

**Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія**

**Методичні вказівки
до практичних, самостійних занять і контрольної роботи з дисципліни
«Наукові основи надійності, довговічності та працездатності машин і
обладнання»**

галузь знань 13 – «Механічна інженерія»
спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»
Факультет Машинобудування

Методичні вказівки
рекомендовано до подальшого
використання в учбовому
процесі.
Протокол метод. ради

Краматорськ 2019

Методичні вказівки до практичних, самостійних занять та контрольної роботи з дисципліни «Наукові основи надійності, довговічності та працездатності машин і обладнання» Для галузі знань 13 – «Механічна інженерія»; спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування» / Укладач: П.А. Гавриш. – Краматорськ: ДДМА, 2019. – 66с.

Методичні вказівки містять основні теоретичні дані для виконання практичних робіт з розрахунку показників безвідмовності: ймовірність безвідмовності роботи, ймовірність відказу, середнє напрацювання на відказ, інтенсивність відказів та параметр потоку відказів; показників довговічності: середній ресурс, гама процентний ресурс. Визначення середнього ресурсу, гама процентного терміну служби. Наведено дані про показники ремонтпридатності та зберігання, комплексні показники надійності.

Є приклади рішення у загальному вигляді конкретних завдань з дисципліни «Наукові основи надійності, довговічності та працездатності машин і обладнання».

Надані завдання для індивідуального рішення студентами як на практичних заняттях під керівництвом викладачів, а також завдання для контрольних робіт під час вивченні розділів курсу.

Укладач:

П.А. Гавриш, д.т.н., доц..

Відповідальний за випуск

М.Ю. Дорохов, к.т.н., доц.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ ДСТУ2860-94, ДСТУ 3524-94.	4
2 НАУКОВІ ОБГРУНТУВАННЯ НАДІЙНОСТІ МЕТА І ЗАДАЧІ	6
3 НАДІЙНІСТЬ СИСТЕМ ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	13
4 ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН (стадія проектування)	15
5 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНИХ, ПРАКТИЧНИХ І КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ	Ошибка! Закладка не определена.
ЛІТЕРАТУРА	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТКИ	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК 1 Варіанти практичної роботи Пр1	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК 2 Варіанти практичної роботи Пр2	46
ДОДАТОК 3 Варіанти практичної роботи Пр3	47
ДОДАТОК 4 Варіанти практичної роботи Пр4	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК 5 Варіанти практичної роботи Пр5	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Наукова основа надійності полягає в розробці сучасного, модернізованого науково-аналітичного обґрунтування складу парку вантажопідйомної техніки у відповідності з вимогами ринку робіт та послуг.

Досягнення означеної мети забезпечено вирішенням наступних задач:

- 1) оцінка та аналіз стану наукових досліджень в галузі організації та технології застосування вантажопідйомної техніки;
- 2) вибір та обґрунтування системи параметрів, що моделюють умови та результати використання вантажопідйомної техніки;
- 3) дослідження методологічних основ формування оптимального рішення; оптимізація складу та структури парку машин підприємств.
- 4) розробка проектних рішень по вдосконаленню ефективності застосування вантажопідйомної техніки, зокрема лізингових послуг.

Якість і надійність вантажопідйомної машини визначають ступінь її безпеки. Це означає, що протягом встановленого терміну служби при експлуатації машини не будуть відбуватися пошкодження, відмови, аварії і нещасні випадки.

Основні вимоги до якості, надійності і безпеки при створенні і експлуатації вантажопідйомальних машин регламентовані державними і галузевими стандартами, технічними умовами, нормами і правилами з охорони праці, техніки безпеки, дотримання яких гарантує надійну і безаварійну роботу машин до кінця терміну служби.

Проектування та експлуатація надійних та економічних машин, здатних конкурувати на мировому ринку потребує від інженера знань та вмій:

- самостійно виконувати розрахунки надійності технічних систем;
- оптимізувати кількість резервних елементів систем;
- виконувати схематичну розробку підвищення надійності та довговічності машин.
- Практична частина дисципліни спрямована на отримання навиків:
- з розрахунку надійності машини при конструюванні, виготовленні та експлуатації;
- з розрахунку показників безвідмовності: ймовірність безвідмовності роботи, ймовірність відказу, середнє напрацювання на відказ, інтенсивність відказів та параметр потоку відказів показники машин, та знаходити шляхи їх підвищення;
- оцінювати рівень надійності робочого обладнання, механізмів та машин в цілому, встановлювати вимоги до їх обслуговування і регулювання.

Наведені методи розрахунку та приклади виконання самостійних і контрольних робіт.

1 ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНІКИ ЗГІДНО ДСТУ2860-94

Об'єкт.

Система, споруда, машина, підсистема, апаратура, функційна одиниця, пристрій, елемент чи будь яка їх частина, що розглядається з погляду надійності як самостійна одиниця.

Примітка 1. Об'єкт може включати технічні засоби, технічний персонал чи будь-які їх поєднання.

Примітка 2. Сукупність об'єктів, об'єднаних спільним призначенням і метою функціонування, може розглядатися як об'єкт.

Функція (об'єкту).

Виконання в об'єкті процесу, що відповідає його призначенню, виявлення заданої умови чи властивості об'єкта відповідно вимогам нормативної та (чи) конструкторської (проектної) документації.

Надійність.

Властивість об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

Примітка 1. Надійність є комплексною властивістю, що залежно від призначення об'єкта і умов його застосування, може містити в собі безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та збережуваність чи певні поєднання цих властивостей.

Безвідмовність.

Властивість об'єкта виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи наробітку.

Довговічність

Властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту.

Ремонтпридатність

Властивість об'єкта бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції за допомогою технічного обслуговування та ремонту.

Готовність.

Властивість об'єкту, бути здатним виконувати потрібні функції, в заданих умовах у будь-який час чи протягом заданого інтервалу часу за умови забезпечення необхідними зовнішніми ресурсами.

Примітка 1. Ця властивість залежить від поєднання властивостей безвідмовності, ремонтпридатності та забезпечення технічного обслуговування і ремонту.

Справність.

Стан об'єкта, за яким він здатний виконувати усі задані функції об'єкта.

Несправність.

Стан об'єкта, за яким він нездатний виконувати хоч би одну із заданих функцій об'єкта.

Працездатний стан.

Стан об'єкта, який характеризується його здатністю виконувати усі потрібні функції.

Непрацездатний стан.

Стан об'єкта, за яким він нездатний виконувати хоч би одну з потрібних функцій.

Граничний стан

Стан об'єкта, за яким його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе чи недоцільне.

Примітка. Граничний стан настає, наприклад, тоді, коли параметр потоку відмов стає неприйнятним та (чи) об'єкт стає неремонтопридатним внаслідок несправності.

Пошкодження

Подія, яка полягає у порушенні справного стану об'єкта коли зберігається його працездатність.

Відмова

Подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібну функцію, тобто у порушенні працездатного стану об'єкта

Примітка. «Відмова» є подія, на відміну від «несправності», що є станом та причиною відмови.

Наробіток, напрацювання.

Тривалість чи обсяг роботи об'єкта.

Примітка. Наробіток може бути як неперервною величиною (тривалість роботи в годинах, кілометрах пробігу тощо), так і цілочисельною величиною (кількість робочих циклів, запусків тощо).

Ресурс, технічний ресурс.

Сумарний наробіток об'єкта від початку його експлуатації чи поновлення після ремонту до переходу в граничний стан.

Залишковий ресурс.

Сумарний наробіток об'єкта від моменту контролю його технічного стану до переходу у граничний стан.

Примітка. Аналогічно запроваджуються поняття залишкового наробітку до відмови, залишкового терміну служби та залишкового терміну зберігання.

Трудомісткість технічного обслуговування (ремонт).

Сумарна тривалість індивідуальних операцій технічного обслуговування та (чи) ремонту об'єкта, подана в годинах та затрачена всім обслуговуючим персоналом для цього виду операцій технічного обслуговування та (чи) ремонту в інтервалі визначеного часу.

Інші терміни та визначення можна знайти у ДСТУ2860-94.

Формування показників надійності незалежно від різноманітності типів машин і умов їх експлуатації відбувається за загальними законами відповідно до логіки подій. Розкриття і вивчення цих законів є основою для прогнозування, розрахунку та оцінки надійності і побудови на їх основі найбільш раціональних умов виробництва, випробування і експлуатації технічних систем. Основним змістом і метою теорії надійності технічних систем є розробка методів оцінки показників надійності на різних стадіях з урахуванням конструкції, створення, призначення та умов експлуатації. Для визначення показників надійності використовують математичні методи теорії ймовірності. Терміни та визначення теорії ймовірності:

Ймовірність – число, укладене між 0 і 1, що характеризує міру можливості настання випадкової події в результаті випробувань при заданій сукупності подій. Ймовірність довірча – ймовірність, що оцінює достовірність характеристик, отриманих на підставі вибіркового спостереження.

Ймовірність умовна – ймовірність події А, обчислена за умови існування іншої події В. Зазвичай позначається $P(A/B)$ або P_A/B .

Вибірка – частина генеральної сукупності, елементи якої піддаються статистичній обробці.

Вибіркова дисперсія обчислюється за формулою (1):

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (1)$$

де n – об'єм вибірки; x_i – елементи вибірки

Вибіркове середнє в вибірці x – сума значень даної величини, отриманої за результатами вибірки випробувань, поділеної на її обсяг (2).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Вибіркове середнє квадратичне (3)

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (3)$$

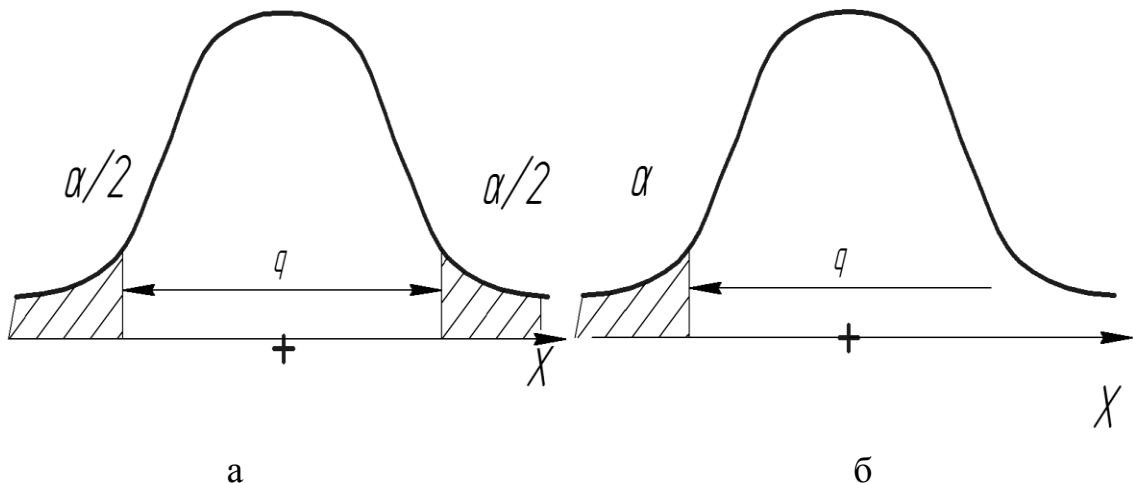
Дисперсія – характеристика випадкової величини, як математичне сподівання квадрата відхилення випадкової величини від її математичного очікування (4).

$$D_x = M / (x - M(x))^2 \quad (4)$$

Довірчий інтервал – інтервал, який із заданою вірогідністю накриває невідоме значення x оцінюваного параметра розподілу або показника надійності (5).

$$q = 1 - \alpha \quad (5)$$

α – рівень значущі.



