

Донбаська державна машинобудівна академія  
Кафедра Підйомно-транспортних машин

Розглянуто і схвалено  
на засіданні кафедри підйомно-  
транспортних машин  
Протокол №      від квітня      р.  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Дорохов М.Ю.

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**  
дисципліни

**«Наукові основи надійності, довговічності та працездатності машин і  
обладнання»**

галузь знань 13 – «Механічна інженерія»

спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»

Факультет Машинобудування

Розробник: Гавриш П.А., д.т.н., доцент

Краматорськ, 2019

## ЗМІСТ

Вступ	3
Тема 1.1 Основні поняття та визначення які стосуються надійності машин	5
Тема 1.2 Об'єкт, стан об'єкта, відмови. Поняття, які стосуються тривалості та обсягу роботи	7
Тема 1.3 Види показників надійності, безвідмовності та довговічності	8
Тема 1.4 Нормування та забезпечення надійності. Технічне обслуговування та ремонт	11
Тема 2.1 Стани машини при експлуатації: справний, працездатний, несправний, непрацездатний	24
Тема 2.2 Ремонт машин і обладнання. Види ремонтів	26
Тема 3 Методика проведення діагностики і аналізу аварій та пошкоджень машин	36
Тема 4 Нагляд за машинами і обладнанням	45
Тема 5 Конструктивно-технологічні вимоги для підвищення надійності машин	47
ТЕСТИ	61
ЛІТЕРАТУРА	66

## ВСТУП

Вирішуючи завдання підвищення надійності і довговічності машин, ми тим самим збільшуємо виробничі потужності машинобудівних підприємств. Сучасні технічні засоби дуже різноманітні і складаються з великої кількості взаємодіючих механізмів, апаратів і приладів. Низький рівень надійності устаткування цілком може призводити до серйозних витрат на ремонт, тривалого простою обладнання, до аварій і т.п.

В даний час спостерігається швидке і багаторазове ускладнення машин, об'єднання їх у великі комплекси, зменшення їх металоємності і підвищенням їх силової та електричної напруженості. Тому наука про надійність швидко розвивається. У результаті підвищення довговічності деталей машин скорочуються витрати запасних частин і матеріалів на їх виготовлення, зменшується кількість працюючих і трудомісткість при експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті.

Для сучасних машин характерні такі напрямки їхнього розвитку, як збільшення ступеня автоматизації, підвищення робочих параметрів-навантажень, швидкостей, температур, боротьба за малі габарити і масу, підвищення вимог до точності функціонування, до ефективності їхньої роботи (продуктивності, потужності, ККД), об'єднання машин у системи з єдиним керуванням. Ускладнення машин і посилення вимог до них призвели до необхідності підвищення вимог до їхніх надійності і довговічності).

У міру ускладнення техніки, розширення сфери її використання, підвищення рівня автоматизації, збільшення навантажень і швидкостей значення питань надійності буде безперервно зростати. Це пояснюється не лише підвищенням вимог до безвідмовності і довговічності виробів, але й тим, що вирішення питань надійності є одним з основних джерел підвищення ефективності техніки, економії матеріальних, трудових і енергетичних ресурсів, підвищення конкурентоспроможності виробництва.

Вирішення проблеми надійності машин – це величезний резерв підвищення ефективності виробництва, продуктивності суспільної праці.

На даний час промисловість навіть передових країн несе величезні втрати через недостатню надійність і довговічність машин, що випускаються. Так, за весь період експлуатації витрати на ремонт і технічне обслуговування машин у зв'язку з їхнім зношенням, у декілька разів перевищують вартість нових машин.

Техніка забезпечення надійності систем охоплює найрізноманітніші аспекти інженерної діяльності, у тому числі технологію проектування,

виготовлення і використання машин, починаючи з моменту, коли формується й обґрунтовується ідея створення нової машини і закінчуючи ухваленням рішення про її списання. Кожний з етапів вносить свою частку в рішення задачі створення машини необхідного рівня надійності з найменшими витратами часу і засобів.

## **Тема 1.1 Основні поняття та визначення які стосуються надійності машин**

Якість і конкурентноспроможність технічних пристроїв, машин, і обладнання в першу чергу визначається їх надійністю. Головні напрямки удосконалення: підвищення ступеня автоматизації і технічних характеристик таких, як швидкість, рівень навантаження, температура і інші, підвищення рівня точності функціонування і ефективності роботи, об'єднання в системи з єдиним керуванням.

Історично розвиток науки про надійність відбувався з одного боку з розвитком математичних методів обробки експериментальної інформації, а з іншого боку – з вивченням фізичних процесів старіння таких, як зношування, корозія, втомне руйнування та інші. Справжній рівень розвитку науки про надійність є злиттям цих двох напрямків.

На сучасному рівні завдання надійності вирішуються з використанням теорії вірогідності, математичної статистики, теорії випадкових чисел, методів теорії автоматичного управління та інших розділів математичних наук. Іншою теоретичною основою теорії надійності є розділи науки, що вивчають фізико-хімічні процеси руйнування, зношення і старіння матеріалів такі, як: опір матеріалів, трибологія, корозія металів та інші.

Одному з основних для машинобудування завдань, на вирішення якої направлені методи теорії надійності, є встановлення тимчасових закономірностей процесів старіння. У цьому велику роль грає механіка і, зокрема, її розділ «Теорія механізмів і машин».

**Надійність** це 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. Надійність є комплексною властивістю, що залежно від призначення об'єкта і умов його застосування, може містити в собі такі показники як безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та збереженість чи певні поєднання цих властивостей. Показники і поняття надійності закріплені в ДСТУ 2860-94.

1. **Безвідмовність** – властивість машини зберігати працездатність при експлуатації протягом визначеного часу (наробітку) без вимушених перерв. Показники безвідмовності визначають дослідним методом. Проводять спостереження за групою машин і визначають: імовірність безвідмовної роботи, середній наробіток до відмови, інтенсивність відмов і наробіток на відмову.

2. **Довговічність** – властивість машини (складальної одиниці) зберігати працездатність із необхідними перервами для технічного обслуговування й ремонту до граничного стану, зазначеного в нормативно-технічній документації. Довговічність буває: фізична, моральна і техніко-економічна. Фізична довговічність визначається терміном служби машини до її гранично допустимого зносу. Моральна довговічність характеризує собою той термін служби, досягнувши якого машина певної марки і певного технічного оформлення стає економічно не вигідною. Вона обумовлюється технічним ресурсом. Техніко-економічна довговічність визначає термін служби машини (проміжний між фізичною і моральною довговічністю), за межами якого проведення ремонту машини економічно не вигідно. Кількісно довговічність оцінюється технічним ресурсом.

3. **Ремонтпридатність** – властивість машини (складальної одиниці), яка полягає в її пристосованості до попередження, виявлення та усунення відмов, ушкоджень і несправностей шляхом проведення технічних обслуговувань і ремонтів. За своїм змістом ремонтпридатність – експлуатаційно-технічна властивість машини, що характеризує пристосованість її конструкції до ремонтно-обслуговуючих робіт (контроль технічного стану машини і її складових частин, регулювання з'єднань, виявлення та усунення відмов і ушкоджень, попереджувальна заміна деталей і складальних одиниць, що втратили працездатність, і т.д.), проведення технічного обслуговування й ремонту, усунення відмов у період експлуатації. Цей показник надійності піддається перевіркам, проведеним на машино випробувальних станціях, заводах-виробниках, ремонтних підприємствах і в господарствах, що експлуатують машини. За питомими витратами часу простою, трудовими затратами і вартістю проведених технічних заходів оцінюють рівень ремонтпридатності машини.

4. **Збереженість** – властивість машини (складальної одиниці) безперервно зберігати справний і працездатний стан протягом експлуатації та транспортування.

Надійність – основна характеристика якості і конкурентоспроможності сучасних машин, до вихідних параметрів яких пред'являються високі вимоги. У основу методологічного підходу покладена фізико-імовірнісна модель надійності, яка враховує як фізичні закономірності процесів старіння, що знижують працездатність машини, так і імовірнісну природу всіх явищ. Надійність – це наука про оцінку майбутнього стану досліджуваного об'єкту: як довго він житиме і функціонуватиме.

Тому наука про надійність машин ґрунтується на трьох китах – механіка, теорія вірогідності і трибологія.

Машина – це пристрій, що виконує механічні рухи з метою перетворення енергії, матеріалів, інформації або для здійснення якої-небудь необхідної роботи. В світі йде безперервний процес оновлення машинного парку: з'являються нові зразки машин, удосконалюються ті, що існують, ліквідовуються віджилі свій вік екземпляри. При створенні нових машин йде постійний пошук рішень, які дозволять підвищити техніко-економічні характеристики машини, додати їй нові функції, забезпечити конкурентоспроможність.

Для всіх без виключення типів машин характерні такі напрями їх розвитку як: збільшення ступеня автоматизації, підвищення режимів роботи – навантажень, швидкостей, температур, боротьба за малі габарити і масу, підвищення вимог до точності функціонування підвищення вимог до ефективності їх роботи (продуктивності, потужності, ККД) об'єднання машин в системи з єдиним керуванням.

У проблемі створення конкурентоздатної продукції і відшукування найбільш ефективних шляхів її здобуту істотну роль грає рівень її надійності. Чим вище гарантований виготівником рівень надійності машини, тим, за інших рівних умов, більшою конкурентоспроможність вона має. Чим вище технічні характеристики машини, тим актуальніше проблема підвищення її надійності. Сучасний рівень розвитку техніки дозволяє досягти практично будь-яких показників якості і надійності виробу. Вся справа полягає у витратах для досягнення поставленої мети. Зроблені витрати на ці заходи можуть бути настільки високі, що ефект від підвищеної надійності об'єкту не відшкодує їх, і сумарний результат від проведених заходів буде негативним.

Таким чином, високонадійну машину доцільно створювати не лише по вимогах безвідмовності і престижності, але і з позиції економічної ефективності. При збільшенні витрат на виготовлення нової машини треба вирішити питання, яку долю цих витрат слід використовувати для підвищення технічних характеристик і яку – на підвищення надійності.

## **Тема 1.2 Об'єкт, стан об'єкта, відмови. Поняття, які стосуються тривалості та обсягу роботи**

**Об'єкт** – Система, споруда, машина, підсистема, апаратура, функційна одиниця, пристрій, елемент чи будь яка їх частина, що розглядається з погляду надійності як самостійна одиниця. Об'єкт може включати технічні засоби, технічний персонал чи будь-які їх поєднання. Сукупність об'єктів, об'єднаних спільним призначенням і метою функціонування, може розглядатися як об'єкт.

Обслуговуваний об'єкт – для якого проведення технічного обслуговування передбачено нормативно-технічною документацією та (чи) конструкторською (проектною) документацією.

Ремонтнопридатний об'єкт, ремонт якого можливий та передбачений нормативною, ремонтною та (чи) конструкторською (проектною) документацією.

Відновлювальний об'єкт, який після відмови та усунення несправності знову стає здатним виконувати потрібні функції з заданими кількісними показниками надійності.

Основна функція об'єкту – функція чи сукупність функцій об'єкта, виконання якої розглядають як необхідну умову відповідності об'єкта його призначенню. Всі функції об'єкта можна умовно розподілити на основні та допоміжні. Допоміжні функції – функції, невиконання яких не порушує відповідності об'єкта його призначенню.

**Наробіток (напрацювання)** Тривалість чи обсяг роботи об'єкта. Наробіток може бути як неперервною величиною (тривалість роботи в годинах, кілометрах пробігу тощо), так і цілочисельною величиною (кількість робочих циклів, запусків тощо).

**Наробіток до відмови.** Наробіток об'єкта від початку експлуатації до виникнення першої відмови. Наробіток між відмовами, це наробіток об'єкта від завершення відмовлення його працездатного стану після відмови до виникнення наступної відмови.

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

**Термін служби.** Календарна тривалість експлуатації об'єкта від початку чи її поновлення після ремонту до переходу в граничний стан.

**Термін збережуваності.** Календарна тривалість, зберігання та (чи) транспортування об'єкта, протягом якої значення параметрів, що характеризують здатність об'єкта виконувати потрібні функції, перебувають у заданих межах.

