокрема для умов ВО "Азот" уточнені норми витрат запчастин цистерн для штоку запобіжного клапану - 0,094 од/рік, для штанги нижнього зливного пристрою - 0,135 од/рік, для прокладки ляди локу - 0,052 од/рік.

Економічна ефективність від запровадження методики прогнозування потреб запасних частин для спеціалізованих цистерн дося-

гається за рахунок скорочення термінів і зниження вартості досліджень, спрямованих на збір статистичного матеріалу, а також за рахунок скорочення збитків внаслідок дефіциту запасних частин. При використанні розробленої в дисертації методики економічний ефект досягнений за рахунок уточнення номенклатури ЗІП, складає 16% від вартості ЗІП цистерн для перевезення аміаку.

Запропонована методика розрахунку запасних частин, в загальному випадку може бути застосована для вузлів що обмежують надійність різноманітних типів рухомого складу промислового транспорту.

О С Н О В Н І В И С Н О В К И І П Р О П О З И Ц І Ї

Проведені дослідження дали наступні основні результати:

1. Проаналізовані вимоги, що ставляться до комплектів запасних частин для цистерн, які належать промпідприємствам. Деталі та вузли, що замінюються під час експлуатації, класифіковані з врахуванням впливу на них фактичних експлуатаційних навантажень, тривалості навантажень, умов виробництва та навколишнього середовища. На виробничих об'єднаннях "Азот" міст Невинномиська, Северодонецька, Черкас виявлені вузли, що обмежують працездатність цистерн. Як приклад таких вузлів для експериментальних стендових випробовуваннях обрано найбільш складний та найменш надійний вузел - запобіжний клапан.
2. Аналіз відомих методів розрахунку ЗІП виявив загальну для них властивість - необхідність представницької інформаційної бази, на основі якої під час проектування цистерн прогнозувалась би потреба в ЗІП. Однак, реальний технологічний процес експлуатації цистерн вносить суттєві корективи в розрахунки, в наслідок чого

- від початку випробовувань до відмови;
 - спрацьовування клапану в процесі притирки:

$$\delta = \delta(t, R). \quad , / 3 /$$

Це дає підстави розглядати потоки відмов у вигляді сумарних потоків, а коефіцієнт зведення - як відношення часу в циклах до відмов при експлуатації і при випробовуваннях. Застосування принципу збільшення частоти циклічного навантаження ґрунтується на тому, що довговічність клапана, яка виражена числом циклів, залежить від кількості прикладених циклів навантажень, але не залежить від частоти їх прикладання.

Для оцінки динамічних навантажень на арматуру цистерн виконані випробовування на стендах:

- вібраційному ВУС - 500 при частоті $f = 40$ Гц і розмірі навантажень " I g " в горизонтальному і вертикальному напрямках;
- ударному СУ - I з подовженим прискоренням " 5g ".

Для оцінки ступеня впливу корозії робочого середовища на надійність, клапан був розміщений в теплообміннику на складі стиснутого аміаку комбінату ім.Ілліча / м.Маріуполь / в середовищі газоподібного аміаку з температурою + 50°C на шість місяців.

Результати випробовувань від ударних, корозійних і вібраційних дій виявили, що ці фактори не викликають відмов, що потребують заміну деталей. Значення режимів випробовувань взяти на основі досліджень, виконаних разом лабораторіями надійності концерну " Азовмаш " і ПДТУ.

Для визначення показників надійності запобіжних клапанів виконані випробовування на стенді ВС - 32 з максимально можливою кількістю циклів спрацьовування. Відкриття клапану на повний хід відбувається під дією повітря, закриття - під дією зусилля

пружины.

Для охоплення всього спектру навантаження, випробовування проводились для м'яких умов впливу - по клапану нафтобензинових цистерн, і по клапану аміачних цистерн для жорстких умов. За результатами випробовувань на обладнанні концерну " Азовмаш " / ВС - 32, ВУС - 500, СУ - I / встановлено, що номенклатура ЗІП повинна включати в себе шток клапана, строк служби якого для нафтобензинових цистерн - 10 років, для аміачних - 5 років.

У четвертому розділі викладена методика прогнозування витрат запасних частин за результатами прискорених випробовувань. Розглянуто планування необхідної кількості запчастин з встановленням строку служби клапана з початку експлуатації для малих парків / менш 5 цистерн /. Для загального випадку строк служби вузлів зображений в вигляді:

$$T_{\text{стр.са}} = \frac{T_{\text{об}} \cdot \int_0^{t_{\text{ан}}} f(T_{\text{об}}) dT_{\text{об}} \times \sum_{k=1}^l (P_{N_{\text{кр}},k} \cdot N_{\text{кр},k}^6)}{\bar{N}_e \cdot \int_0^{t_{\text{ан}}} (N_e) dN_e}, \quad / 4 /$$

де: $T_{\text{об}}$ - обіг цистерн,

N^6 - число навантажень до заміни деталей при випробовуваннях,

N_e - число навантажень при одному обігу цистерн при експлуатації.

N_e і $T_{\text{об}}$ описуються як середніми значеннями так і імовірними та статистичними значеннями цих параметрів, що виражаються в вигляді підінтегральних функцій, необхідність знаходження яких зумовлена економічною доцільністю докладних досліджень.

виникає розходження між прогнозом та фактами. Для ліквідації цієї розбіжності висунута ідея використання результатів прискорених випробовувань вузлів на довговічність.