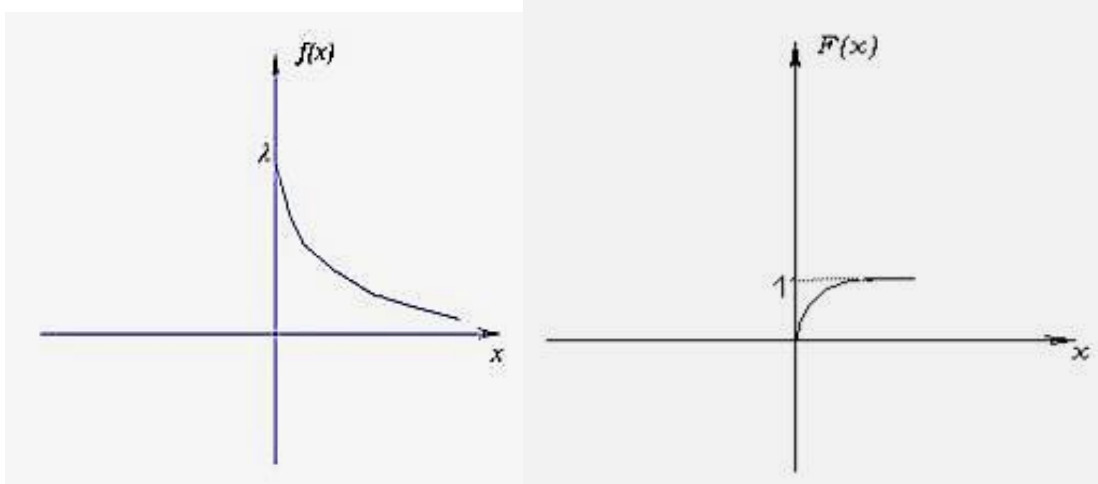
*а-однобічний, б-двобічний
Рисунок 2.1 – Довірчі інтервали*

Основні види розподілів

Показниковий (експоненціальний) розподіл – це розподіл неперервної випадкової величини ξ з параметром $\lambda > 0$, заданий законом (6):

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < 0, \\ \lambda e^{-\lambda x}, & \text{якщо } x \geq 0. \end{cases} \quad (6)$$

Графік щільності експоненціального розподілу зображено на (рис. 2.2, а, б).



а

б

Рисунок 2.2 – Функція експоненційного розподілу

Математичний запис функції (7)

$$P(\xi < M_e) = P(M_e \leq \xi) = \frac{1}{2}.$$

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt = \int_0^x f(t) dt = - \int_0^x \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{\lambda} d(-t\lambda) = \quad (7)$$

Функція надійності $R(t)$ визначає імовірність безвідмовної роботи елемента за час t (8) :

$$R(t) = \exp[-\lambda t]. \quad (8)$$

Нормальний розподіл Гаусса Випадкова величина ξ нормально розподілена або підпорядковується закону розподілу Гаусса, якщо її щільність розподілу має вигляд (9):

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (9)$$

де a - довільне дійсне число, $\sigma > 0$.

Виходячи з даного визначення, функція має вигляд (рис.2.3):

Графік функції $f(x)$ симетричний відносно прямої $x=a$.

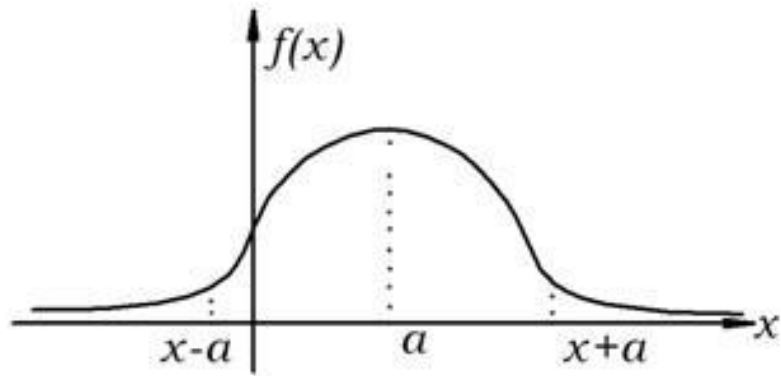


Рисунок 2.3 – Нормальний розподіл Гаусса

Інтегральна функція розподілу.

Інтеграл ймовірностей має властивості (10,11,12,13):

$$\Phi(0) = 0; \quad (10)$$

$$2) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \lim_{x \rightarrow \infty} \Phi(x) = \frac{1}{2}; \quad \lim_{x \rightarrow -\infty} \Phi(x) = -\frac{1}{2}. \quad (11)$$

3) $\Phi(-x) = -\Phi(x)$, інтеграл ймовірностей - непарна функція (12)

$$\Phi(-x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{-x} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \left\{ \begin{array}{l} -t = z \\ dt = -dz \end{array} \right\} = -\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz = -\Phi(x). \quad (13)$$

На (рис.2.4) зображена інтегральна функція розподілу

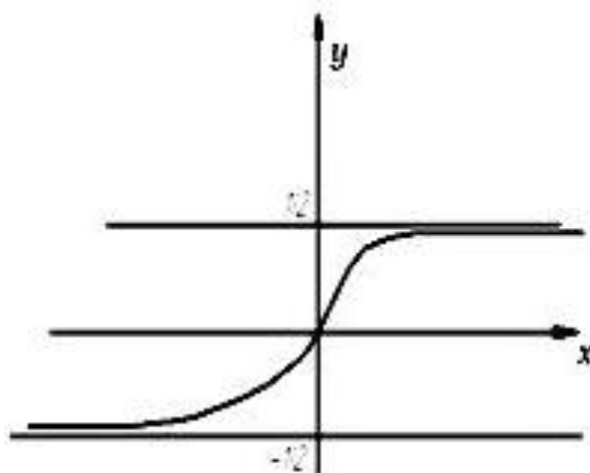


Рисунок 2.4 – Інтегральна функція розподілу

Для визначення показників надійності вантажопідйомних кранів використовують двовимірні функції розподілу.

Двовимірною випадковою величиною (two-dimensional random variable) називають систему двох випадкових величин (ζ_1, ζ_2) , для яких визначена імовірність $P(\zeta_1 < y < i < x < i > 1, \zeta_2 < y < i > 2 < x < i > 2 < y < i > 2)$, де x і y – довільні дійсні числа. Систему двох випадкових величин $(\zeta_1 < y < i > 1, \zeta_2 < y < i > 2 < x < i > 2 < y < i > 2)$ можна показати випадковою точкою в декартовій системі координат.

Функція розподілу Вейбулла являє собою двохпараметричний розподіл. Закон Вейбулла задовільно описує наробіток до відмови підйомно-транспортних машин, підшипників, елементів електронної апаратури, його використовують для оцінки надійності деталей і вузлів машин.

На (рис.2.5, 2.6, 2.7) показані графіки розподілу Вейбулла.