Календарна тривалість зберігання, після досягнення якої зберігання об'єкта належить припинити незалежно від його технічного стану.

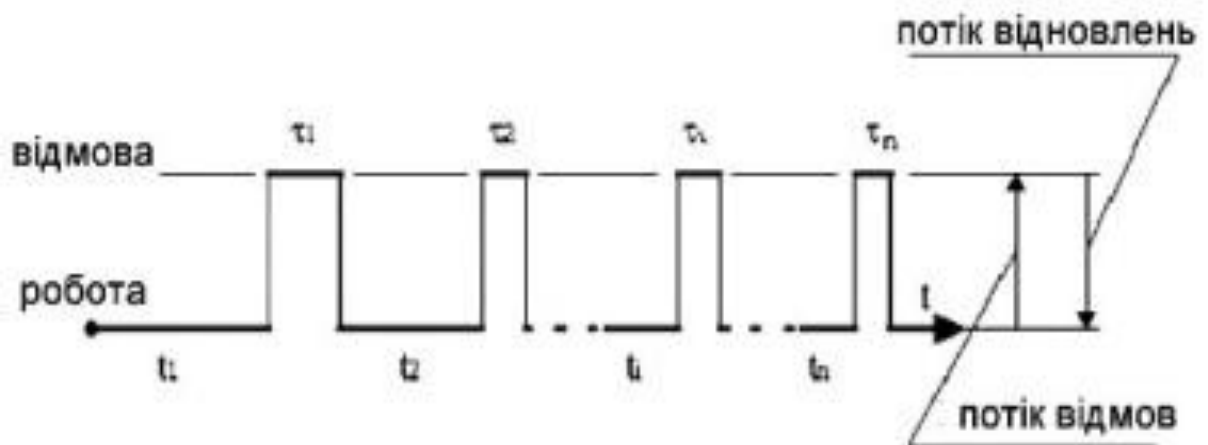
**Призначений термін зберігання.** Після закінчення призначеного

ресурсу (терміну служби, терміну зберігання) об'єкт належить вилучити з експлуатації та повинно бути прийняте одне з рішень, передбачених відповідною нормативною документацією: скерувати на ремонт, списати, знищити, перевірити та встановити новий призначений ресурс тощо.

### Тема 1.3 Види показників надійності, безвідмовності та довговічності

Показники надійності складають одну з основних груп показників якості машин і забезпечення їх необхідного рівня приділяють велику увагу на всіх етапах життєвого циклу. При проектуванні машини закладають певний запланований рівень її надійності, виходячи з державних і галузевих стандартів з урахуванням фактичної надійності кращих зразків подібних виробів. При виготовленні і монтажі машини планована надійність повинна бути втілена відповідним чином в виготовлених деталях, зібраних вузлах і монтажних з'єднаннях її складових частин. А при експлуатації машини визначають її надійність (фактичну), яку підтримують на необхідному рівні відповідними режимами технічної експлуатації.

Основні показники безвідмовності для відновлюваних об'єктів. Процес функціонування відновлюваного об'єкта можна представити як послідовність чергуються інтервалів працездатності та відновлення (простою) як показано на (рис. 1).



$t_1 \dots t_n$  – інтервали працездатності,  $\tau_1 \dots \tau_n$  – інтервали відновлення

Рис.1 – Процес функціонування відновлюваного об'єкта

Для характеристики безвідмовності відновлюваних об'єктів при розгляді періоду до першої відмови або між двома послідовними відмовами



можуть використовуватися ті ж показники, що і для невідновлювальних об'єктів. Специфічними показниками безвідмовності відновлюваних об'єктів є наступні.

Середнє напрацювання на відмову об'єкта (напрацювання на відмову) визначається як відношення сумарного напрацювання відновлюваного об'єкта до числа відмов, що відбулися за сумарну напрацювання (1):

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

де  $t_i$  - напрацювання між  $i-1$  і  $i$ -м відмовами;  
 $n(t)$  - сумарна кількість відмов за час  $t$ .

Параметр потоку відмов показує число відмов об'єкта за спостережуваний інтервал часу. За статистичними даними визначається за допомогою формули (2):

$$\bar{\omega} = \frac{n(t_2) - n(t_1)}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

де  $n(t_1)$  і  $n(t_2)$  – кількість відмов об'єкта, зафіксованих відповідно, після закінчення часу  $t_1$  і  $t_2$ .

Параметр потоку відмов є щільність ймовірності виникнення відмови відновлюється. Відмови об'єктів виникають у випадкові моменти часу і протягом заданого періоду експлуатації спостерігається потік відмов. Існує безліч математичних моделей потоків відмов. Найбільш часто при вирішенні задач надійності використовують найпростіший потік відмов – Пуассонівський потік.

Найпростіший потік відмов задовольняє одночасно трьома умовам: стаціонарності, ординарності, відсутності наслідків. Розглянемо показники надійності.

Середня тривалість справної роботи крана між двома суміжними відказами тобто **напрацювання між відказами**  $t_n$ , [год.роб/відказ] (3):

$$t_n = \frac{\sum_{t=1}^N t_{ci}}{N} \quad (3)$$

машини крана між двома суміжними відказами, годин;

$N$  – кількість відказів машини за відрізок часу, який розглядається.

**Питома тривалість усунення відказів** (або питома тривалість ремонту)  $t_p^n$ , [год.рем/год.спр.роб] – це відношення тривалості ремонту машини (4):

$$\sum_{t=1}^N t_{pi} \quad (4)$$

за певний відрізок часу, до тривалості справної його роботи за цей же відрізок часу (5):

$$t_p^n = \frac{\sum_{t=1}^N t_{pi}}{\sum_{t=1}^N t_{ci}} \quad (5)$$

**Питома трудомісткість технічних обслуговувань** це відношення сумарної трудомісткості технічних обслуговувань машини  $T_{т.о}$  за певний відрізок часу до тривалості справної його роботи за цей же відрізок часу  $T_{т.о}^n$ , [люд.- год./год.спр.роб ].

$$T_{т.о}^n = \frac{T_{т.о}}{\sum_{t=1}^N t_{ci}} \quad (5)$$

**Коефіцієнт готовності  $K_r$**  – відношення тривалості справної роботи машини за певний відрізок часу до суми тривалості справної роботи машини і тривалості ремонту машини за цей же відрізок часу (6)

$$K_r = \frac{\sum_{t=1}^N t_{ci}}{\sum_{t=1}^N t_{ci} + \sum_{t=1}^N t_{pi}} \quad (6)$$

Теоретично максимальний коефіцієнт готовності дорівнює 1. Але при реальній експлуатації будь-якого устаткування, а так само і вантажопідйомної споруди звичайно трапляються випадки коли машина перебуває в ремонті. Тому коефіцієнт готовності завжди менший за одиницю і чим більший показник тим надійність машини вище.

## **Тема 1.4 Нормування та забезпечення надійності. Технічне обслуговування та ремонт**

### **нормування надійності.**

Встановлення у нормативній чи конструкторській (проектній) документації кількісних і якісних вимог до надійності. Нормування надійності включає: вибір номенклатури нормованих показників надійності; техніко-економічне обґрунтування значень показників надійності об'єкта та його складових частин; завдання вимог до точності та вірогідності вихідних даних; формулювання критеріїв відмов, пошкоджень та граничних станів; завдання вимог до методів контролю надійності на всіх етапах життєвого циклу об'єкта.

За різними джерелами на ремонт і технічне обслуговування машин за весь час їх експлуатації витрачається в 5...10 разів більше коштів, ніж на виготовлення нових. Ці дані, а також результати багатьох досліджень і аналізів показують, що підвищення надійності машин приведе до істотного скорочення непродуктивних витрат на ремонт. Доцільно збільшувати витрати на підвищення надійності новостворюваної машини, щоб істотно скоротити витрати на її ремонт і технічне обслуговування в процесі експлуатації. Наслідком недостатньої надійності машини пов'язаний не лише з необхідністю відновлювати її працездатність або замінювати новою, але і з тим, що в цей період вона не виконує своїх функцій. При експлуатації устаткування реалізується його надійність, при цьому вона залежить від:

- 1) умов експлуатації;
- 2) прийнятої системи технічного обслуговування і ремонту (ТОіР),
- 3) режимів роботи і інших чинників.

Рівень надійності машини має бути таким, щоб при її використанні в обумовлених технічними умовами (ТУ) ситуаціях не виникали відмови, тобто не порушувалася її працездатність. Крім того, бажано, щоб

устаткування мало запас надійності для підвищення опірності екстремальним діям, коли машина потрапляє в умови, не передбачені ТУ.

#### *Зміст системи технічного обслуговування*

Метою ТО устаткування є підтримання його технічно справного стану, запобігання передчасному зносу устаткування та його складових частин, забезпечення виконання вимог нормативно-правових актів з охорони праці та навколишнього природного середовища. Система ТО устаткування містить у собі сукупність організаційних, технічних та інших заходів, спрямованих на підтримання в технічно справному стані устаткування, забезпечення надійності його роботи, виконання вимог охорони праці та навколишнього природного середовища. ТО не є поточним чи капітальним ремонтом або поліпшенням основних фондів.

Система ТО устаткування включає:

Визначення правил проведення ТО, організацію контролю за їх дотриманням. Організацію систематичного спостереження та контролю технічного стану, параметрів і часу роботи устаткування та його складових частин. Планування і проведення періодичних технічних оглядів устаткування. Визначення складу та строків проведення робіт з ТО з урахуванням оброблених даних діагностичних і контрольних-вимірювальних приладів, систематичних спостережень за станом і умовами експлуатації устаткування. Організацію виробничої бази для підготовки та проведення ТО, забезпечення її кваліфікованою робочою силою, технічною та нормативною документацією, необхідними діагностичними приладами, інструментами і матеріалами, організацію їх зберігання.

Організацію матеріально-технічного забезпечення матеріалами, запасними (у тому числі швидкозношувальними) частинами та змінним обладнанням, необхідними для підтримання устаткування у технічно справному стані та забезпечення здатності його до використання за призначенням. Організацію раціонального документообігу. Удосконалення організації та нормування праці робітників, які займаються ТО, нормування витрат матеріальних ресурсів.

Організацію обліку й аналізу витрат на ТО устаткування (витрат на оплату праці робітників за виконання робіт, зазначених у додатку 1 до цього Положення, та відрахувань на соціальні заходи; вартості матеріалів, запасних частин та деталей, використаних при проведенні ТО; витрат на налагодження, заміну та відновлення (реставрацію) змінного обладнання;

вартості послуг допоміжних і інших виробництв, підрядних організацій, які виконують ТО).

#### *Види технічного обслуговування*

Виходячи зі стадії експлуатації виділяють наступні види ТО:

*технічне обслуговування при використанні* – ТО при підготовці до використання за призначенням, використанні за призначенням, а також безпосередньо після його закінчення;

*технічне обслуговування при очікуванні;*

*технічне обслуговування при зберіганні* – ТО при підготовці до зберігання, зберіганні, а також безпосередньо після його закінчення;

*технічне обслуговування при транспортуванні* – ТО при підготовці до транспортування, транспортуванні, а також безпосередньо після його закінчення.

Залежно від регламентації часу проведення ТО виділяють:

*планове технічне обслуговування* – ТО, постановка на яке здійснюється згідно з вимогами нормативно-технічної або експлуатаційної документації;

*непланове технічне обслуговування* – технічне обслуговування, постановка на яке здійснюється без попереднього призначення за технічним станом.

Різновидами планового ТО є *періодичне ТО* (здійснюється через встановлені в експлуатаційній документації значення напрацювання або інтервали часу) та *сезонне ТО* (здійснюється для підготовки устаткування до використання в осінньо-зимових чи весняно-літніх умовах).

За обсягом регламентованих операцій ТО поділяється на:

*регламентоване технічне обслуговування* – ТО, яке передбачене в нормативно-технічній або експлуатаційній документації і виконується з періодичністю і в обсязі, установлені в ній, незалежно від технічного стану устаткування в момент початку технічного обслуговування.

*технічне обслуговування з періодичним контролем* – ТО, при якому контроль технічного стану виконується з установлені в нормативно-технічній документації періодичністю й обсягом, а обсяг інших операцій визначається технічним станом виробу в момент початку технічного обслуговування.