3. Розроблена модель, яка описує процес виходу з ладу та відновлення деталей та вузлів цистерн. В основу цієї моделі покладені, встановлені під час досліджень, критерії подібності, завдяки яким результати стендових випробовувань пристосовуються до умов експлуатації. Це дозволяє замість тривалого і дорогого процесу накопичення статистичних даних отримати вірогідну інформацію за результатами стендових випробовувань.

4. Розроблена математична модель прогнозування заміни деталей складних вузлів цистерн, яка відрізняється від відомих одночасним врахуванням поступових та раптових відмов. Модель враховує імовірний характер процесу відновлення цистерн, що відповідає умовам ремонту промислових транспортних засобів за критеріями їх технічного стану.

5. Розроблена методика прогнозування витрат запасних частин цистерн. Суть методики полягає в встановленні норм витрат вузлів та деталей шляхом проведення прискорених стендових випробовувань, а також в використанні критеріїв подібності для доказу відповідності результатів стендових випробовувань до реальних експлуатаційних процесів використання цистерн. В результаті цього надається можливість обґрунтування корекції раніш введених норм ЗІП.

6. На експериментальній базі концерну "Азовмаш" виконані стендові випробовування запобіжних клапанів. Обробка результатів експерименту дозволяє уточнити номенклатуру деталей, що замінюються, і отримати дані про строки служби деталей.

7. Розроблений алгоритм розрахунку запасних частин. Алгоритм виконаний на мові програмування "TURBO PASKAL", яка

широко використовується на комп'ютерах типу **ЗВМ**, що полегшить впровадження запропонованої методики прогнозування в загальнозаводську систему автоматизованої обробки документації.

8. За розробленою методикою розраховані номенклатура і перелік ЗІП цистерн для перевезення аміаку, аміачної води, цементу, рідинних комплексних добрив, сірки. В порівнянні з існуючими номенклатура ЗІП розширена, введені додаткові елементи.

9. Виконані в дисертації розробки передані концерну "Азовмаш" та Черкаському ВО "Азот" у вигляді відомостей ЗІП. Запропоновано шляхи зниження потреб запчастин арматури цистерн, включаючи вдосконалення характеристик мікрогеометрії затворів арматури, що забезпечує при найменших витратах потрібний ресурс, а також надані рекомендації для створення запасів запобіжних клапанів та вентелів для проведення агрегатного ремонту.

10. Розрахункова економічна ефективність від впровадження розробленої методики прогнозування потреб в запчастинах складає для цистерн перевезення аміаку - 16 % вартості комплекта ЗІП при забезпеченні заданого рівня коефіцієнта готовності.

Основні положення дисертації викладено в роботах:

1. Бондаренко А.Г. Методика расчета запчастей для арматуры спеццистерн/Мариуп.металлург.ин-т//Тез.докл.регион.научно-технич. конф., май, 1993.-Т.І.-С.64.

2. Бондаренко А.Г. Обеспечение запасными частями специализированных цистерн в условиях промышленного транспорта.-Мариуполь, 1991.-ІЗс.-Деп.в УкрНИИТИ 22.10.91, №1389 -Ук91.

3. Бондаренко А.Г. Оценка долговечности устройств безопасности подвижного состава путем проведения ускоренных испытаний/Мариуп. металлург.ин-т//Тез.докл.регион.научно-технич. конф., май, 1992.-

Мариуполь, 1992.-Т. I.-С. 61.

4. Бондаренко А.Г. Построение физической модели отказов устройств подвижного состава промышленного транспорта. - Мариуполь, 1991.- 8с.-Деп. в УкрНИИТИ 15.12.91, №1482 -Ук91.
5. Бондаренко А.Г. Прогнозирование замен деталей сложных изделий промышленного транспорта.-Мариуполь, 1991.-8с.-Деп. в УкрНИИТИ 22.10.91, №1388 -Ук91.
6. Бондаренко А.Г. Транспортное обеспечение при решении экологических проблем промпредприятий/Мариуп.металлург.ин-т//Тез. докл. регион. научно-технич. конф., май, 1993.-Мариуполь, 1993.-Т. I.-С. 67.
7. Бондаренко А.Г., Губенко В.К. Влияние эксплуатационных факторов на отказы цистерн/Мариуп.металлург.ин-т//Тез. докл. научно-технич. регион. конф., май, 1993.-Мариуполь, 1993.-Т. I.-С. 68.
8. Бондаренко А.Г., Никодимов А.П., Кельрих М.Б. Ускоренные испытания предохранительных клапанов цистерн/Мариуп.металлург.ин-т //Тез. докл. регион. научно-технич. конф., май, 1993.-Мариуполь, 1993.-Т. I.- С. 66.
9. Губенко В.К., Бондаренко А.Г. Формирование структуры запасных частей с учетом особенностей работы подвижного состава в условиях промышленного транспорта/Мариуп.металлург.ин-т//Тез. докл. регион. научно-технич. конф., май, 1992.-Мариуполь, 1992.-Т. I.-С. 64.
10. Никодимов А.П., Лопандин В.Д., Лясов Л.И., Бондаренко А.Г. Повышение эксплуатационной надежности предохранительной арматуры железнодорожных цистерн/Мариуп.металлург.ин-т//Тез. докл. регион. научно-технич. конф., май, 1993.-Мариуполь, 1993.-Т. I.-С. 65.

Львів

Підписано до друку 2.12.93р. формат 60x84 1/16, 1 д.а.
Заказ №239 Тираж 100 прим.

Ротапринт АМП, Маріуполь, пр. Адм. Пушкіна,1

AB 29.380

AB 29.380