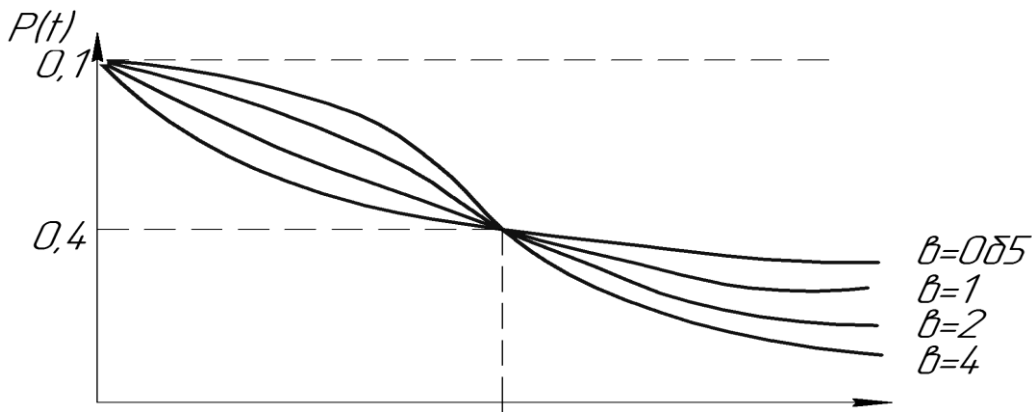


Рисунок 2.5 – Вірогідність безвідмовної роботи

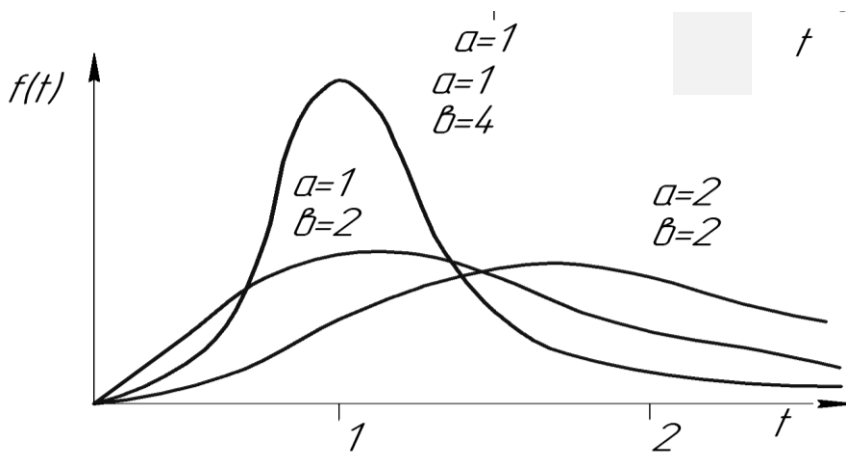


Рисунок 2.6 – Щільність вірогідності відмов

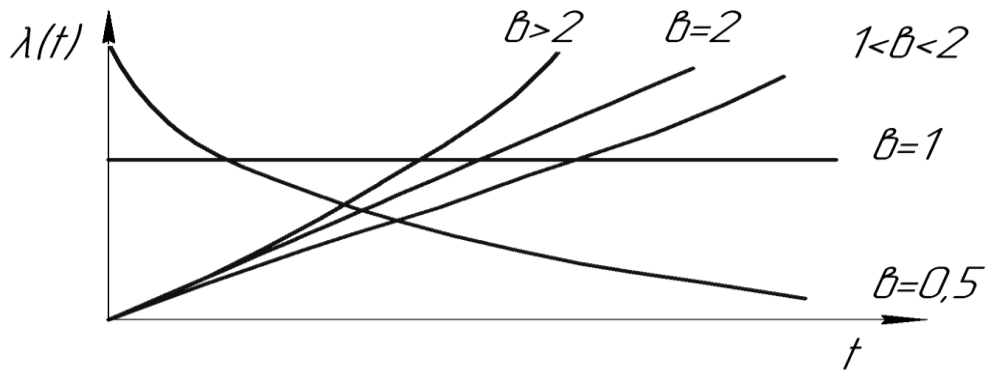


Рисунок 2.7 – Інтенсивність відмов

Якщо розглянемо вірогідність відмови та вірогідність безвідмовної роботи машини, або системи, то цей показник можна представити наступним чином, вірогідність називають (14),

$$P(t) = 1 - Q(t) = P\{\xi \geq t\} = 1 - \frac{n}{N} \quad (14)$$

вірогідністю безвідмовної роботи $P(t) + Q(t) = 1$

Таким чином, вірогідність безвідмовної роботи є вірогідність того, що елемент буде працездатним в заданий момент часу, або це є вірогідність того, що випадкова величина буде більше заданого часу t .

Відповідно
$$P(t) = \int_t^{\infty} f(x) dx$$

$$Q(t) = \int_0^t f(x) dx$$

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt}$$

Інтенсивність відмов залежить від розподілу відмов на заданому інтервалі часу (рис.2.8).

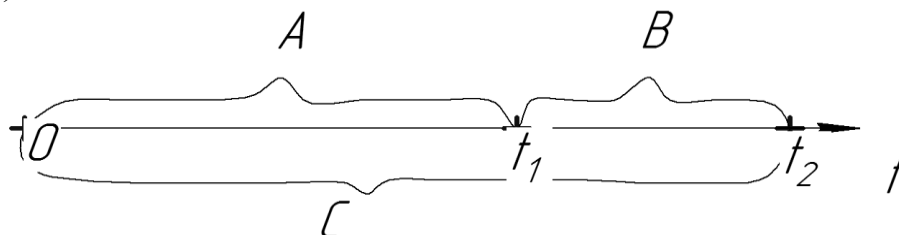


Рисунок 2.8 – Схема розподілу відмов на заданому інтервалі часу

де А – подія, в якій на інтервалі $[0, t_1]$ не сталося відмови;

В – подія у якій на інтервалі $[t_1, t_2]$ сталася відмова; подія, в якій на інтервалі $[0, t_1]$ не сталося відмови, а на інтервалі $[t_1, t_2]$ сталася відмова.

Миттєве значення інтенсивності відмов показує зміна інтенсивності відмов впродовж терміну служби деякої сукупності об'єктів (рис.2.9).

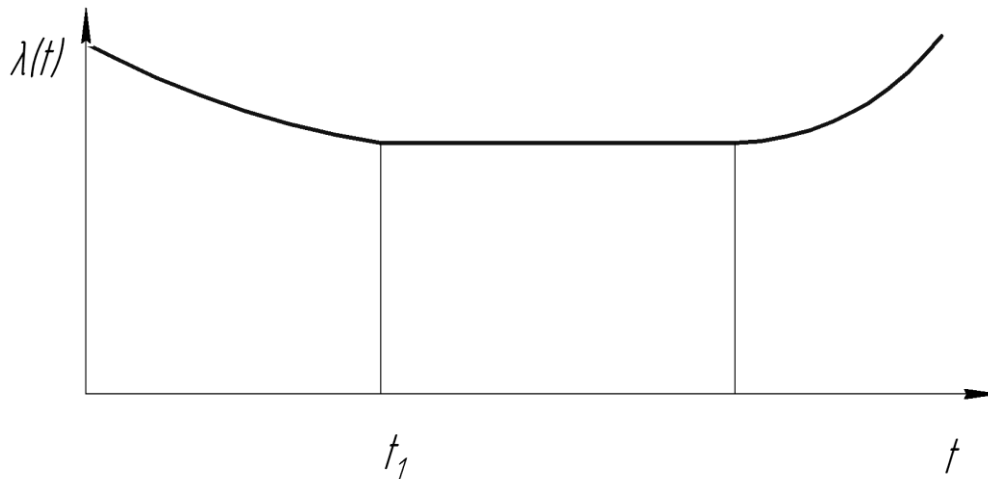


Рисунок 2.9 – Схема зміни інтенсивності відмов в процесі служби об'єкту

Для початкового періоду $[0, t_1]$ характерні відмови унаслідок дефектів матеріалів, конструкторських недоробок, дефектів виготовлення. Цей відрізок кривої отримав назву період “дитячої смертності”.

Другий відрізок кривої $[t_1, t_2]$ відображує випадкові раптові відмови, викликані несподіваним збільшенням навантаження, гранично важкими умовами роботи і так далі...Відрізок кривої після t_2 характеризує старіння об'єкту, є наслідком, як правило, проявом відмов зносу. Інтенсивність відмов характеризує зміни якості виробу в процесі експлуатації.

3 НАДІЙНІСТЬ СИСТЕМ. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

При аналізі надійності системи розглядається її структура, представлена у вигляді блок-схеми, наприклад система з послідовним з'єднанням елементів (рис.3.1).

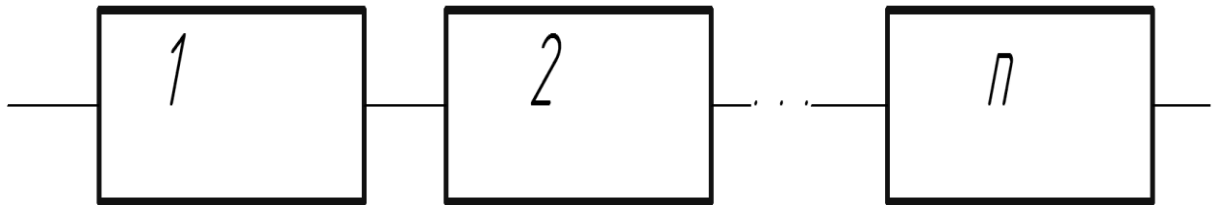


Рисунок 3.1 – Система з послідовним з'єднанням елементів

У структурному відношенні вантажопідйомні машини відносяться в основному до виробів з послідовним з'єднанням елементів (деталей, вузлів, механізмів), тобто з таким з'єднанням, при якому відмова будь-яку з цих елементів приводить до відмови всього виробу (наприклад механізм пересування крану: електродвигун-муфта-редуктор-ходове колесо).

Розглядаючи відмову окремих елементів машини як випадкові незалежні події і використовуючи теорему множення вірогідності таких подій, можна встановити, що вірогідність безвідмовної роботи протягом часу для об'єктів з послідовним з'єднанням елементів визначається функцією (15).

$$P_{\text{пос}}(\tau) = p_1(\tau) p_2(\tau) p_3(\tau) \dots p_n(\tau) = \prod_{i=1}^n p_i(\tau), \quad (15)$$

де p_i – вірогідність безвідмовної роботи протягом часу i -ого елемента виробу протягом часу τ ; n — число елементів виробу.

З формули (15) видно, що вірогідність безвідмовної роботи виробу тим більше, чим більше вірогідність безвідмовної роботи складових його елементів і чим менше число цих елементів. З формули (15) також видно, що вірогідність безвідмовної роботи виробу з послідовним з'єднанням елементів завжди менше вірогідності безвідмовної роботи складових його елементів. У конструкціях вантажопідйомних машин використовується (хоча і вельми обмежено, наприклад у приводі підйому ливарного крану – 2 гальма) також паралельне з'єднання елементів. Паралельним називається таке з'єднання елементів виробу, при якому

відмову одну (будь-якого) з цих елементів не приводить до відмови всього виробу (рис. 3.2).

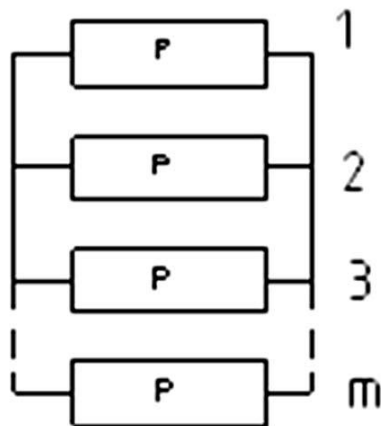


Рисунок 3.2 – Паралельне з'єднання елементів виробу

Вірогідність відмови Q за час τ з паралельним з'єднання елементів визначається залежністю (16).

$$Q(\tau) = q_1(\tau) q_2(\tau) q_3(\tau) \dots q_m(\tau) = \prod_{i=1}^m q_i(\tau), \quad (16)$$

де $q_i(\tau)$ – вірогідність безвідмовної роботи протягом часу i -ого елементу виробу протягом часу τ ; m — число елементів виробу.

Але $q_i(\tau) = 1 - p_i(\tau)$ тоді $Q(\tau) = \prod_{i=1}^m [1 - p_i(\tau)]$ або $1 - P(\tau) = \prod_{i=1}^m [1 - p_i(\tau)]$.

Тому вірогідність безвідмовної роботи об'єктів з паралельним з'єднання елементів можна представити такою залежністю (17).

$$P_{\text{пар.д}}(\tau) = 1 - \prod_{i=1}^m p_i(\tau). \quad (17)$$

Тобто резервування – це спосіб підвищення надійності вантажо-підйомних машин, але його дуже складно реалізувати на конкретному крані.

Рівень надійності машин формується в процесі конструювання, і забезпечується при виготовленні а реалізується в процесі експлуатації.

На конкретних прикладах машин необхідно виконати завдання з підвищенням надійності машини.