*технічне обслуговування з безперервним контролем* – технічне обслуговування, яке передбачене в нормативно-технічній або експлуатаційній документації і виконується за результатами безперервного контролю технічного стану об'єктів.

### *Організація та проведення технічного обслуговування*

Залежно від виду устаткування, чисельності та кваліфікації працівників, інших технічних, організаційних та економічних факторів ТО виконується:

спеціалізованими організаціями чи підприємствами-виробниками устаткування;

спеціалізованими ремонтними підрозділами підприємства;

персоналом підрозділу, в якому експлуатується устаткування.

У разі проведення ТО силами підрозділу, що експлуатує устаткування, операції з ТО можуть виконуватися черговим, ремонтним або експлуатаційним персоналом.

ТО устаткування передбачає: перевірку технічного стану, виконання робіт щодо підтримки технічно справного стану та належного зовнішнього вигляду, усунення виявлених несправностей. Перелік операцій, які належать до ТО устаткування коксохімічних підприємств, наведено в додатку 1 до цього Положення. ТО устаткування проводиться згідно з затвердженим графіком. Періодичність і тривалість ТО окремих видів устаткування встановлюються керівництвом виробничого підрозділу підприємства, погоджуються зі службами головного механіка (головного енергетика) та затверджуються головним інженером чи уповноваженою ним особою. ТО проводиться згідно з інструкціями (керівництвами), які розробляються підприємствами самостійно. Усе устаткування виробничих цехів має бути закріплене за певними бригадами (окремими робітниками бригади) ремонтного, чергового й експлуатаційного персоналу цеху.

Стан устаткування цеху протягом зміни експлуатаційний і черговий персонал повинен фіксувати в журналах приймання та здавання змін, а також у вахтових журналах машиністів вантажопідйомних машин. У журналах мають бути зафіксовані:

- результати оглядів закріпленого устаткування згідно із затвердженим графіком ТО; стан устаткування протягом зміни, дефекти і несправності, що порушують його працездатність або безпеку умов праці;

- заходи, які були проведені для усунення дефектів і несправностей;

- випадки порушення ПТЕ устаткування та технології виробництва.

Дані журналів використовуються для визначення переліку й обсягу робіт з усунення несправностей у цій зміні, а також при найближчій зупинці устаткування на планове ТО або ремонт.

Експлуатаційний, черговий і ремонтний персонал протягом зміни зобов'язаний:

- Робити технічні огляди устаткування на закріплених ділянках згідно з графіками, затвердженими головними спеціалістами підприємства.

- Вести систематичне спостереження за роботою устаткування (знімати показання контрольно-вимірювальних приладів, контролювати ступінь нагрівання вузлів і достатність надходження до них мастильних матеріалів, стан футерівки тощо), робити регулярні записи в журналі приймання та здавання змін.

- Проводити періодичне діагностування технічного стану устаткування, завданнями якого є контроль технічного стану; пошук місця та визначення причин відмови (несправності); прогнозування технічного стану.

- При необхідності проводити заміну швидкозношувальних частин устаткування.

- Усувати дрібні несправності й неполадки в роботі устаткування, проводити ревізію деталей і вузлів з метою запобігання виходу їх з ладу, запобігання втратам мастильних матеріалів, пари, газу, сировини, матеріалів, продуктів переробки, викидів шкідливих речовин у повітря, використовуючи для цього міжзмінні зупинки, внутрішньозмінні технологічні паузи, а в разі потреби спеціально зупиняючи для цього устаткування згідно з діючими правилами його зупинки.

- Виконувати регулювання пристроїв, механізмів, схем і систем мащення вузлів устаткування мастильними матеріалами певного сорту в установленому режимі і забезпечувати подачу їх централізованими системами густого і рідкого мащення.

- Перевіряти кріплення контрвантажів, кришок підшипників, редукторів, корпусів механізмів, важелів, пасів, ланцюгів, зубчастих та фрикційних коліс, інших елементів відкритих передач та інших деталей і вузлів машин, послаблення кріплення яких може викликати аварійну зупинку агрегату; у разі потреби замінити кріпильні вироби та підсилювати з'єднання деталей або вузлів машин (болтові, шпонкові, шпилькові, гвинтові, заклепкові, клейові, зварні, паяні, на шурупах, на цвяхах тощо). Стежити за безперервним надходженням холодоагентів та мастила для охолодження та змащування механізмів, перевіряти справність деталей і вузлів магістралей води та інших холодоагентів, стиснутого повітря і мащення. Перевіряти, чи немає витoku мастила із зубчастих муфт, редукторів, картерів та інших емностей, перевіряти ступінь нагрівання вузлів машин, наявність мастила у

ваннах картерних систем, характер шуму в редукторах, зубчастих передачах і підшипниках, уживати заходів щодо усунення виявлених несправностей.

– Оглядати сталеві канати, перевіряти і регулювати натяг ланцюгів, транспортерних стрічок, у разі потреби здійснювати заклеювання, клепання або заміну стрічок, з'єднання або заміну ланцюгів.

– Стежити за наявністю, справністю і кріпленням огорож, а в разі потреби проводити роботи з їх відновлення.

#### *Документація з планування технічного обслуговування*

Основними документами з організації та планування ТО є:

- річний графік ТО устаткування;
- місячний графік ТО устаткування, складений на основі річного графіка з урахуванням фактичного стану устаткування, з відмітками про фактичне виконання;
- графіки проведення технічних оглядів устаткування;
- норми періодичності технічних оглядів і випробувань устаткування, для якого проведення технічних оглядів і випробувань передбачене ПТЕ, нормативно-правовими актами з охорони праці та іншими нормативними документами;
- технічна документація, яка забезпечує інженерну підготовку ТО - технологічні карти, технічні умови, схеми, креслення, - у необхідному обсязі;
- інструкції (керівництва) з ТО окремих видів устаткування - у необхідному обсязі;
- інструкції з експлуатації устаткування (припускаються у скороченому до необхідного обсязі);
- журнали приймання та здавання змін експлуатаційним персоналом;
- затверджений керівництвом підприємства перелік професій експлуатаційного персоналу та видів робіт, що виконуються ними з ТО.
- Склад та зміст документації щодо організації ТО та забезпечення запасними частинами і матеріалами розробляються службами за належністю та затверджується керівництвом підприємства.

Підвищення надійності при експлуатації забезпечується спеціальними заходами.

До першої групи заходів відносяться:

- 1) навчання обслуговуючого персоналу;
- 2) дотримання вимог експлуатаційної документації, послідовності і точність робіт, що проводяться, при технічному обслуговуванні;



3) діагностичний контроль параметрів і наявності запасних частин у тому числі діагностика підйомно-транспортних споруд при закінченні граничного терміну експлуатації;

4) здійснення авторського нагляду.

До основних заходів другої групи відносяться:

1) коректування системи технічного обслуговування;

2) періодичний контроль за станом виробу і визначення засобами технічного діагностування залишкового ресурсу і граничного стану; 3) впровадження сучасної технології ремонту;

4) аналіз причин відмов і організація зворотного зв'язку з розробниками і виготівниками виробів.

Технічна політика підприємств має бути направлена на зниження об'ємів і термінів проведення робіт по технічному обслуговуванню і ремонту техніки за рахунок підвищення надійності і довговічності основних вузлів.

Підприємства повинні розробляти заходи задля підвищення надійності експлуатації машин. На (рис.2) – Заходи підвищення надійності експлуатації машин.

Три основні напрямки підвищення надійності при експлуатації машини: конструктивні, технологічні і організаційні. Конструктивні заходи спрямовані на модернізацію та удосконалення, як окремих частин машини так і машини в цілому. Заміна матеріалу для деталей і вузлів вантажопідйомних кранів дає змогу підвищити надійність, довговічність, працездатність. Технологічні заходи спрямовані на підвищення якостей металу в умовах контактного тертя, абразивного зношення, підвищених температур, низьких температур, агресивному середовищу тощо. Поліпшення фізико-механічних властивостей це порука подовження строку експлуатації, напрацювання на відмову, підвищення коефіцієнту готовності.

Не менш важливі організаційні заходи: навчання робочого персоналу прогресивним методам праці, впровадження заохочення за зменшення простоїв при ремонті, прийняття на роботу кваліфікованого персоналу, створення системи технічних обслуговувань машин.

## заходи забезпечення експлуатаційної надійності

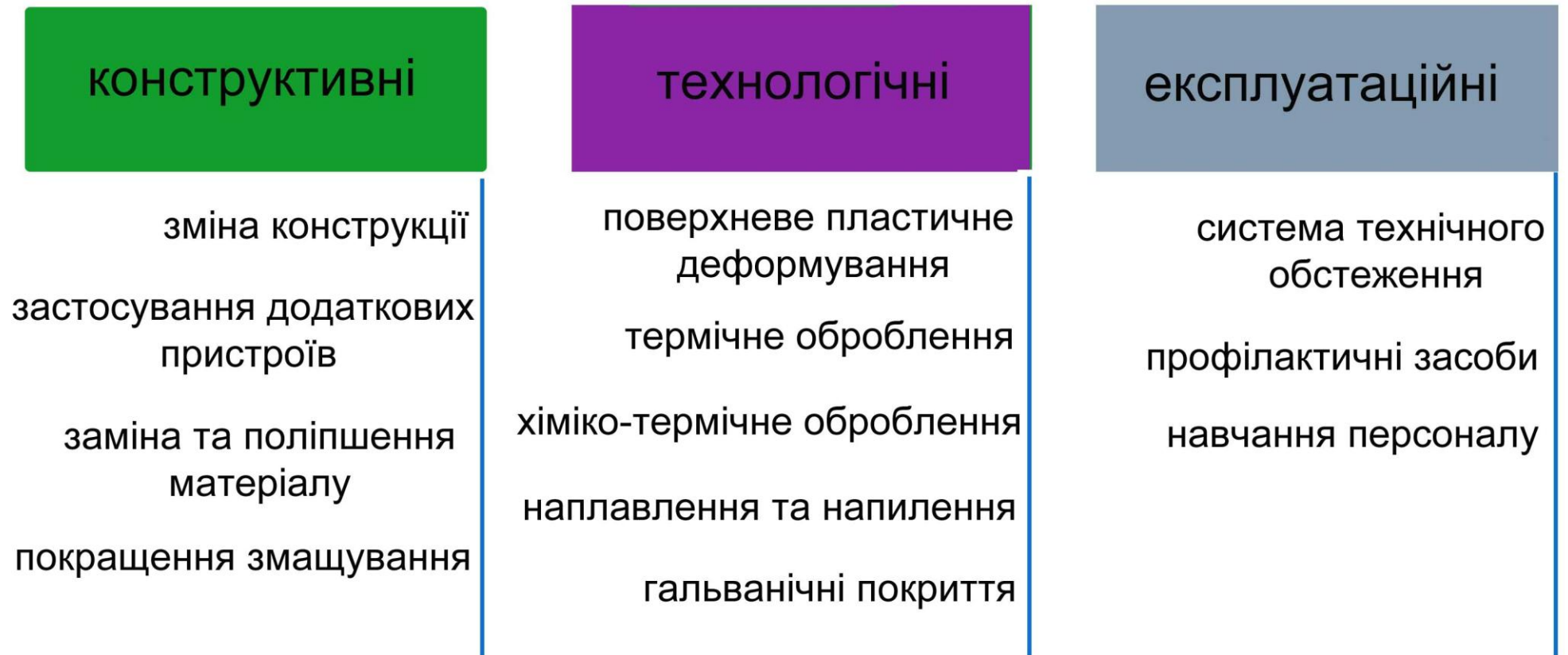


Рис.2 – Заходи забезпечення експлуатаційної надійності

Впровадження низки заходів спрямованих на удосконалення етапу життя машини в процесі експлуатації дає певні наслідки у вигляді подовження безремонтного циклу, подовження строку експлуатації а це означає отримання додаткових прибутків від експлуатації машини.

При нормуванні і забезпеченні надійності визначають статистичні показники які впливають на забезпеченні надійності машини.

Для оцінки властивостей надійності введені показники надійності, які підрозділяються на одиночні, які характеризують одну з властивостей, складових надійності об'єкту, і комплексні, які характеризують декілька властивостей, складових надійності об'єкту.

До показників, що характеризують безвідмовність об'єкту, відносяться – вірогідність безвідмовної роботи  $P(t)$  ; – вірогідність відмови  $Q(t)$ ; – інтенсивність відмов  $\lambda(t)$  ; – середнє напрацювання до відмови  $T$ ;  $\gamma$  – гамма-відсоткове напрацювання до відмови (напрацювання до будь-якого заданого значення  $\gamma$  % вірогідність безвідмовної роботи)  $T_\gamma$ ; – параметр потоку відмов  $\omega(t)$

Вірогідність відмов і вірогідність безвідмовної роботи можна представити в наступному вигляді (рис.3).

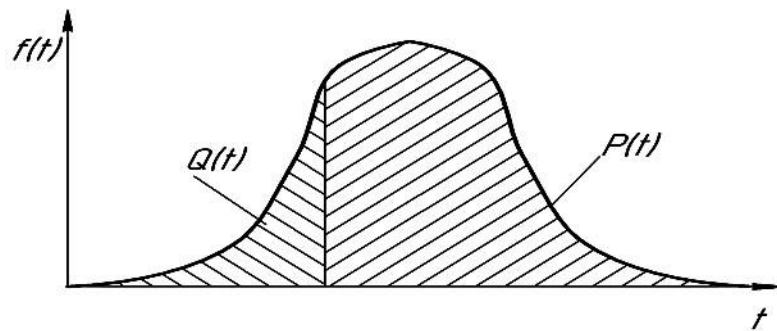


Рис.3 – Вірогідність відмов і вірогідність безвідмовної роботи

$Q(t)$  – вірогідність відмови, чисельно дорівнює площі під кривою щільності вірогідності відмови до моменту  $t_1$ ;

$P(t)$  – вірогідність безвідмовної роботи, чисельно дорівнює площі під кривою щільності вірогідності відмов з моменту часу  $t_1$ .

Дослідження надійності вантажопідйомних споруд показує що в своїй більшості напрацювання на відмову можна представити згідно наступним

чотирьом розподілам: експоненціальному (показовому); нормальному; логарифмічному нормальному; розподілу Вейбулла.

### Експоненціальний закон

Експоненціальним законом називають розподіл, для якого

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (7)$$

Оскільки інтенсивність відмов не залежить від віку виробу (відмови в період нормальної роботи) (8)

$$\lambda(t) = \lambda = \text{Const} \quad (8)$$

Відповідно, щільність вірогідності відмов буде (9)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (9)$$

Числові характеристики експоненціального закону наступні:

Коефіцієнт варіації  $\lambda = \frac{1}{T}$ ,  $T = M_{\xi}$ ,  $D = \frac{1}{\lambda^2}$ ,  $\sigma = \frac{1}{\lambda}$

Коефіцієнт асиметрії – А=2, ексцес – Е=6

Терміни та визначення показників приведені в теорії вірогідності [1,2].

Графік щільності експоненціального розподілу неперервної величини зображено на (рис. 4, а,б).

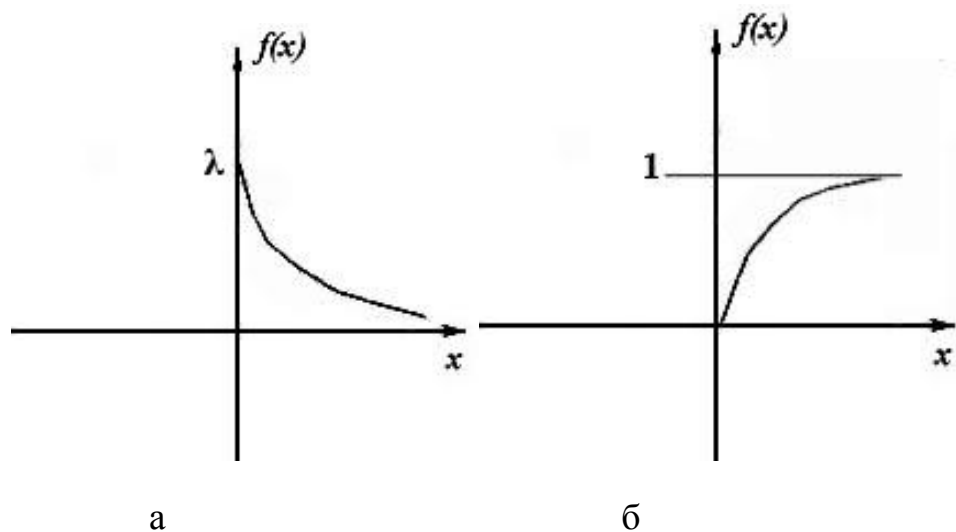


Рис. 4 – Функція експоненційного розподілу

Перевагою експоненціального закону розподілу є його простота. Розподіл залежить лише від одного параметра.

Зважаючи, що зазвичай  $\lambda t \leq 0.1$  вірогідність безвідмовної роботи після розкладання в ряд і відкидання малих членів ряду можна записати

$P(t) = 1 - \lambda t$  Вірогідність безвідмовної роботи залежно від  $\lambda(t)t$  складає:

$\lambda(t)t$	1	0,1	0,01	0,001	0,00001
$P(t)$	0,368	0,9	0,99	0,999	0,9999

### Нормальний закон розподілу

Розподіл завжди підкоряється нормальному закону, якщо на зміну випадкової величини впливають багато приблизно рівнозначних чинників. Нормальному закону розподілу підкоряються напрацювання повністю багатьох відновлюваних і невідновних виробів, розміри і помилки вимірів і тому подібне. Нормальний розподіл є двохпараметричним розподілом з щільністю (10).

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t - M_t)^2}{2\sigma^2}} \quad (10)$$

де математичне чекання,  $M_t$  і середнє квадратичне відхилення  $\sigma$

– два незалежних параметри розподілу (11).

$$M_t \approx \bar{T} = \frac{1}{N} \sum t_i \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (t_i - \bar{T})^2} \quad (11)$$

Для обчислення функції щільності використовують таблиці, розраховані

для функції

$$f_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

Графічне представлення нормального закону на (рис.5).

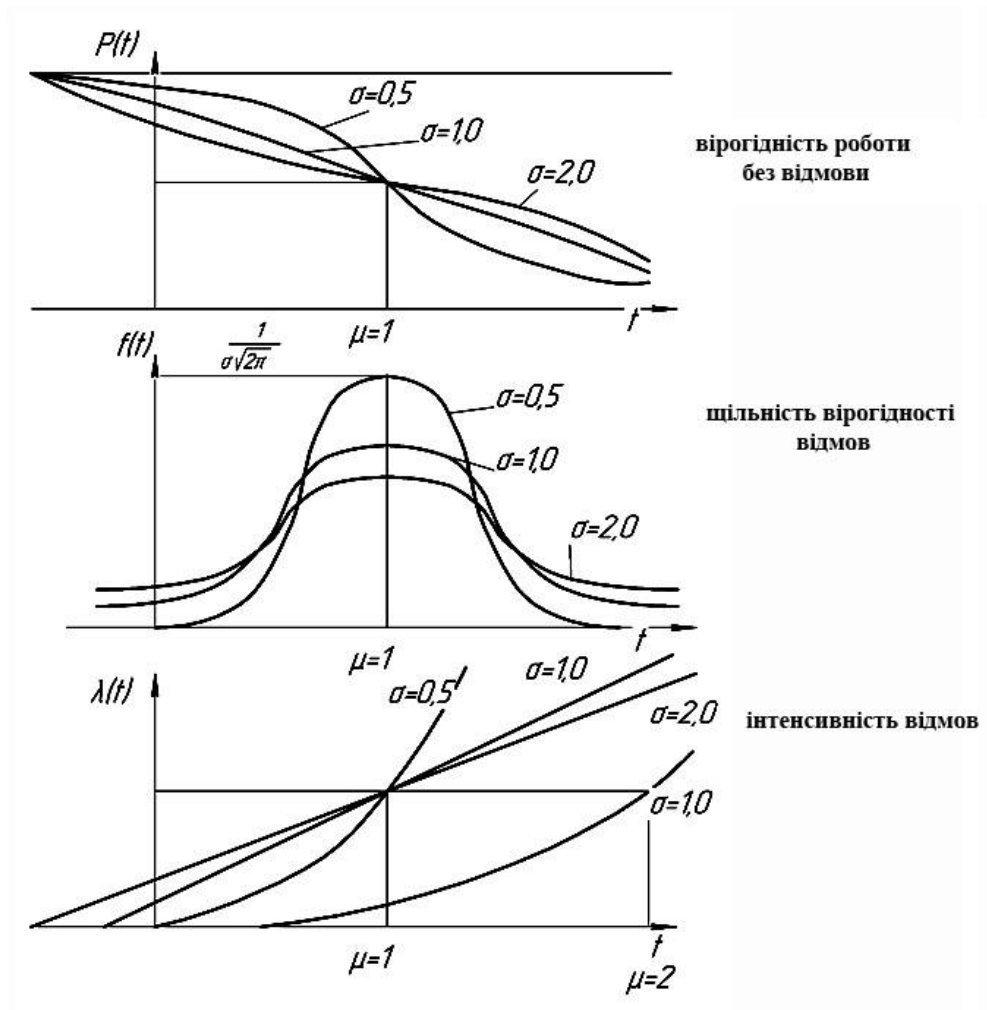


Рис.5 – Графічне представлення нормального закону

Числові характеристики нормального закону розподілу:

- інтенсивність відмов  $\lambda(t) = \frac{u_p}{\sigma P(t)}$ ,
- середнє напрацювання та дисперсія  $\bar{T} = M_t \quad D = \sigma^2$ ,
- коефіцієнт варіації  $v = \frac{\sigma}{M_t}$ ,
- коефіцієнт асиметрії  $A = 0$ ,

– ексцес  $E = 0$

При логарифмічному нормальному розподілі логарифм випадкової величини розподіляється за нормальним законом. Це розподіл декілька точніше за нормальний розподіл тому що описує напрацювання деталей, оскільки є розподілом позитивних величин. Цей закон успішно застосовують, наприклад, для опису напрацювання підшипників кочення.

### Розподіл Вейбулла.

Розподіл Вейбулла досить універсально шляхом варіювання параметрів охоплює широкий діапазон випадків зміни вірогідності. Він задовільно описує напрацювання деталей по втомних руйнуваннях, напрацювання повністю підшипників і інших деталей.

Розподіл (закон) Вейбулла це двохпараметричний розподіл з щільністю відмов згідно (12).

$$f(t) = \frac{b}{a} \left( \frac{t}{a} \right)^{b-1} e^{-\left( \frac{t}{a} \right)^b} \quad (12)$$

де  $b$  – параметр форми,  $a$  – ресурсна характеристика

Вірогідність роботи без відмов  $P(t) = e^{-\left( \frac{t}{a} \right)^b}$

Інтенсивність відмов  $\lambda(t) = \frac{b}{a} \left( \frac{t}{a} \right)^{b-1}$

Середнє напрацювання  $\bar{T} = a \Gamma \left( 1 + \frac{1}{b} \right)$

Дисперсія  $D = a^2 \left[ \Gamma \left( 1 + \frac{2}{b} \right) - \Gamma^2 \left( 1 + \frac{1}{b} \right) \right]$

Графічне зображення розподілу Вейбулла на (рис.6).