4 ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ (стадія проектування)

Кожен етап життєвого циклу вносить свій вклад в рішення задачі створення устаткування необхідного рівня надійності з найменшими витратами часу і засобів. Основні рішення по забезпеченню надійності устаткування, прийняті на етапах його проектування і виготовлення, позначаються на його експлуатаційних і економічних показниках. Тому необхідно виявляти зв'язки між показниками надійності і можливостями їх підвищення на кожному етапі створення і реалізації устаткування.

Особливе значення для створення високонадійних вантажопідйомних машин і агрегатів має етап їх розрахунку і проектування, коли закладаються їх основні технічні характеристики. При проектуванні встановлюються і обґрунтовуються необхідні вимоги до надійності, які забезпечується за рахунок конструкції і необхідних матеріалів. На цьому етапі розробляються методи захисту устаткування від шкідливих дій, розглядаються можливості автоматично відновлювати втрачену працездатність. В процесі проектування необхідно прагнути не лише до зниження маси і спрощення конструкції, але і до підвищення безвідмовності і довговічності деталей, складальних одиниць і устаткування в цілому. Виконання цих вимог досягається шляхом раціонального вибору конструктивних рішень і вживання відповідних матеріалів, різних видів обробки, зміцнення і інших методів.

Конструктивні методи підвищення надійності передбачають:

- 1) створення запасів міцності деталей машин і елементів конструкцій;
- 2) оптимізацію режимів роботи і спрощення конструкції устаткування;
- 3) використання стандартних деталей і складальних одиниць;
- 4) обґрунтоване використання методів резервування. Окрім загальних правил конструювання при створенні технологічного устаткування слід передбачати зручну заміну деталей, що швидко виходять з буд, і складальних одиниць, тобто
- 5) забезпечити високі показники ремонтпридатності.

Досягнення оптимальної міцності базових деталей і вузлів на стадії проектування машин, вдосконалення системи мастила і захисту від пилу і бруду поверхонь, що труться, вживання в конструкції устаткування прогресивних видів матеріалів дозволяють скоротити фізичний знос устаткування в процесі експлуатації у декілька разів. Все це дає можливість значно зменшити об'єм ремонтів. Підвищення рівня уніфікації і стандартизації в конструкції машин на стадії проектування зменшує об'єм.

Спрощення конструкцій машин, підвищення їх ремонтної технологічності і зниження складності ремонту підвищують технічний рівень проєктованого

устаткування і ефективність його ремонтного обслуговування. Тут повинен працювати один з принципів - якщо деталь неекономічна або її технічно складно виконати із заданими показниками довговічності, вона повинна мати підвищену ремонтпридатність, бути легко і швидкознімною. Раціональне розташування деталей і вузлів в конструкції машин дозволяє при ТОіР.

Збільшення терміну служби деталей, що працюють в умовах циклічного навантаження, забезпечується за рахунок ослаблення концентрації місцевої напруги. Концентрацію напруги можна зменшити доданням деталі плавних контурів, вживання розвантажувальних канавок і отворів, видаленням непрацюючого матеріалу, переміщенням джерел концентрації в менш навантажені зони і ін. Наприклад, зниження міцності валів від напружених деталей можна зменшити за рахунок виконання кругових виточок в крайках.

Важливе місце в забезпеченні надійності системи займає підбір металу, з якого конструюють силові вузли металоконструкцій, оскільки від них залежить надійність і довговічність виробу в цілому. Для виробів, що працюють в стаціонарних умовах, найчастіше використовують звичайні вуглецеві сталі, а для виробів, що працюють в умовах змінних навантажень з високою інтенсивністю – леговані сталі.

Залежно від зовнішніх чинників, які впливають на вантажопідйомний кран і умов навантаження підбирають відповідні матеріали з певними характеристиками.

Так, деталі, для яких основним критерієм працездатності є контактна міцність (зубчасті колеса, зірочки ланцюгових передач, напрямні і ін.), слід виготовляти з металів, що дозволяють зміцнювати робочі поверхні до високої твердості при збереженні необхідної пластичності осердя.

Треба широко застосовують зміцнення нових і відновлення зношених деталей машин наплавленням або напиленням. Зміцнююча обробка змінних деталей може забезпечити необхідну довговічність до заміни всього вузла або агрегат в цілому. Використання зносостійких матеріалів підвищує термін служби деталей в 1,5...3 рази, що дозволяє скоротити витрату металу і зменшити трудомісткість ремонту.

Таким чином, показники якості машини, сформовані в процесі виробництва, визначають її експлуатаційні властивості, наприклад, зносостійкість, міцність, жорсткість і ін. Підвищення стабільності технологічного процесу і контроль, що виключає виготовлення деталей з параметрами, які не відповідають заданим, забезпечують випуск надійних вантажопідйомних машин.

5 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПРАКТИЧНИХ САМОСТІЙНИХ І КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Практична робота Пр1 – Розрахунок показників надійності, безвідмовності та довговічності.

Процес функціонування об'єкта можна представити як послідовність чергування інтервалів працездатності та відновлення (простою) як показано на (рис.5.1).

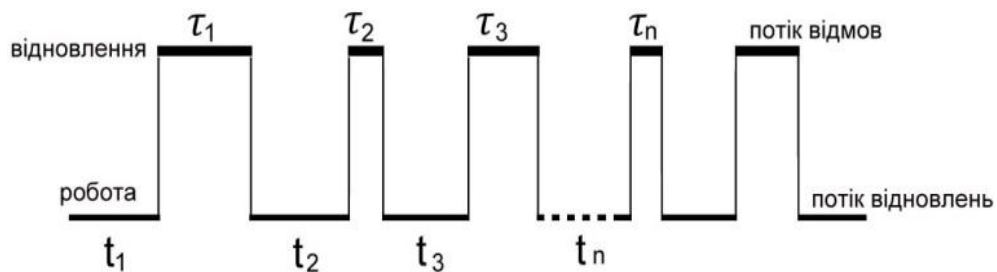


Рисунок 5.1 – Процес функціонування об'єкта

Середнє напрацювання на відмову об'єкта (напрацювання на відмову) визначається як відношення сумарного напрацювання відновлюваного об'єкта до числа відмов, що відбулися за час сумарного напрацювання (18):

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n(t)} \quad (18)$$

де t_i - напрацювання між $i-1$ і i -м відмовами;

$n(t)$ - сумарна кількість відмов за час t ;

$t_1 \dots t_n$ - інтервали працездатності;

$\tau_1 \dots \tau_2$ - інтервали відновлення.

Приклад: Визначити середнє напрацювання між відмовами порталного крану за місяць роботи (безперервна робота – 30 діб червень 2016 року).

Журнал роботи кранівника:

1 червня – зауважень немає, 2 червня – зауважень немає, 3 червня – зауважень немає, 4 червня – зауважень немає, 5 червня – заміна канату 6 годин, 6 червня – несправність робочого контролера 2 години, 7 червня – ремонт муфти головного підйому 2 години, 8 червня – зауважень немає, 9 червня – зауважень немає, 10 червня – несправність ел.двигуна приводу переміщення 2 години, 11 червня – простій крану немає вантажів 8 годин, 12 червня – зауважень немає, 13 червня – зауважень немає, 14 червня – зауважень немає, 15 – ремонт механізму повороту 6 годин, 16 – ремонт механізму повороту 2 години, 17 червня – зауважень немає, 18 червня – зауважень немає, 19 червня – зауважень немає, 20 червня – зауважень немає, 21 червня – зауважень немає, 22 червня – зауважень немає, 23 червня – заміна мастила редуктора підйому вантажу 2 години, 24 червня – зауважень немає, 25 червня – зауважень немає, 26 червня – зауважень немає, 27 червня – ремонт електричних запобіжників кабелю живлення 2 години, 28 червня – зауважень немає, 29 червня – зауважень немає, 30 червня – зауважень немає.

За цей час роботи було 9 відмов, втрачено 32 години робочого часу.

Напрацювання за цей період 698 годин,
Середнє напрацювання $698/9 = 77,56$ год.

Висновок – кран працював до відмови приблизно 3 доби. Це дуже погано. Рекомендації підвищити якість відновлювальних робіт. Для електричних деталей закупати якісні деталі. Провести роботу з відновлення працездатності за рахунок заміни готовими вузлами.

Розрахунок коефіцієнта готовності.

Для розрахунку коефіцієнту готовності використовуємо формулу (19)

$$K_r = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{t=1}^n t_i} \quad (19)$$

де позначення як у формулі (18).

Коефіцієнт готовності – це ймовірність того, що об'єкт опиниться в працездатному стані в довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається. Цей показник одночасно оцінює властивості працездатності та ремонтпридатності об'єкту.

$$K_r = \frac{698}{698 + 32} = 0,97$$

дуже високий коефіцієнт готовності, але це за термін 1 місяць звичайно ведуть розрахунок за повний проведений рік роботи.

Зразок виконання Практичної роботи ПР1– Розрахунок показників надійності, безвідмовності та довговічності

Визначити питому трудомісткість технічних обслуговувань крану за 1 квартал року $T_{т.о}^п$
 Портальний кран $Q=30т$; $h=18м$;
 база крану $7,0м$;
 частота обертання поворотної частини крана $0,65об/хв$.

Дані для розрахунку

місяці року	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Трудомісткість технічних обслуговувань	220	100	28	60	140	26	130	120	40	20	50	80
Тривалість справної роботи	120	40	100	120	40	70	50	70	120	130	120	120

Використовуємо формулу

$$T_{т.о}^п = \frac{T_{т.о}}{\sum_{i=1}^N t_{ci}}$$

$T_{т.о}$ – Сумарна трудомісткість технічних обслуговувань за заданий період
 $T_{т.о} = 348$ годин,

$\sum_{i=1}^N t_{ci}$ – Сумарна тривалість справної роботи $= 260$ годин

$$T_{т.о}^п = 1,34$$

Висновки: Коефіцієнт більше одиниці! Тривалість ремонтів більше ніж справна робота! Дуже низький коефіцієнт. Треба:

- Виконувати якісний ремонт (заміна дефектних деталей на справні,
- Знижувати тривалість ремонту,
- Забезпечити ремонту службу необхідної кількістю персоналу,
- Виконувати блочний ремонт.

За таким зразком виконують розрахунки і інших показників: надійності, безвідмовності та довговічності. Формули для розрахунку наведені в лекціях.

Практична робота Пр2 – Нормування та забезпечення надійності кранів. Розрахунок режиму роботи крану

Визначення групи класифікації (режиму роботи) вантажопідіймальних кранів і механізмів у цілому виконується згідно положень ISO 4301/1.

Для розрахунку режиму роботи треба визначити загальне число циклів роботи крану за термін його експлуатації (21).

$$CT = T \times N \times nc \text{ (циклів)} \quad (21)$$

де T – фактичний термін експлуатації крану;

N – кількість днів роботи крану протягом року;

nc – сумарна кількість підйомів вантажу протягом доби

Група класифікації (режиму роботи) кранів у цілому визначається за табл. 5.1 – залежно від класу використання ($U0 - U9$), що характеризується величиною максимального числа циклів за заданий термін служби, та режиму навантаження ($Q1-Q4$).

Режим навантаження крана характеризується величиною коефіцієнту розподілу навантажень Kp , що визначається за формулою (22).

$$Kp = (P1/Pmax)^3 \cdot n1/nc + (P2/Pmax)^3 \cdot n2/nc + (P3/Pmax)^3 \cdot n3/nc + (P4/Pmax)^3 \cdot n4/nc + \dots (Pn/Pmax)^3 \cdot np/nc$$

де $P1 \dots Pn$ – значення мас окремих вантажів;

$Pmax$ – маса найбільшого (номінального) вантажу.

Зразок розрахунку практичної роботи Пр2 Визначити режим роботи крану за наступними вхідними даними

Маси вантажів, Q , т	2,0	1,5	1,0	0,5
Кількість підйомів, n	1	4	3	5

Паспортний режим роботи крану – А5

$T = 41$ років – фактичний термін експлуатації крану;

$N = 220$ – кількість днів роботи крану протягом року;

$nc = 13$ – сумарна кількість підйомів вантажу протягом доби;

Сумарне число циклів роботи крану за термін експлуатації:

$$CT = T \times N \times n_c = 41 \times 220 \times 13 = 1,401\ 105 \text{ циклів}$$

Даному значенню CT згідно ISO 4301/1 відповідає класу використання U3, який характеризує нерегулярне використання крану.

Коефіцієнт навантаженості:

$$\begin{aligned} KP &= (P1/P_{max})^3 \cdot n1/n_c + (P2/P_{max})^3 \cdot n2/n_c + (P3/P_{max})^3 \cdot n3/n_c + \\ &+ (P4/P_{max})^3 \cdot n4/n_c = \\ &= (2,0/2,0)^3 \times 1/13 + (1,5/2,0)^3 \times 4/13 + (1,0/2,0)^3 \times 3/13 + (0,5/2,0)^3 \times 5/13 = \\ &0,242 \end{aligned}$$

Де: P1 ... Pn – значення мас окремих вантажів;

Pmax – маса найбільшого (номінального) вантажу.

Згідно стандарту ISO 4301/1 такому значенню KP відповідає клас навантаження Q2.

Класам U3 і Q2 відповідає група режиму роботи крану А3.

Висновок: Фактичний режим роботи крану згідно ISO 4301/1 – А3, що не перевищує паспортний режим роботи.

Практична робота Пр3 Види ремонтів кранів. Приклади ремонту окремих деталей та вузлів

Як правило, техпроцес ремонту ПТМ включає наступні типові операції: демонтаж, приймання в ремонт, миття, дефектація, відновлення деталей, агрегатне і загальне складання, випробування і здача у експлуатацію.

-Демонтаж – Повне або часткове розбирання механізмів і металоконструкцій. Об'єм робіт по демонтажу залежить від типу ремонту і типа крану. Наприклад, капітальний ремонт мостових кранів виконують на проектній відмітці з розбиранням механізмів, але без демонтажу прольотної будови.

-Приймання в ремонт. Порядок здачі машини в ремонт і приймання з ремонту визначаються галузевою документацією. Загальна вимога полягає в тому, що машини повинні поступати у ремонт за графіком і у комплектному стані. Допускається відсутність кріпильних і дрібних невідповідальних деталей.

-Миття. При інтенсивному забрудненні – трьохстадійне. Для складальних одиниць і деталей, які працюють в закритих приміщеннях –одно і двохстадійна.

-Трьохстадійне миття включає наступні стадії: зовнішнє миття машини; миття частково розібраних агрегатів; миття деталей.

Зовнішнє миття – з відра з використанням щіток, скребків; шлангами з водопроводу; за допомогою насосів низького і високого тиску і мийних пістолетів; у мийних камерах. Частково розібраних вузлів і деталей – холодним і гарячим способами. Холодний спосіб – гасом або хімічними інгредієнтами у

ваннах або спеціальних установках. Гарячий – у виварювальних баках підігрітою до 80 °...90 °С. З водою з миючими речовинами. Також застосовуються установки ультразвукового очищення. Ділянки миття можуть викликати підвищене забруднення доквілля. Для його запобігання їх устаткування і технологічний процес повинні забезпечувати: оборотне водопостачання; збір, зберігання і регенерацію спеціальних миючих засобів.

-Розбирання – досить трудомістка і тривала операція, яка в значній мірі визначає тривалість і вартість ремонту. При недосконалій технологічній підготовці і оснащенні може викликати появу додаткових дефектів машини і деталей (тріщини, вм'ятини, забої на різьбленні, пошкодження підшипникових шийок і ін.). Технологічне оснащення розбирання – підіймальний транспортні засоби, стенди, демонтажні пристосування і інструмент. Вимоги до розбирання: Фіксують взаємне розташування деталей, маркіровкою; Гайки і шпильки мають бути вигвинчені (згвинчені), при цьому застосовують: змочування з'єднання гасом; рух назад-вперед; вигвинчування зубилом; прорізку канавок ножовковим полотном; газорізальним засобом; Обірвані болти і шпильки витягують з отворів. Наприклад: свердлять отвір меншого діаметру, нарізують різьбу з різьбленням протилежної спрямованості, загвинчують болт, і, продовжуючи обертання, вивертають обірвану деталь; свердлять отвір, забивають в нього сталевий загартований чотиригранник і за нього вивертають поламану деталь; якщо кінець деталі виглядає, то надівають шайбу, поверх неї гайку або пруток, які приварюють до болта або шпильки, і вивертають обірвану деталь; свердлять отвір більшого діаметру і нарізують нову різьбу, для нової деталі більшого розміру. Нерухомі з'єднання розбирають за допомогою знімачів, гвинтовими або гідравлічними пресами, індукційними знімачами, які нагрівають деталь, до 120...140 °С з, напуском оливи в зону з'єднання. Нероз'ємні з'єднання розбирають лише в разі пошкодження деталей або порушення з'єднання.

-Укладання знятих деталей. Крупні і важкі деталі, що не вимагають ремонту, укладають на дерев'яні підкладки і козли, дрібні – в металеві ящики або сітчасті ящики для відправки на миття.

- Дефектація – розділення деталей на три групи: придатні (справні); такі, що вимагають ремонту; непридатні. Види дефектів: знос, що змінює розміри і форму поверхонь; втомні тріщини; руйнування зварних і заклепувальних швів; залишкові деформації; окрихчування; нарости, корозія та ін. Сортують відповідно до технічної документації, в якій вказані ознаки бракувань. Дві стадії сортування: перша – візуальний огляд, із застосуванням простих інструментів: лінійка, штангенциркуль; друга – перевірка спеціальними приладами або на стендах з метою виявлення дрібних і прихованих тріщин (дефектоскопія), водо і газопроникності, невеликих відхилень форми і розмірів деталей, пружності пружин, твердості поверхонь і таке ін. Маркування – за результатами дефектації, деталі маркують: придатні – білою (зеленою) фарбою або залишають незабарвленими; які вимагають ремонту – жовтою (білою) або зеленою; непридатні – червоною. Оцінка придатності деталей – більш трудомісткий процес, ніж контроль нових деталей у зв'язку з великим числом вимірів, які виконуються із застосуванням спеціального інструменту і пристосувань.

-Відновлення деталей – це окрема тема, деякі важливі моменти якої залежать від методу вирішення наступного етапу. Агрегатне і загальне складання. Головне питання механо-складального виробництва – метод здобуття необхідної точності сполучення деталей. При виготовленні нових машин в масовому, серійному, дрібносерійному, і одиничному виробництві процес, як правило, будується відповідно до принципу абсолютної взаємозамінюваності, при якому задана точність сполучень забезпечується механообробкою без підбору і пригону деталей. При ремонті поряд з ці методом застосовуються та інші методи: метод неповної взаємозамінюваності, при якому отримані механообробкою розміри деталей забезпечують задану точність сполучень без підбору і пригону, але не у всіх сполученнях. При такому підході допуски декілька розширені і невелике число сполучень виходить за межі вимог абсолютної взаємозамінюваності. Метод підбору або селективного складання передбачає ще більше розширення полів допусків, сортування деталей після механообробки на декілька груп в межах вужчих кордонів допусків, завдяки чому забезпечується практично будь-яка точність сполучень. Метод пригону – деталі виготовляють по економічно прийнятних допусках, і одну з них, компенсуючу, приганяють по місцю. Метод регулювання – аналогічний попередньому методу, але застосовується в розмірних ланцюгах, коли сполучаються декілька деталей. При цьому допуски розширюють для всіх деталей, а надлишкову помилку усувають регулюванням, або введенням в ланцюг деталі – компенсатора.

-Випробування та задача в експлуатацію.

Технологічні методи відновлення деталей. Ремонтвана деталь – прекрасна заготовка. Вона не вимагає матеріальних витрат, її розміри в максимальній мірі наближені до розмірів деталі, кількість пошкоджень порівняно невелика. Також невеликий і об'єм відновних робіт. Вартість відремонтованих деталей у декілька разів менше вартості нових навіть в умовах децентралізованого відновлення.

Відновлення механічним обробленням. Застосовують два види ремонту механічним обробленням: під новий розмір; під номінальний розмір. Новий розмір може бути індивідуальний і ремонтний.

Індивідуальний розмір. При ремонті під індивідуальний розмір коштовнішу деталь обробляють до усунення в ній дефекту, тобто новий розмір заздалегідь не встановлюють. Зв'язану деталь виготовляють заново або підганяють під новий розмір. Такий ремонт дозволяє подовжити термін служби коштовнішій деталі. Взаємозамінюваність деталей при цьому порушена, що при ремонті не так критично. Ремонтний розмір. При ремонті під ремонтний розмір обробку коштовнішої деталі виконують до певного, заздалегідь встановленого розміру. Такий підхід дозволяє зберегти взаємозамінюваність в межах ремонтного розміру і застосовувати методи серійного і великосерійного виробництва при виготовленні зв'язаних деталей, що значно здешевлює ремонт. Як приклад використання такого методу ремонту можна привести ремонт блоку циліндрів автомобіля. Всі циліндри розточуються до деякого ремонтного розміру (всього їх встановлено 3). Поршні і кільця, виготовлені методами великосерійного і навіть

масового виробництва, отримуються в будь-якому магазині автомобільних запасних частин під відповідний ремонтний розмір (перший, другий або третій). Номінальний розмір. Первинні номінальні розміри і допуски на них відновлюються шляхом видалення дефектного шару або дефектної частини деталі і установки на їх місце додаткової ремонтної деталі (втулки, кільця і ін.). За цим способом ремонтують як деталі типа тіл обертання, так плоскі і корпусні деталі. Технологічний процес включає наступні етапи: видалення дефектного шару або елемента і підготовка поверхні з'єднання; виготовлення ремонтної деталі; з'єднання ремонтної і основної деталі; остаточна механообробка робочих поверхонь в номінальні розміри.