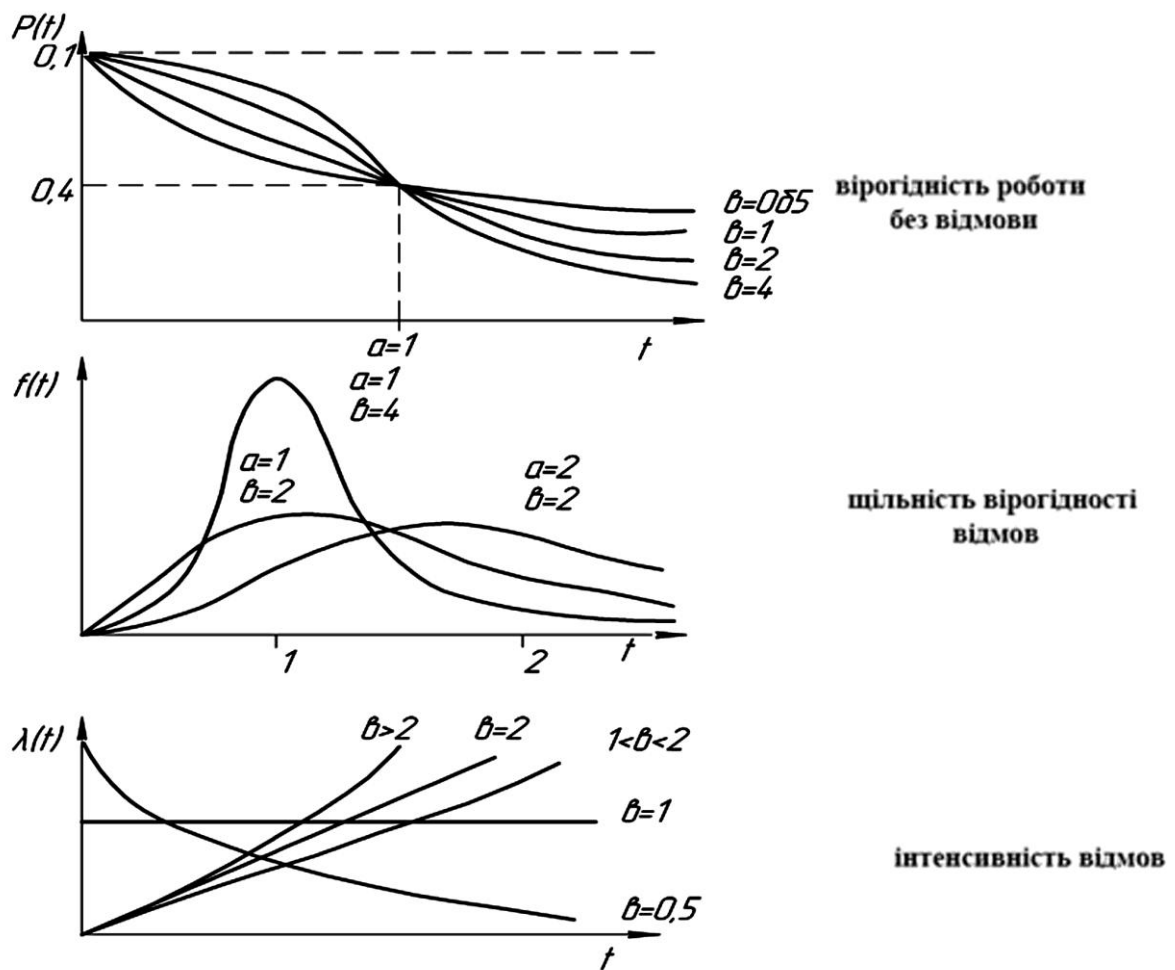


Рис.6 – Графічне представлення розподілу Вейбулла

На практиці часто дуже складно оцінити надійність функціональними характеристиками. В цьому випадку надійність елемента характеризують числовими характеристиками. Найбільш важливими з цих характеристик є середній час безвідмовної роботи (середнє напрацювання повністю) і дисперсія.



## **Тема 2.1 Стани машини при експлуатації: справний, працездатний, несправний, непрацездатний**

Стани машини при експлуатації це поняття згідно ДСТУ 2860-94:

### **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. Несправність чисто є наслідком відмови об'єкта, але може бути й без неї.

### **працездатний стан. працездатність .**

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

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

### **критичний стан.**

Стан об'єкта, що може призвести до травмування людей, значних матеріальних збитків чи інших неприйнятних наслідків. Критичний стан не завжди є наслідком критичної несправності. Для конкретного об'єкта повинні бути встановлені критерії критичного стану.

### **граничний стан.**

Стан об'єкта, за яким його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе чи недоцільне. Граничний стан настає, наприклад, тоді, коли параметр потоку відмов стає неприйнятним 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.

Стан вантажопідйомних машин характеризується групою показників «стан і подія» теорії надійності, тобто поняття «справність і несправність, працездатність і відмовлення». При формуванні поняття «довговічність» необхідно розглянути поняття «граничний стан». Граничний стан може визначатися виходячи з умов забезпечення працездатності визначених

елементів виробу, безпеки його експлуатації і збереженні визначених техніко-економічних показників. До станів машини також необхідно віднести поняття режимів роботи, тобто проходячи процес експлуатації, вони можуть знаходитися:

1. Безпосередньо в експлуатації.
2. У резерві.
3. У ремонті.

Будь-яка машина, що знаходиться в процесі експлуатації, проходить стадії:

- Збереження;
- Безпосередньо експлуатації;
- Поточного і капітального ремонту.

Надійність відремонтованого устаткування визначається критеріями:

- Безвідмовністю;
- Довговічністю;
- Ремонтпридатністю виробу і його елементів.

Як показав досвід експлуатації, надійність відремонтованої машини значно нижче, ніж нової виготовленої. Це справедливо як стосовно машини в цілому (після капітального ремонту), так і окремих частин (тобто деталям, що пройшли стадію відновлення).

Однак це не стосується до сучасних методів ремонту, тому що при відновленні як окремих вузлів так і деталей можна не тільки відновити геометричні розміри, а також і підвищити якісні показники: зносостійкість, корозійну стійкість, втомну міцність тощо. Відповідальність за утримання у справному стані машин покладається наказом суб'єкта господарювання на працівника відповідного фаху, якому підпорядкований персонал, що обслуговує машини, після перевірки у нього знань Правил, відповідних інструкцій для кранівників, стропальників, слюсарів (електрослюсарів) з ремонту та обслуговування кранів, інструкцій заводів-виробників з монтажу та експлуатації вантажопідіймальних кранів, інших нормативно-правових актів з охорони праці та нормативних документів у порядку, встановленому Типовим положенням про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженим наказом Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 № 15 "Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Переліку робіт з підвищеною небезпекою".

## Тема 2.2 Ремонт машин і обладнання. Види ремонтів

Як правило, техпроцес ремонту 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 машини.

-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 двохстадійне.

-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 довкілля. 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, маркірування; 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 цим 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 здача в експлуатацію.

**Технологічні методи відновлення деталей.** Ремонтвана деталь – прекрасна заготівка. 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 багатосерійного і навіть масового виробництва, отримуються в будь-якому магазині автомобільних запасних частин під відповідний ремонтний розмір (перший, другий або третій).

*Номинальний 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, шабреніє і притирання, постановка латок, склеювання. Перші три види – складові частини прігоночних 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 зарахунок включення різця і деталі в електричний ланцюг низької напруги. При цьому метал в зоні різання нагрівається до температури  $800^{\circ}\text{C}$ . 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 зварювання	вида	Сфера застосування
Ручне дугове		Зварювання тріщин, зламів, приварювання накладок, вставок, латок, наплавлення зносостійких матеріалів
Автоматичне напівавтоматичне зварювання	і	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-променево		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 високою 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 зварювання	вида	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 сталевих деталей широкої номенклатури з діаметром більше 16 мм, які працюють в різних умовах
Дугове з газополум'яним захистом		Наплавлення сталевих і чавунних деталей
Вібродугове		Наплавлення сталевих 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 різан-		Наплавлення і обробка зносостійких



ням	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 – гарячою 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.
Термоциклірування, 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 кромки 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 – 6 наведено види відновлення з використанням гальванічних покриттів.

Таблиця 6 – 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.

### **Тема 3 Методика проведення діагностики і аналізу аварій та пошкоджень машини і обладнання**

#### *3.1. Загальні вимоги*

3.1.1. машини, їх складові частини, прилади та пристрої безпеки, знімні пристрої, органи, тара, колиски і кранова колія мають відповідати вимогам цих Правил і НД.

3.1.2. Групи класифікації (режиму роботи) машин та їх механізмів визначаються відповідно до додатка 1 цих Правил і зазначаються в паспорті машини.

3.1.3. Кліматичне виконання машин має встановлюватися відповідно до вимог НД і відповідати макрокліматичним районам України, у яких вони можуть експлуатуватися. Машини, призначені для експлуатації в районах з нижньою межею температури робочого стану нижче ніж мінус 40 град. С, мають бути виготовлені для роботи в макрокліматичних районах з холодним кліматом (виконання ХЛ).

3.1.4. Машини, призначені для експлуатації в сейсмічних районах (понад 6 балів), виготовляються у сейсмічному виконанні відповідно до вимог НД.

3.1.5. Машини, призначені для роботи у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зонах, мають відповідати вимогам "Правил будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок", затверджених наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 21.06.2001 N 272 (далі - ПБЕЕСУ), і чинним НД. Клас вибухо- і пожежонебезпечної зони, категорія та група вибухо-небезпечної суміші зазначаються в паспорті машини, а також у настанові з експлуатації.

3.1.6. Машини мають бути стійкими в робочому та неробочому станах. Розрахунок стійкості вантажопідіймальних кранів повинен проводитися відповідно до вимог НД за умови дії випробувального навантаження, дії вантажу (вантажна стійкість), відсутності вантажу

(власна стійкість), раптового знімання навантаження та дії монтажних (демонтажних) навантажень.

3.1.7. Розрахунок металоконструкції і механізмів машин має здійснюватися відповідно до вимог НД.

3.1.8. Металоконструкції та металеві деталі машин мають бути захищені від корозії відповідно до умов експлуатації.

У металоконструкціях мають передбачатися заходи проти накопичування в них вологи.

#### *4.1. Механізми*

4.1.1. Механізми машин, обладнані кулачковими, фрикційними або іншими механічними пристроями для вмикання або перемикання швидкостей робочих рухів, мають виконуватися таким чином, щоб довільне вмикання або роз'єднання механізму було унеможливлене.

4.1.2. У вантажних лебідок з двома приводами останні повинні мати між собою жорсткий кінематичний зв'язок, що унеможлиблює довільне опускання вантажу в разі виходу з ладу одного з приводів.

4.1.3. У вантажопідіймальних кранах і машинах, призначених для підймання працівників, розплавленого металу або шлаку, отруйних і вибухових речовин, а також у механізмах з електроприводом застосування фрикційних і кулачкових муфт умикання не дозволяється, крім механізмів:

а) пересування або повертання, що має декілька діапазонів швидкостей для переключання з однієї швидкості на іншу;

б) пересування гусеничних кранів із спільним приводом двох гусениць для роздільного керування ними.

У випадках, зазначених у пунктах 4.2.3 "а" і 4.2.3 "б" цих Правил, гальмо повинне мати кінематичний зв'язок, що не розмикається, з поворотною частиною крана, гусеницями або колесами.

4.1.4. Механізми мають виконуватися так, щоб унеможлиблювалося вмикання приводу без накладення гальма.

4.1.5. У з'єднаннях елементів машин (болтових, шпонкових, шліцьових тощо) має бути унеможливлене їх довільне розгвинчування або роз'єднання.

4.1.5. Ухил колії вантажних візків у козлових і консольних кранів у найбільш несприятливому положенні візка з найбільшим робочим вантажем не повинен перевищувати 0,003. Зазначена норма ухилу не стосується кранів, у яких механізм пересування візка споряджений автома-

тичним гальмом нормально закритого типу або візок крана пересувається канатною тягою.

#### *4.2. Гальма*

4.2.1. Механізми машин з машинним приводом обладнуються гальмами нормально закритого типу, що автоматично розмикаються під час увімкнення приводу.

Механізми підймання або зміни вильоту з ручним приводом обладнуються вантажоупорним гальмом.

4.2.2. На приводі механізму дозволяється встановлення педалі (кнопки) для розгальмовування механізму без вмикання двигуна, у цьому разі розгальмовування має здійснюватися тільки за умови безперервного натиснення на педаль (кнопку).

У разі спрацьовування електричного захисту, вимикання або зникнення напруги в мережі гальмо має автоматично замикатися навіть у разі, коли педаль (кнопка) натиснута.

4.2.3. Механізми підймання вантажу та зміни вильоту обладнуються гальмом, який має кінематичний зв'язок, що не розмикається, з барабаном.