Відновлення слюсарно-механічною обробкою. Цей спосіб відновлення включає наступні види робіт: обпилювання, шабрєніє і притирання, постановка латок, склеювання. Перші три види – складові частини пригоночних робіт, що виконуються для здобуття необхідної точності сполучень. Постановку латок і штифтів виконують при закладенні пробоїн, тріщин і ін. пошкоджень при неможливості їх виправлення зварюванням.

Відновлення електромеханічною обробкою. При цьому способі відновлення механічна обробка поєднується з нагрівом металу в зоні різання електричним струмом за рахунок включення різця і деталі в електричний ланцюг низької напруги. При цьому метал в зоні різання нагрівається до температури 800° С. Для створення необхідних параметрів процесу використовується трансформатор, що дозволяє розвивати струми до 1000 А при напрузі в ланцюзі 0,2...2,0 В. Спосіб дозволяє обробляти загартовані деталі і деталі з твердих сплавів. Відновлена деталь має підвищену витривалість і зносостійкість.

Електромеханічне згладжування, що виконується широким різцем з радіусом закруглення вершини 80...100 мм може замінити шліфування. У поєднанні з електромеханічним втискуванням електромеханічне згладжування дозволяє відновлювати нерухомі з'єднання.

Відновлення зварюванням і наплавленням.

Технологічні процеси зварювання і наплавлення займають провідне місце при ремонті виробів, оскільки з їх допомогою відновлюють майже 70% деталей, а при ремонті металоконструкцій і того більше.

Існує досить багато різних видів зварювання і наплавлення, кожен з яких має свою сферу застосування, короткий опис сфери застосування видів зварювання наведено в таблиці 1, а видів наплавлення – в таблиці 2.

Таблиця 1 – Сфери застосування видів зварювання

Найменування вида зварювання	Сфера застосування
Ручне дугове	Зварювання тріщин, зламів, приварювання накладок, вставок, латок, наплавлення зносостійких матеріалів
Автоматичне і напівавтоматичне зварювання	Зварювання тріщин, зламів, приварювання накладок, вставок, латок, зварювання тонколистового матеріалу
Аргонодугове	Зварювання і наплавка алюмінія та корозійностійкої сталі
Газове	Зварювання тріщин, приварювання зламів, зварювання тонколистового матеріалу
Контактне	Сварка тонколистового матеріала.
Тертям	Стикове зварювання деталей та їх елементів різної конфігурації при підвищених вимогах до якості зварювання
Термітне	Зварювання великогабаритних та масивних деталей.
Електрошлакове	Приварювання зламів, зварювання великогабаритних деталей.
Електронно-променеве	Зварювання відповідальних деталей с високою точністю.
Високочастотне	Зварювання корозійностійкої сталі.
Магнітно-імпульсне	Зварювання різнорідних металів
Вибухом	Зварювання різнорідних металів
Тиском	Зварювання деталей та їх елементів, різних за конфігурацією
Дифузійне у вакуумі	Зварювання мілких відповідальних деталей з високої точністю

Наплавлення дає можливість отримати на поверхні деталей шар необхідної товщини і хімічного складу, високої твердості і зносостійкості.

Таблиця 2 – Сфери застосування видів наплавлення

Найменування вида зварювання	Сфера застосування
Дугове під флюсом	Наплавлення деталей діаметром більше 50 мм. При підвищених вимогах до якості наплавленого матеріалу і товщиною наплавленого шару більше 1 мм.
Дугове у вуглекислому газі	Наплавлення сталених деталей широкої номенклатури з діаметром більше 16 мм, які працюють в різних умовах
Дугове з газополум'яним захистом	Наплавлення сталених і чавунних деталей
Вібродугове	Наплавлення сталених деталей при невисоких вимогах до опору втоми
Дугове порошковим дротом або стрічкою	Наплавлення зносостійких шарів на деталях, які працюють в умовах інтенсивного абразивного зносу, ударних нагрузок, в вузлах тертя
Дугове в середовищі аргону	Наплавлення алюмінієвих деталей або деталей з корозійно-стійкої сталі
Контактне	Наплавлення гладких циліндричних зовнішніх і внутрішніх поверхонь з зносом не більше 1 мм.
Газове	Наплавлення циліндричних та профільних поверхонь з місцевим зносом і підвищених вимогах до зносостійкості
Плазмове	Наплавлення відповідальних деталей при підвищених вимогах до зносостійкості та опору втоми.
Багатоелектродне під флюсом	Наплавлення деталей зі значним зносом товщини і площині.
Електроімпульсне	Наплавлення циліндричних зовнішніх поверхонь з зносом до 0,5 мм. Та обмежувачем температури нагріва деталі.
Електроіскрове	Нарощування і зміцнення поверхонь з зносом до 0,2 мм. При невисоких вимогах до суцільності покриття
Електрошлакове	Наплавлення деталей зі значними зносами, які перевищують 6 мм. За товщиною.
Рідким металом	Наплавлення деталей з износами не менше 3 мм. При підвищених вимогах до зносостійкості та знижених вимогах до ударних навантажень
З одночасним різанням	Наплавлення і обробка зносостійких матеріалів у нагрітому стані, обробка яких в холодному стані утруднена.
Лазерне	Наплавлення зносостійких матеріалів на відповідальні деталі та деталі складного профілю.

Високочастотне	Наплавлення зносостійких матеріалів на робочі органи і леза.
----------------	--

Нанесення газотермічних покриттів (металізація)

Цей спосіб ремонту застосовують при відновленні розмірів зношених деталей. Крім того, наносять на вкладиші і втулки антифрикційні покриття з псевдосплавів, утворених в результаті одночасного розпилення двох або трьох різних металів або їх порошків. Такі покриття з недефіцитних матеріалів відрізняються високими антифрикційними властивостями. Через пористості в нього вбирається мастило і забезпечує тривалу нормальну роботу без подачі мастила. В таблиці 3 наведено види покриттів.

Таблиця 3 – Види покриттів

Найменування виду процесу	Сфера застосування
Плазмове порошковими матеріалами без оплавлення (на ацетилені або пропан-бутані)	Зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні нерухомих з'єднань при низьких вимогах до міцності зчеплення з основним металом
Таке ж, але з оплавленням	Зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні і профільні поверхні при підвищених вимогах до зносостійкості і міцності зчеплення з основним матеріалом.
Плазмове порошковими матеріалами або дротом	Зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні
Йонно-плазмове	Нанесення зносостійких та захисних покриттів товщиною до 0,02 мм з особливими властивостями
Детонаційне	Нанесення зносостійких покриттів з особливими властивостями
Дугове	Зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні при невисоких вимогах до міцності зчеплення з основним металом

Відновлення холодним пластичним деформуванням

Відновлення деталей методом пластичного (залишкового) деформування засноване на властивості металу в результаті обробки тиском необоротно змінювати свою форму і розміри. В ході процесу відбувається об'ємне перерозподіл металу з неробочих поверхонь деталі до зношеним. Процес цей

може виконуватися з нагріванням і без нього. В таблиці 4 наведено види пластичного деформування.

Таблиця 4 – Види пластичного деформування.

Найменування виду процесу	Сфера застосування
Роздача	Відновлення зовнішніх поверхонь порожнистих деталей з нежорсткими вимогами до внутрішнього розміру
Роздача з одночасним витягуванням	Відновлення спеціальним деформуючим інструментом зовнішніх поверхонь і довжини порожніх деталей з нежорсткими вимогами до внутрішнього розміру.
Витягування	Відновлення довжини деталі з нежорсткими вимогами до зовнішніх розмірів
Розкатування	Закріплення додаткових ремонтних деталей в отворах, зміцнення
Дорнування і калібрування, протягування	Відновлення поверхонь отворів після осідання або термічного впливу. Зміцнення і вигладжування.
Правка	Відновлення форми.
Накочення	Відновлення поверхні невідповідальних деталей, відновлення рифленої поверхні і шліцьовії поверхні
Обтиснення	Відновлення внутрішніх поверхонь деталей при нежорстких вимогах до зовнішніх.
Чеканка	Відновлення форми деталей, зміцнення зварних швів.

Відновлення гарячим пластичним деформуванням

Обробка металів тиском при температурі нижче температури рекристалізації називається холодною обробкою, а при більш високій температурі – гарячої обробкою. У цьому випадку обробку починають при температурі, значно вище температури рекристалізації. Цим уникають появи наклепа і виникнення тріщин. Великі і сильно деформовані деталі правлять в нагрітому стані, так як холодна правка не завжди дає стійкий результат, так як в металі в результаті наклепа можуть виникнути внутрішні напруження, що накладаються на залишкові напруги, зберігаються в деталях. Ці процеси не виникають при гарячій правці, коли місця деформації нагрівають до 600...900 °С. Наприклад, для редагування металоконструкцій нагрівають деформовані елементи за допомогою газових пальників і паяльних ламп до 900 В° С в місцях найбільших вигинів з

опуклого боку. Виниклі при нагріванні напруги розтягнення викликають випрямлення деталі.

В таблиці 5 наведено види гарячого пластичного деформування.

Таблиця 5 – Види гарячого пластичного деформування

Найменування виду процесу	Сфера застосування
Тиском у закритому штампі	Відновлення форми та елементів деталі за рахунок перерозподілу металу з неробочих поверхонь на робочі для компенсації зносу.
Гідротермічне роздавання	Відновлення зовнішніх поверхонь порожнистих деталей з нежорсткими вимогами до внутрішнього розміру.
Термоцикліровання, термопластичне обжимання	Відновлення, переважно, внутрішніх поверхонь порожнистих деталей
Накочення	Відновлення зубчастих профілів шестерень і зірочок.
Ротаційне деформування	Відновлення зубчастих і шліцьових поверхонь.
Витискування	Місцеве деформування з метою відновлення профілю і розмірів робочих поверхонь.
Віттяжка	Відновлення форми робочих поверхонь і ріжучих кромок робочих органів.
Термомеханічне оброблення	Відновлення фізико-механічних характеристик. Зміцнення.

Відновлення з використанням гальванічних покриттів

Покриття з металів, сплавів, псевдосплавів і пластмас наносять на поверхню деталей для захисту їх від корозії, збільшення терміну служби, відновлення розмірів, отримання антифрикційних, корозійностійких і жароміцних поверхонь.

В таблиці 5 наведено види відновлення з використанням гальванічних покриттів

Найменування виду процесу	Сфера застосування
Залізнення: на постійному і асиметричному струмах, в спокійному або проточному електролітах	Відновлення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей переважно з зносом не перевищує 0,2...0,5 мм. З високою поверхневою твердістю і при нежорстких вимогах до міцності зчеплення покриття з основним металом

Хромування: при постійному струмі, у спокійному або проточному електроліті	Відновлення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей з зносом, що не перевищує 0,2 мм., з високими вимогами до зносостійкості відновлюваних поверхонь.
Хімічне і електролітичне нікелювання	Відновлення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей з зносом, що не перевищує 0,05 мм.
Цинкування	Захист від корозії
Міднення	Відновлення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей, виготовлених з міді і її сплавів.
Нанесення гальванополімерних покриттів	Відновлення зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь деталей.
Кадмування	Захист від корозії

Перераховано тільки основні, найбільш поширені способи відновлення деталей.

Пластмаси. У ремонтній практиці наносять їх на поверхню деталей для відновлення їх розмірів, підвищення зносостійкості та поліпшення герметизації. Одночасно покриття з пластмаси знижує шум і підвищує корозійну стійкість деталі.

Тонкий шар пластмаси практично не погіршує міцності матеріалу і додає деталі податливість, тобто здатність приймати форму деталі, що призводить до різкого збільшення площі контакту. Пластмаси наносять литтям під тиском, гарячим пресуванням, вихровим, газополуменевим і відцентровим способами.

Практична робота Пр3 Види ремонтів. Приклад виконання роботи.

Ремонт втулки механізму привода:

знос внутрішнього діаметра втулки механізму привода вище нормативного (більше 5 мм).

Основні технологічні операції:

- демонтаж втулки,
- мийка деталі і дефектація,
- визначення максимального діаметру зношення,
- проточка на токарному верстаті для видалення зношеної поверхні,
- електродне наплавлення внутрішнього діаметра з припуском для механічного оброблення до первинного розміру,
- токарна операція для розточення наплавленого шару до первинного розміру. Розміри для припусків визначаються згідно креслень для деталей швидкого зношення (паспорт та інструкція з експлуатації крану). При нарізанні шпоночного пазу виконуємо зміщення пазу на 90 °.

– контроль якості. Перевіряємо відремонтовані розміри і шорсткість поверхні.



Рисунок 5.2 – Наплавлена втулка



Рисунок 5.3 – Розточена втулка

Висновок: таким методом можна відновлювати деталі типу втулка.

Зразок виконання практичної роботи Пр4

Вимоги згідно правил до зварювання

Прихоплювання та зварювання несучих елементів металоконструкцій машин, приварювання кабін, площадок, перил і засобів доступу, а також прихоплювання та зварювання знімних вантажозахоплювальних пристроїв, тари та колик повинні виконувати зварники, атестовані відповідно до вимог Правил атестації зварників, затверджених наказом Держнаглядохоронпраці від 19.04.96 № 61, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 31.05.96 за № 262/1287.

Зварювальні матеріали, застосовувані для зварювання, мають забезпечувати механічні властивості металу шва і зварного з'єднання (границя міцності, відносне видовження, кут загину, ударна в'язкість, твердість) не менше нижньої границі зазначених властивостей основного металу конструкції, установлених НД для даної марки сталі. У разі застосування в одному з'єднанні сталей різних марок механічні властивості металу шва мають відповідати властивостям сталі з більшою границею міцності. Марки присадних матеріалів, флюсів і захисних газів зазначаються в технічних умовах на виготовлення, реконструкцію, модернізацію та ремонт.

Для виготовлення елементів металоконструкцій із труб, прокату листового, сортового, фасонного тощо дозволяється застосування всіх способів різання, що забезпечують якісне одержання форм і розмірів цих елементів відповідно до робочих креслень. Різання проводиться за технологією, що унеможливує утворення тріщин або погіршує якість металу на крайках, а також у зоні термічного впливу. Під час складання конструкції під зварювання має забезпечуватися точність з'єднань у межах розмірів і допусків, установлених робочими кресленнями і технологічними документами.

Зварювання має проводитися в приміщеннях, які унеможливають вплив несприятливих атмосферних умов на якість зварних з'єднань. Зварювання просто неба дозволяється за умови захисту місць зварювання від атмосферних опадів і вітру.

Зварювальні роботи, що проводяться під час виготовлення, ремонту, реконструкції чи модернізації, мають виконуватися відповідно до вимог комплексу документів на технологічні процеси зварювання. Можливість і порядок зварювання за температури повітря нижче 0 °С установлюються технічними умовами або іншими НД.

Дозволяється виготовлення зварних виробів із застосуванням у тому самому зварному вузлі різних методів зварювання, про що має бути зроблене застереження в технічних умовах. Прихоплювання елементів зварних з'єднань під час складання металоконструкцій мають виконуватися з використанням таких самих зварювальних матеріалів, що й під час зварювання.

Прихоплювання, виконані під час складання металоконструкції, можуть не видалятися, якщо під час зварювання вони будуть цілком переплавлені. Перед зварюванням прихоплювання очищуються від шлаку. Несучі зварні металоконструкції повинні мати клеймо чи інше умовне позначення, що дозволяє визначити прізвище зварника, який виконав зварювання. Маркування здійснюється методами, що забезпечують його схо-ронність упродовж експлуатації виробу і не погіршують його якості. Метод і місце маркування мають бути зазначені на кресленнях.

Необхідність і методи термічної обробки зварних з'єднань несучих елементів металоконструкцій установлюються технічними умовами на виготовлення, реконструкцію, модернізацію чи ремонт.

Практична робота Пр5 Проведення діагностики крану мостового електричного однобалкового (кран-балки) лабораторії кафедри ПТМ.

Практична робота Пр5 проводиться за вимогами ОМД 00120253.001-2005 «Методика проведення експертного обстеження (технічного діагностування) кранов мостового типу».

Згідно вимог методики треба:

- вивчити експлуатаційну, конструкторську, ремонтну та іншу документацію, яка містить дані про кран за весь період експлуатації;
- провести перевірку організації безпечної експлуатації, технічного обслуговування та ремонту;
- проаналізувати умови і режим експлуатації;
- розробити програму робіт з експертного обстеження;
- провести огляд крану і його складових частин.

Разом з викладачем дисципліни провести експертне обстеження (діагностику) крану.

1. Студентам треба вивчити паспорт крану, записати основні технічні дані крану, перевірити чи є у паспорті зміни чи ремонт крану.

2. Перевірити наявність наказу керівника про відповідального за технічних стан крану.

3. Виписати дані крану про умови та режим експлуатації.

4. Скласти програму робіт з експертного обстеження.

5. Провести огляд крану:

-металоконструкції крану, кінцевих балок, монорейки тельфера, металоконструкції кріплення підвісного шляху;

-перевірити стан механізмів крану (механізму пересування крану, тельферу і особливостей тельфера);

-перевірити стан електрообладнання, кабелів;

-перевірити стан приладів і пристроїв безпеки;

-виконати вимірювання і габаритів встановлення крану (відстань між опорами, довжина підвісного шляху, тощо).

-скласти експертний висновок, роздрукувати і захистити свої висновки.

Приклад експертного обстеження (діагностування) наведено в додатку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Проблемы надежности и ресурса в машиностроении / Под ред. К.В. Фролова и А.П. Гусенкова, М. : Высшая школа, 1986. – 240с.

2. Елизаветин М.А. Повышение надежности машин. М.: «Машиностроение», 1968. – 267с.

3. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. Чин. 1996-01-01. – К. : Держстандарт, 1994. – 75с.

4. Гавриш, П.А. Ушкодження кранових металоконструкцій. Діагностика. Ремонт. / П.А. Гавриш, В.Д. Кассов, В.П. Шепотько // Навчальний посібник. – Краматорськ: ДДМА. – 2012. – 280с. ISBN 978-966-379-581-2

5. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины: Учеб. Для машиностр. спец. вузов. – 6-е изд. перераб. – М. : Высшая школа, 1985. – 520с.

6. Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. Л. : изд. Машиностроение, 1964. – 334с.

7. Справочник по кранам: в 2-х томах. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций / В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И. Е. Звягин и др.; Под общ. ред. М.М Гохберга. – М. : Машиностроение. 1988. – 536с.

8. НПАОП 0.00-1.82-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання».

ДОДАТОК 1

Варіанти завдань практичної роботи Пр1

Визначити середнє напрацювання між відмовами порталнього крану за місяць роботи. Визначити комплексний показник надійності – коефіцієнт готовності.

Варіант 1

Журнал роботи кранівника:

1 червня – зауважень немає, 2 червня – зауважень немає, 3 червня – зауважень немає, 4 червня – зауважень немає, 5 червня – заміна канату 6 годин, 6 червня – несправність робочого контролера 2 години, 7 червня – ремонт муфти головного підйому 2 години, 8 червня – зауважень немає, 9 червня – зауважень немає, 10 червня – несправність ел.двигуна приводу переміщення 2 години, 11 червня – простої крану немає вантажів 8 годин, 12 червня – зауважень немає, 13 червня – зауважень немає, 14 червня – зауважень немає, 15 – ремонт механізму повороту 6 годин, 16 – ремонт механізму повороту 2 години, 17 червня – зауважень немає, 18 червня – зауважень немає, 19 червня – зауважень немає, 20 червня – зауважень немає, 21 червня – зауважень немає, 22 червня – зауважень немає, 23 червня – заміна мастила редуктора підйому вантажу 2 години, 24 червня – зауважень немає, 25 червня – зауважень немає, 26 червня – зауважень немає, 27 червня – ремонт електричних запобіжників кабелю живлення 2 години, 28 червня – зауважень немає, 29 червня – зауважень немає, 30 червня – зауважень немає.