У механізмах підймання ланцюгових і канатних електричних талів дозволяється встановлення муфт граничного моменту.

4.2.4. Для зниження динамічних навантажень у механізмі зміни вильоту в разі встановлення двох гальм дозволяється приймати коефіцієнт запасу гальмування в одного з них не менше 1,1, у другого - не менше 1,25. У цьому разі накладання гальм має здійснюватися послідовно й автоматично.

4.2.5. У механізмах пересування та повертання вантажопідймальних кранів і машин, за винятком механізмів пересування стрілових самохідних кранів (крім кранів на гусеничному ході зі швидкістю пересування до 20 км/год) і залізничних, застосовуються гальма нормально закритого типу, що автоматично розмикаються під час увімкнення приводу.

На стрілових самохідних кранах (крім кранів на гусеничному ході), механізми пересування яких обладнані нормально відкритим керованим гальмом, установлюється стоянкове гальмо. Дозволяється використання робочого гальма як стоянкового за умови застосування роздільних приводів керування цим гальмом.

#### *4.3. Ходові колеса*

4.3.1. Ходові колеса машин та їх вантажних візків мають бути дворебордними, а у випадках, передбачених пунктом 4.4.2 цих Правил, можуть застосовуватися колеса іншої конструкції.

4.3.2. Одноребордні ходові колеса можуть застосовуватися:

- якщо ширина наземної колії вантажопідіймальних кранів не перевищує 4 м і обидві нитки колії лежать на одному рівні;
- якщо наземні вантажопідіймальні крани пересуваються кожною стороною двома рейками за умови, що розташування реборд коліс на одній рейці протилежне розташуванню реборд на іншій;
- в опорних і підвісних візках кранів мостового типу;
- у підвісних візках і талях, що пересуваються однорейковою колією;
- у вантажних візках баштових кранів.

Ходові колеса баштових кранів на рейковому ході мають бути дворебордними незалежно від ширини колії. Застосування безребордних ходових коліс дозволяється за наявності пристроїв, що унеможливають сходження коліс із рейок.

В одноребордних колесах опорних вантажопідіймальних кранів і опорних вантажних візків ширина обода за вирахуванням реборди має перевищувати ширину головки рейки не менше ніж на 30 мм.

#### *4.4. Канати*

4.4.1. Сталеві канати, що застосовуються як вантажні, стрілові, вантові, несучі, тягові та стропи, мають бути споряджені документом виробника канатів про їх якість, а за його відсутності – документом випробувальної лабораторії, акредитованої в установленому порядку, про випробування канатів відповідно до вимог НД.

Тип канатів має вибиратися відповідно до НД. Застосування канатів, виготовлених за кордоном, дозволяється за умов наявності документа про їх якість виробника канатів (сертифіката, декларації тощо).

4.4.2. Кріплення та розташування канатів на вантажопідіймальному крані чи машині мають унеможлилювати спадання їх з барабанів або блоків і перетирання внаслідок дотику канатів з елементами конструкцій або один з одним.

4.4.3. Петля на кінці каната для його закріплення на вантажопідіймальному крані чи машині має бути виконана: із застосуванням коуша із заплітання вільного кінця каната або з установленням затискачів; із



застосуванням сталевий кованої, штампованої, литої втулки і клина; шляхом заливання легкоплавким сплавом або іншим способом відповідно до вимог НД.

Застосування зварних втулок не дозволяється (крім кріплення нерухомого кінця каната за допомогою втулки, привареної до зварного барабана або металоконструкції вантажопідіймального крана чи машини, відповідно до вимог технічних умов на виготовлення).

4.4.4. На поверхнях корпусів, втулок і клинів не має бути гострих крайок, на яких може перетиратися канат. Клинова втулка та клин повинні мати маркування, що відповідає діаметру каната.

4.4.5. Кількість проколів основної вітки каната кожною повною сталкою під час заплітання має відповідати зазначеним у табл. 1. Останній прокол кожною сталкою виконується половинною кількістю її дротинок (половинним перерізом сталки). Дозволяється останній прокол робити половинною кількістю сталок каната.

Місця заплітання з виступними кінцями дротинок сталок на 10...30 мм в обидва боки залежно від діаметра каната мають бути щільно обмотані м'яким дротом, кінці якого заправляються способом, що унеможлиблює їх розмотування, або ізольовані іншим способом, що унеможлиблює пошкодження рук працівників.

Відповідно до Порядку проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 р. № 687 (далі – Порядок № 687), контроль технічного стану устаткування підвищеної небезпеки здійснюється шляхом технічного огляду та експертного обстеження (технічного діагностування), який проводять атестовані в установленому порядку фахівці спеціалізованої, експертної та уповноваженої організації, які безпосередньо не беруть участі у проектуванні, виготовленні, постачанні, придбанні, володінні, користуванні, монтажі, налагоджуванні, технічному обслуговуванні, ремонті, модернізації, реконструкції чи заміні цього або аналогічного устаткування. Для фахівців спеціалізованої, експертної та уповноваженої організації існують нормативні документи з регламентацією методики обстеження вантажопідіймальних об'єктів:

## **Тема 5 Конструктивно-технологічні вимоги для підвищення надійності машин**

Величезні кошти витрачаються для підтримки машин в працездатному стані. Це є слідством того, що з часом через різні обставини, відбувається старіння машин. Недостатній рівень надійності машин спричиняє за собою значне зниження не лише їх конкурентних можливостей, але і спричиняє за собою значні економічні втрати. Все це висуває на перший план вирішення питань забезпечення необхідної надійності машин ще на стадії їх проектування. Основні задачі проектування:

1) Підпорядковувати конструювання завданню збільшення економічного ефекту, який визначається в першу чергу корисною віддачею машини, її довговічністю і вартістю експлуатаційних витрат за весь період використання машини.

2) Добиватися максимального підвищення корисної віддачі шляхом збільшення продуктивності машин і об'єму виконуваних ними операцій.

3) Добиватися зниження витрат на експлуатацію машин зменшенням енергоспоживання, вартості обслуговування і ремонту.

4) Максимально збільшувати ступінь автоматизації машин з метою збільшення продуктивності, підвищення якості продукції і скорочення витрат на робочу силу.

5) Збільшувати довговічність машин, як засіб підвищення фактичної чисельності машинного парку і збільшення їх сумарної корисної віддачі.

6) Забезпечувати тривалий моральний термін служби, закладаючи в машини високі вихідні параметри і передбачаючи резерви розвитку і послідовного вдосконалення машин.

7) Передбачати можливість створення похідних машин з максимальним використанням конструктивних елементів базової машини.

8) Прагнути до скорочення числа типорозмірів машин, добиваючись задоволення потреб замовника мінімальною кількістю моделей шляхом раціонального вибору їх параметрів і підвищення експлуатаційної гнучкості.

9) Прагнути до скорочення числа типорозмірів машин, добиваючись задоволення потреб замовника мінімальною кількістю моделей шляхом раціонального вибору їх параметрів і підвищення експлуатаційної гнучкості.

10) Конструювати машини з розрахунком на безремонтну експлуатацію, при повному усуненні капітальних ремонтів і із заміною відновних ремонтів комплектацією машини змінними частинами.

11) Уникати виконання поверхонь, що труться, безпосередньо на корпусних деталях; для полегшення ремонту поверхні тертя виконувати на окремих, легко замінюваних деталях.

12) Послідовно витримувати принцип агрегатності; конструювати вузли машини у вигляді незалежних агрегатів, що встановлюються на машину в зібраному вигляді.

13) Виключати необхідність підбору і пригону деталей при складанні; забезпечувати повну взаємозамінюваність деталей.

14) Виключати операції вивірки, регулювання деталей і вузлів по місцю; передбачати в конструкції фіксуючі елементи, що забезпечують правильну установку деталей і вузлів при складанні.

15) Забезпечувати високу міцність деталей і машини в цілому способами, що не вимагають збільшення ваги (додання деталям раціональних форм з найкращим використанням матеріалу, вживання матеріалів підвищеної міцності, введення зміцнюючої обробки).

16) Приділяти особливу увагу підвищенню циклічної міцності деталей; додавати деталям раціональні по втомній міцності форми, усувати концентрацію напруги; вводити зміцнюючу обробку (наплавлення напилення, азотування, та ін.).

17) У машини, вузли і механізми, що працюють при циклічних і динамічних навантаженнях, вводити пружні елементи, які пом'якшують поштовхи і коливання навантаження.

18) Додавати конструкціям високу жорсткість доцільними, не вимагаючими збільшення ваги способами (вживання порожнистих і оболонкових конструкцій; блокування деформацій перерізними і діагональними зв'язками, раціональне розташування опор і вузлів жорсткості).

19) Робити машини невибагливими до експлуатації; скорочувати об'єм операцій обслуговування, усувати періодичні регулювання, виконувати механізми у вигляді агрегатів, які самі обслуговуються.

20) Запобігати можливості перенапруження машини в експлуатації; вводити автоматичні регулятори, запобіжні і граничні пристрої, що унеможливають експлуатації машини на небезпечних режимах.

21) Усувати можливість поломок і аварій в результаті невмілого або недбалого поводження з машиною; вводити блокування, застережливі можливість неправильного маніпулювання органами управління; максимально автоматизувати керування машиною.

22) Унеможливити неправильне складання деталей і вузлів, що потребують точної координації один відносно іншого; вводити блокування, що допускають складання лише в потрібному положенні.

23) Усувати періодичне змащення; забезпечувати безперервну автоматичну подачу змащувального матеріалу до з'єднань, що труться.

24) Уникати відкритих механізмів і передач; укладати механізми в закриті корпуси, що запобігають проникненню грязі, пилу і волозі на поверхні, що труться, і що дозволяють організувати безперервне змащення.

25) Забезпечувати надійну страховку різьбових з'єднань від самовідвертання; внутрішні з'єднання контрити методами позитивного стопорення (шплінти, шайби).

26) Запобігати корозії деталей, особливо в машин, які працюють на відкритому повітрі або дотичних з хімічно активними середовищами, вживанням стійких лакофарбних і гальванічних покриттів, і виготовленням деталей з корозійностійких матеріалів.

27) Зменшувати вагу машин шляхом збільшення компактності конструкцій, вживання раціональних кінематичних і силових схем, усунення невиконаних видів навантаження, заміни вигину розтягуванням-стискуванням, а також вживання легких сплавів і неметалічних матеріалів.

28) Замінювати у всіх випадках, де це можливо, механізми з прямолінійним поступально-поворотним рухом вигіднішими механізмами з обертальним рухом.

29) Скорочувати об'єм механічної обробки, передбачаючи виготовлення деталей із заготовок з формою, що наближається до остаточної форми виробу; замінювати механічну обробку продуктивнішими способами обробки без зняття стружки.

30) Розширювати вживання нормалізованих деталей; дотримуватися діючих ДСТУ, ОСТ, галузевих нормалів.

31) Не застосовувати оригінальних деталей і вузлів там, де можна обійтися стандартними, нормальними, уніфікованими.

32) Прагнути до дешевизни виготовлення, але не обмежувати витрат на виготовлення деталей, ключових для довговічності і надійності машини; виконувати такі деталі з якісних матеріалів, застосовувати для їх виготовлення технологічні процеси, що забезпечують найбільше підвищення надійності і терміну служби.

33) Проектувати машини з простими і гладкими зовнішніми формами, які полегшують зберігання машини в охайному стані.

34) Дотримувати в конструкції машин вимоги технічної естетики, додавати машинам стрункі архітектурні форми, вводити красиву зовнішню обробку машин.

35) Зосереджувати органи управління і контролю по можливості в одному місці, зручному для огляду і маніпулювання.

36) Робити доступними і зручними для огляду вузли і механізми, що потребують періодичної перевірки.

37) Забезпечувати безпеку обслуговуючого персоналу; запобігати можливості нещасних випадків шляхом максимальної автоматизації робочих операцій, введення блокувань, вживання закритих механізмів і установки захисних огорожень.

38) У машинах з приводом від електродвигуна враховувати можливість неправильного включення двигуна, а в машинах з приводом від двигуна внутрішнього згорання – зворотних спалахів; забезпечувати можливість реверсної роботи машини або вводити запобіжні пристрої (обгінні муфти).

39) Безперервно удосконалювати конструкцію машин, що знаходяться в серійному виробництві, підтримуючи їх на рівні зростаючих вимог промисловості.

Наука про надійність вивчає зміну показників якості машини під впливом тих причин, які приводять до абсолютних змін властивостей виробів. Надійність виробу є одним з основних показників його якості. Заходи, що проводяться в цій області, зачіпають всі стадії створення і реалізації виробу, включаючи етапи проектування, виготовлення, випробування, зберігання і експлуатації.

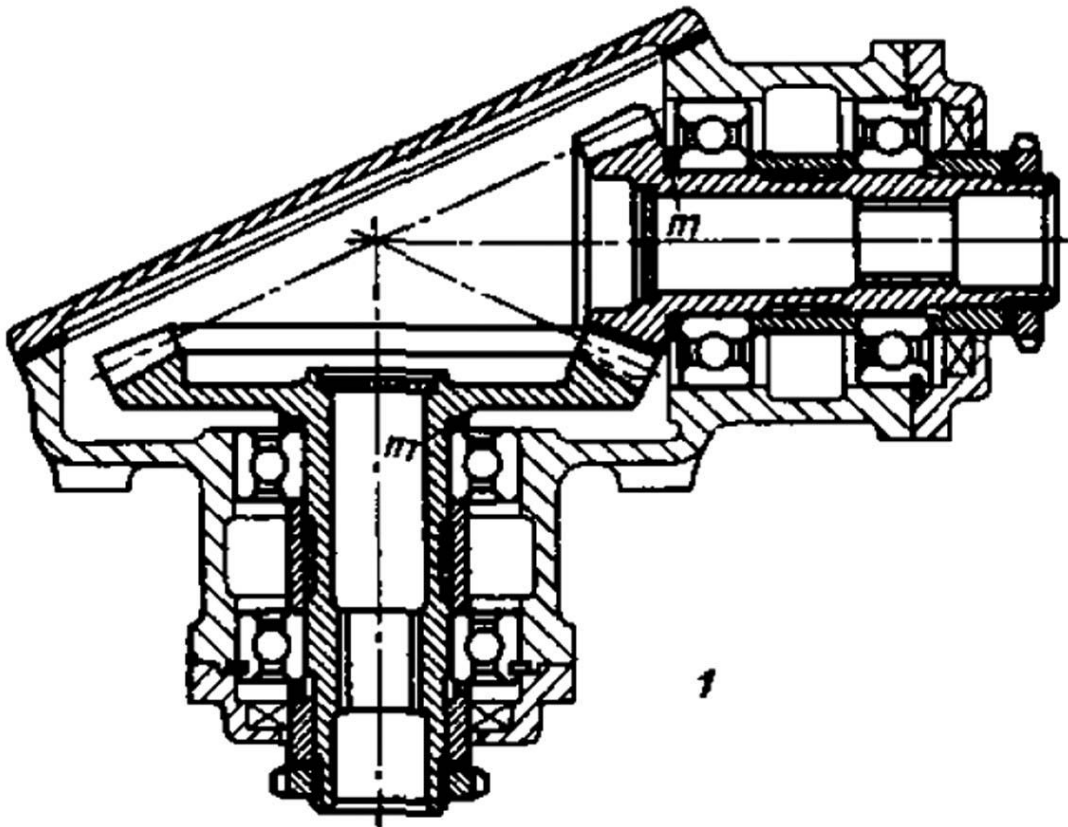
Кожен етап життєвого циклу машини вносить свій внесок до рішення важкої задачі створення машини необхідного рівня надійності з найменшими витратами часу і засобів. Особливе значення для створення високнадійних машин має етап розрахунку і проектування виробу, коли закладаються всі основні технічні характеристики машини. Тобто конструктивне проектування це один з найважливіших етапів життєвого циклу машини.

При проектуванні машини встановлюються і обґрунтовуються необхідні вимоги до надійності, що забезпечується за рахунок конструкції і вживаних матеріалів. На цій стадії розробляються: методи захисту машини від різних шкідливих дій, розглядаються можливості автоматично

відновлювати втрачену працездатність, оцінюється пристосованість машини до ремонту і технічного обслуговування.

Наприклад, розглянемо залежність надійності від конструктивних особливостей редуктора з конічним зачепленням.

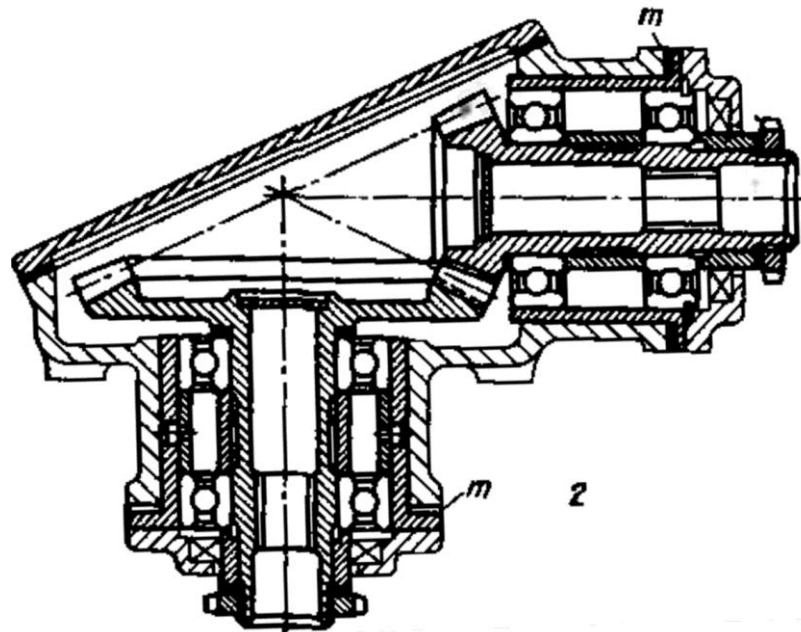
На (рис.7...22) наведено конструктивні особливості і особливості експлуатації.



*Рис.7 – Редуктор з конічним зчеплення варіант 1*

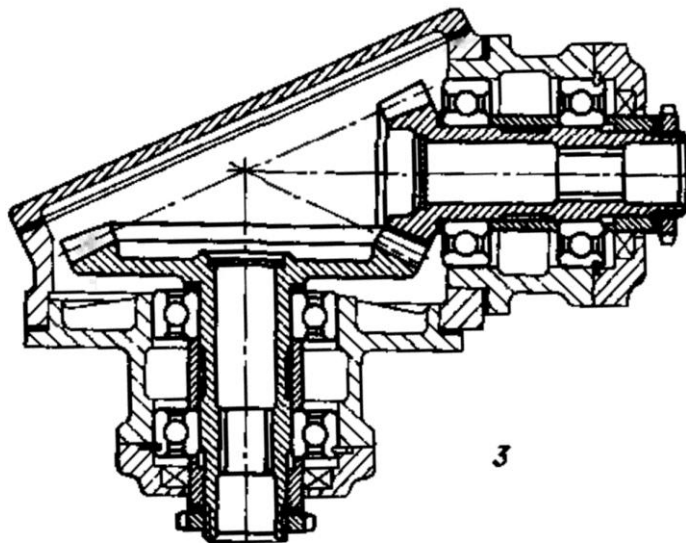
Конструкція найбільш поширена. Вали коліс розташовані в одному корпусі це дозволяє при виготовленні забезпечити точну співвісність. Можливість доступу до коліс вільна – через люк з відокремленою кришкою. Механізм можна оглядати повністю складеним. За умовою складання зовнішній діаметр малого колеса повинен бути менше ніж діаметр отвору для підшипників валу.

Зчеплення регулюється міряними шайбами (m) необхідне повне розбирання вузла встановлення колеса. Редуктор загалом розрахований на кріплення нижньою поверхнею з допомогою лап.



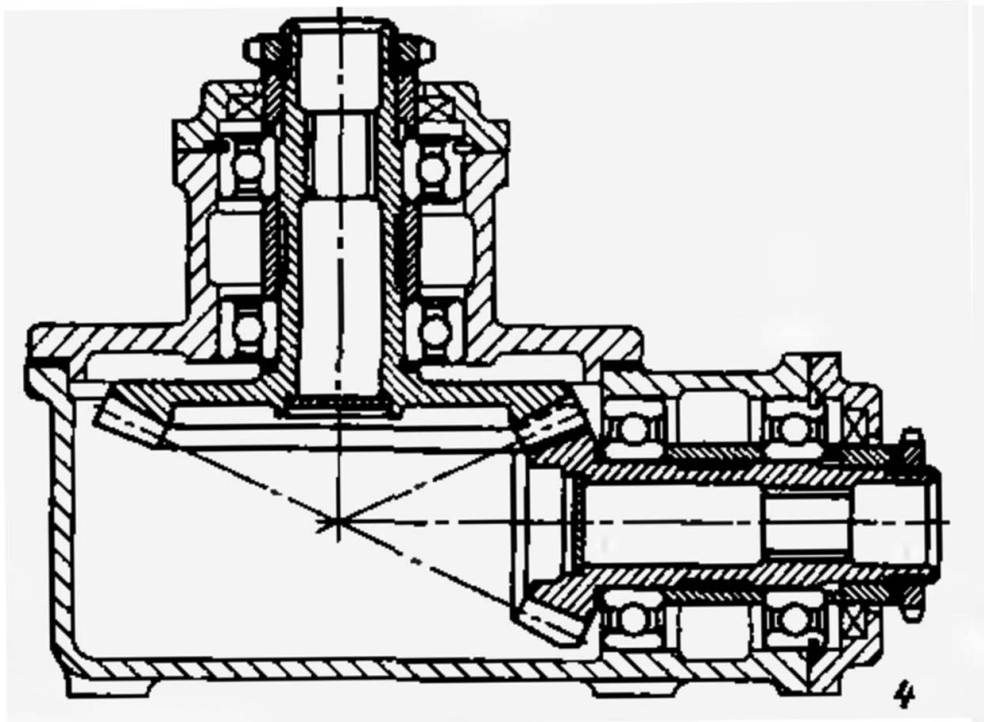
*Рис.8 – Редуктор з конічним зчеплення варіант 2*

Підшипники встановлені в проміжні втулках, що дозволяє дещо збільшити діаметр малого колеса. Для регулювання зчеплення достатньо змінити міряні шайби, які підкладені під проміжні втулки. Зручно коли регулювальні шайби виконані в вигляді на півкілець (варіант внизу), які фіксуються болтами для кріплення. Для заміни шайб відкручують на незначну висоту проміжну втулку.



*Рис.9 – Редуктор з конічним зчеплення варіант 3*

Колеса встановлені в відокремлених корпусах. Переваги попередньої конструкції зберігаються, однак жорсткість корпусу значно зменшується. При виготовленні необхідно витримувати співвісність центруючи буртиків та отворів для підшипників. Редуктор найбільш пристосований для підвісного кріплення. Але якщо лапи виконані литтям суцільно з кришкою, можливо встановлення редуктора нижньою поверхнею.