Варіант 2

Журнал роботи кранівника:

1 серпня – зауважень немає, 2 серпня – зауважень немає, 3 серпня – зауважень немає, 4 серпня – зауважень немає, 5 серпня – зауважень немає, 6 серпня – несправність механізму контрваги 2 години, 7 серпня – ремонт електродвигуна головного підйому 2 години, 8 серпня – зауважень немає, 9 серпня – зауважень немає, 10 серпня – несправність кінцевого вимикача порталу 2 години, 11 серпня – зауважень немає, 12 серпня – зауважень немає, 13 серпня – зауважень немає, 14 серпня – зауважень немає, 15 серпня – ремонт механізму повороту 2 годин, 16 серпня – зауважень немає, 17 серпня – зауважень немає, 18 серпня – зауважень немає, 19 серпня – ремонт вантажозахоплювального пристроя 2 години, 20 липня – ремонт металоконструкції порталу 4 години, 21 серпня – зауважень немає, 22 серпня – заміна мастила редуктора переміщення порталу 4 години, 23 серпня – зауважень немає, 24 серпня – зауважень немає, 25 серпня – зауважень немає, 26 серпня –

зауважень немає, 27 серпня – ремонт кінцевих вимикачів 2 години, 28 серпня – зауважень немає, 29 серпня – зауважень немає, 30 серпня – ремонт кінцевих вимикачів поворотного механізму. 31 серпня – зауважень немає.

Варіант 3

Журнал роботи кранівника:

1 вересня – зауважень немає, 2 вересня – зауважень немає, 3 вересня – зауважень немає, 4 вересня – зауважень немає, 5 вересня – зауважень немає, 6 вересня – несправність механізму контрваги 2 години, 7 вересня – ремонт електродвигуна головного підйому 2 години, 8 вересня – зауважень немає, 9 вересня – зауважень немає, 10 вересня – несправність кінцевого вимикача порталу 2 години, 11 вересня – зауважень немає, 12 вересня – зауважень немає, 13 вересня – зауважень немає, 14 вересня – зауважень немає, 15 вересня – ремонт механізму повороту 2 годин, 16 вересня – зауважень немає, 17 вересня – зауважень немає, 18 вересня – зауважень немає, 19 вересня – ремонт вантажозахоплювального пристрою 2 години, 20 вересня – ремонт металоконструкції порталу 4 години, 21 вересня – зауважень немає, 22 вересня – заміна мастила редуктора переміщення порталу 4 години, 23 вересня – зауважень немає, 24 вересня – зауважень немає, 25 серпня – зауважень немає, 26 вересня – зауважень немає, 27 вересня – ремонт кінцевих вимикачів 2 години, 28 вересня – зауважень немає, 29 вересня – зауважень немає, 30 вересня – ремонт кінцевих вимикачів поворотного механізму.

Варіант 4:

Журнал роботи кранівника:

1 – 6 жовтня ремонт опорно-поворотного пристрою 144 години, 7 заміна канату 3 години, 8 жовтня – зауважень немає, 9 жовтня – зауважень немає, 10 жовтня – зауважень немає, 11 жовтня – зауважень немає, 12 жовтня – зауважень немає, 13 жовтня – зауважень немає, 14 жовтня – зауважень немає, 15 жовтня – ремонт механізму підйому стріли 4 годин, 16 жовтня – зауважень немає, 17 жовтня – зауважень немає, 18 жовтня – зауважень немає, 19 жовтня – ремонт системи автоматичного змащення 2 години, 20 жовтня – зауважень немає, 21 жовтня – зауважень немає, 22 жовтня – заміна мастила редуктора переміщення порталу 4 години, 23 жовтня – зауважень немає, 24 жовтня – зауважень немає, 25 жовтня – зауважень немає, 26 жовтня – зауважень немає, 27 жовтня – зауважень немає, 28 жовтня – зауважень немає, 29 жовтня – зауважень немає, 30 жовтня – ремонт кінцевих вимикачів поворотного механізму, 31 жовтня – зауважень немає.

Варіант 5:

Журнал роботи кранівника:

1 квітня – зауважень немає, 2 квітня – ремонт протиугінного пристрою, 3 квітня – зауважень немає, 4 квітня – зауважень немає, 5 квітня – зауважень немає, 6 квітня – несправність механізму рухомої противаги 2 години, 7 квітня – ремонт електродвигуна головного підйому 2 години, 8 квітня – зауважень немає, 9 квітня – зауважень немає, 10 квітня – налагодження обмежника вантажопідйомності 2 години, 11 квітня – налагодження обмежника вантажопідйомності 2 години,

12 квітня – зауважень немає, 13 квітня – зауважень немає, 14 квітня – зауважень немає, 15 квітня – ремонт буксового вузла механізму пересування крану 4 годин, 16 квітня – зауважень немає, 17 квітня – зауважень немає, 18 квітня – заміна коліс крану 4 години, 19 квітня – ремонт вантажозахоплювального пристроя 2 години, 20 квітня – ремонт металоконструкції порталу 6 годин, 21 квітня – зауважень немає, 22 квітня – заміна мастила редуктора переміщення порталу 4 години, 23 квітня – зауважень немає, 24 квітня – зауважень немає, 25 квітня – зауважень немає, 26 квітня – зауважень немає, 27 квітня – ремонт кінцевих вимикачів 2 години, 28 квітня – зауважень немає, 29 квітня – зауважень немає, 30 квітня – ремонт кінцевих вимикачів поворотного механізму.

ДОДАТОК 2

Варіанти завдань для практичної роботи Пр2

Варіант	Паспортний режим роботи крану	Тип крану	Рік виконання розрахунку	Рік введення крану в експлуатацію	Вантажопідйомність	Кількість робочих днів протягом року	Довідка про характер роботи крану							
							Маса вантажу				Кількість підйомів вантажу протягом доби			
							P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄
P1	A3	мостовий	011	1972	5	220	5	4	3	2	1	10	40	20
P2	A4	Мостовий рейферний	011	1988	20	180	20	15	10	8	4	21	12	8
P3	A1	Мостовий підвісний однобалко-вий	011	1984	3,2	190	3,2	2,5	2,0	1,0	3	9	7	12
P4	A3	Автомобільний	011	1981	20	240	20	14	10	4	1	6	9	14
P5	A4	Автомобільний	011	1989	40	280	40	32	25	18	2	12	14	2
P6	A2	Кран консольно-поворотний	011	1992	2	210	2	1,6	1,2	0,5	4	2	8	5
P7	A8	Береговий перевантажувач	011	1968	32	290	32	28	26	20	8	12	16	18
P8	A8	Рудно-рейферний перевантажувач	011	1968	32	300	32	28	26	20	8	12	16	18
P9	A2	Козловий кран	010	1990	10	200	10	8	6	4	4	12	14	14
P10	A4	Козловий кран	010	1990	20	180	20	16	14	10	5	16	12	10
P110	A1	Козловий кран	010	1992	1	150	1	0,8	0,5	0,2	2	3	4	4
P12	A5	Портальний	010	1994	32	180	32	30	28	24	12	5	14	20
P13	A3	Баштовий	010	1982	5	140	5	3	2	1	2	9	10	18
P14	A6	Мульдозавалочний	010	1981	5+20	220	20	18	16	15	4	12	14	20

ДОДАТОК 3
Варіанти завдань для практичної роботи Пр3

з/п	Деталь (складальна одиниця)	Дефект
	Вал Ø180 мм, L=800 мм	Поверхневий знос 2 мм
	Зубчасте колесо опорно-поворотного пристрою крана Ø2000 мм	Знос 5 зубців
	Розкос стріли баштового крана	Деформація 30 мм
	Корпус редуктора (чавун) РМ-500	Теча мастила. (Наскрізна тріщина)
	Тормозний шків Ø400	Зношення поверхні тертя більше 10 мм.
	Кранове колесо	Знос кранового колеса вище нормативного. Знос реборд.
	Кінцева балка, буксовий вузол.	Тріщина в металоконструкції
	Вертикальний редуктор візка.	Шум, скрежет при роботі. Пошкодження підшипника.
	Крюк головного підйому	Знос вертикального перерізу більше 20 мм (норматив 5)
0	Буферний пристрій	Непрацездатний. Теча мастила.
1	Канатний блок, крюкова підвіска	Сколи реборд блоку (більше 30%)
2	Провушини залізничного крана	Знос більше 20 мм (норматив 5 мм)
3	Стріла автомобільного крана	Деформація 190 мм на довжині 2 м.
4	Муфта приводу переміщення крана	Злам пальців. Кожну зміну –2...3 пальця)
5	Ручний гвинтовий протиугінний привод козлового крана	Неможливо вручну повернути штурвал.
6	Опори козлового крана	Корозія, продукти промислового процесу у кишнях опор
7	Прольотна балка козлового крана	Тріщини зварних швів сухарів на металоконструкції прольотної балки
8	Опорний каток ексаватора	Знос зовнішньої поверхні 12 мм (норматив 4 мм)

ДОДАТОК 4

Варіанти завдань для практичної роботи Пр4

Користуючись НПАОП 0.00-1.82-18 та ОМД 00120253.001-2005 «Методика проведення експертного обстеження (технічного діагностування) кранів мостового типу» визначити основні вимоги до :

1. Пульта керування опорної кран-балки $Q=3,2$ тн.
2. Огорожі та площадок доступу на рудно-грейферний перевантажувач $Q=32$ тн.
3. Гальма до стріперних кранів $Q=50$ тн.
4. Опорно-поворотних пристроїв автомобільних кранів $Q=12,5$ тн.
5. Портальних кранів (встановлення, монтаж), $Q=32$ тн.
6. Кабін мостових кранів $Q=20$ тн.
7. Драбин підйому на баштових кран $Q=8$ тн.
8. Приладів та пристроїв безпеки магнітно-грейферних кранів $Q=16$ тн.
9. Гаків ливарних кранів $Q=100$ тн.
10. Рейкових колій козлових кранів $Q=10$ тн.
11. Канатних барабанів крану $Q=100$ тн.
12. Гідроприводу автомобільних кранів $Q=16$ тн.
13. Противаги та баласту баштових кранів $Q=5$ тн.
14. Знімних вантажозахоплювальних пристроїв.
15. До кранів кабельного типу.
16. Підйомників для підймання людей.
17. До реконструкції і модернізації кранів.
18. Часткового і повного огляду кранів.

Навчальне видання

Методичні вказівки
до практичних, самостійних занять і контрольної роботи з дисципліни
«Наукові основи надійності, довговічності та працездатності машин і
обладнання»
галузь знань 13 – «Механічна інженерія»
спеціальність 133_ – «Галузеве машинобудування»
Факультет Машинобудування

ГАВРИШ Павло Анатолійович

Редактор І.І.Дьякова

Комп'ютерна верстка О.П.Ордіна

Вз.72/2006. Підп. до друку Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. Обл.-вид. арк.
Тираж прим. Зам. №

Видавець і виготівник
«Донбаська державна машинобудівна академія»
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
серія ДК № 1633 від 24.12.2003