*Рис.10 – Редуктор з конічним зчеплення варіант 4*

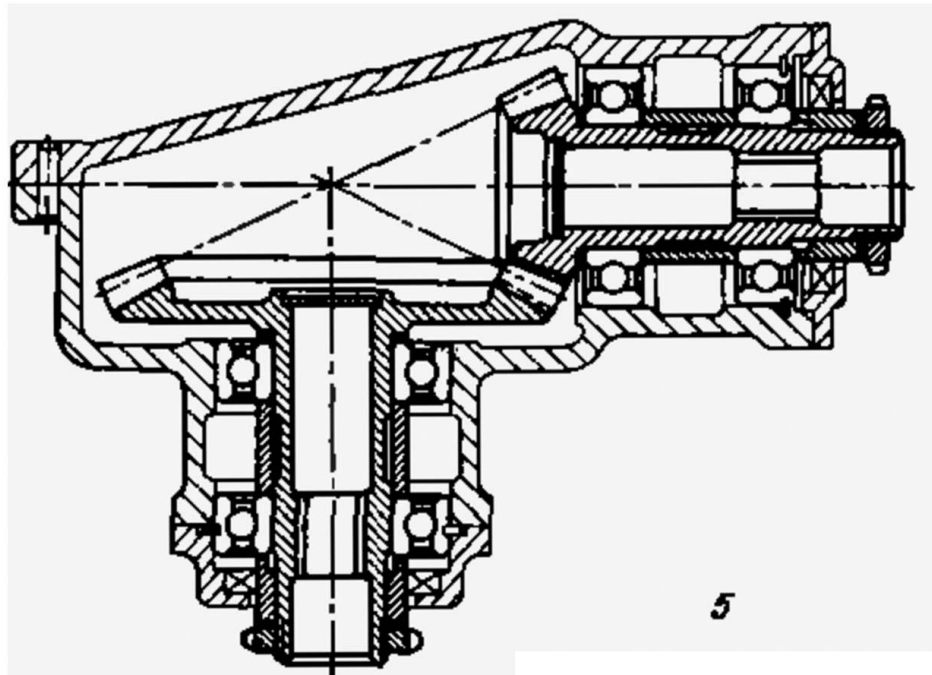
Хвостовик колеса виведений вгору. Перевірка зубчастого зачеплення дуже ускладнена. Огляд складеного механізму неможливий; а якщо зняти корпус колеса цілісність механізму порушується.

Налагодження механізму можливе тільки з застосуванням фарби з багаторазовим зніманням і встановленням колеса.

Нанесення фарби на зубчасте зачеплення необхідно для визначення п'ятна контакту.

Для огляду внутрішньої порожнини редуктора необхідно відключити вал відбору потужності.

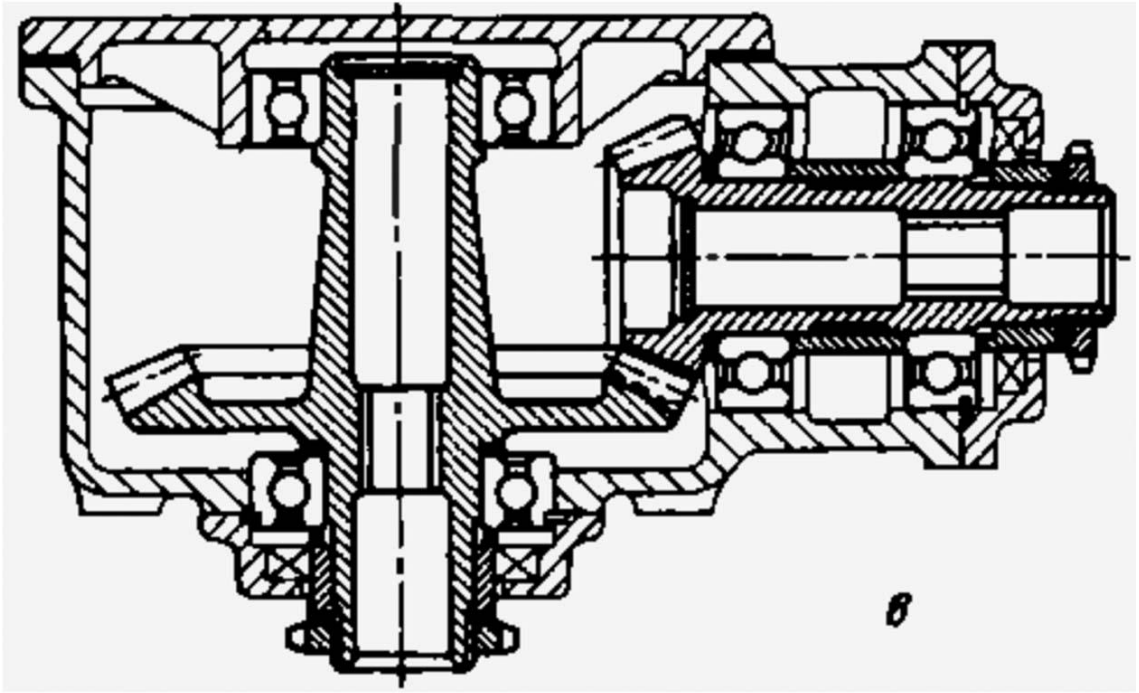




*Рис.11 – Редуктор з конічним зчеплення варіант 5*

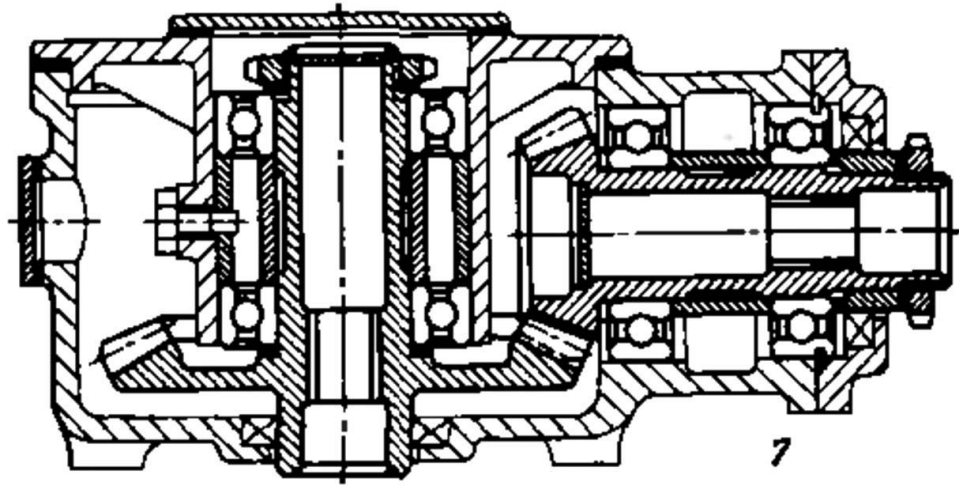
Корпус виконано рознімним в площині вісі шестерні. Конструкція забезпечує просте та зручне складання і огляд механізму. Перевірка зачеплення буде повномірної лише у випадку притискання валу з підшипниками до нижніх ліжок підшипників.

Виготовлення рознімного корпусу більш ускладнено ніж цілого корпусу. Необхідно спочатку начисто виконати обробку стиків, зєднати дві половинки корпусу на контрольних штифтах і в складеному вигляді обробити отвори для підшипників. Точність поверхонь стиків забезпечують притиранням. Застосування ущільнюючих прокладок недопустимо (порушується циліндричність гнізд підшипників шестерні).



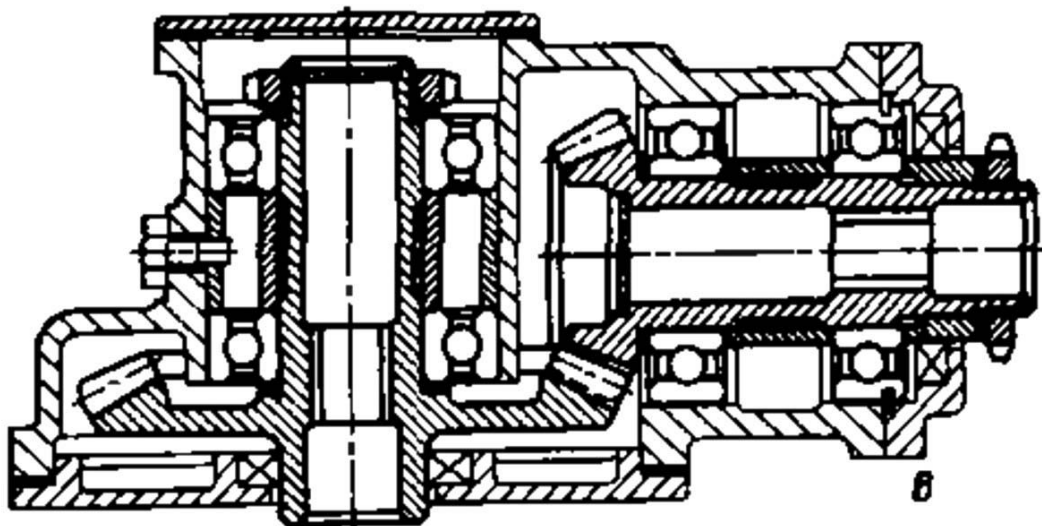
*Рис.12 – Редуктор з конічним зчеплення варіант 6*

Верхня опора вала колеса перенесена на кришку. Відстань між опорами збільшена, радіальні навантаження на підшипники зменшені. Недолік конструкції – ускладненість огляду та налагодження складеного механізму. При знятті кришки вал колеса залишається на нижній опорі; відсутність його фіксації не дозволяє перевірити правильність зачеплення. Крім того, розташування опор в різних деталях погіршує центрування валу. Необхідно обробка отворів для підшипника в складі корпусу і кришки, а це ускладнює технологію виготовлення.



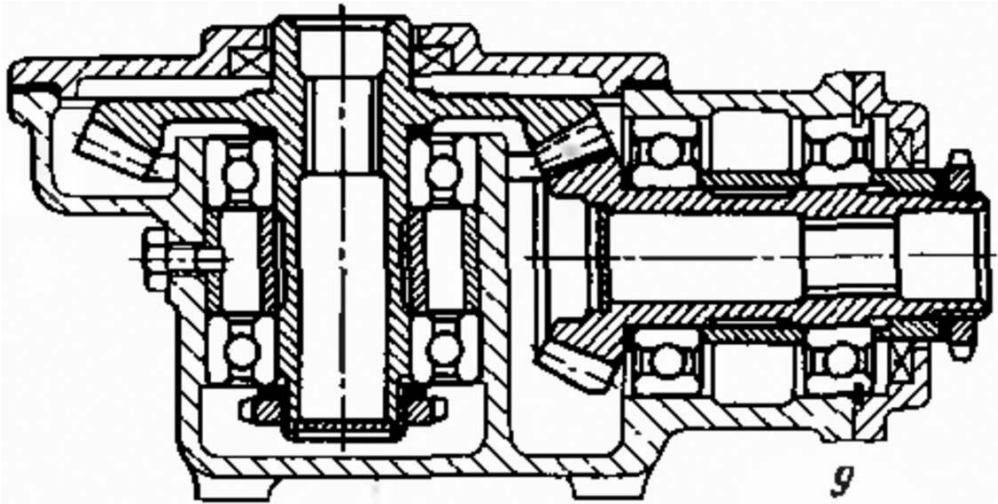
*Рис.13 – Редуктор з конічним зчеплення варіант 7*

Вал колеса встановлено на двох підшипниках у кришці. Налогодження зачеплення можливо тільки з застосуванням фарби. Огляд механізму утруднено. Для зняття кришки, необхідно попередньо вийняти шестерню, внаслідок чого механізм стає роз'єднаним.



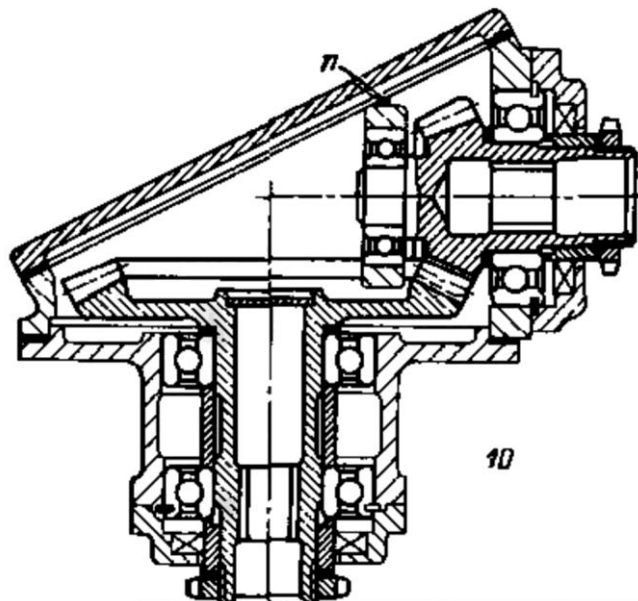
*Рис.14 – Редуктор з конічним зчеплення варіант 8*

Вал колеса змонтовано в верхньому литві корпусу. Доступ до механізму – через нижню кришку. Конструкція прийнятна при підвісному кріпленні корпусу і не застосовується при кріпленні редуктора на нижній площині (для огляду необхідно знімати весь редуктор!).



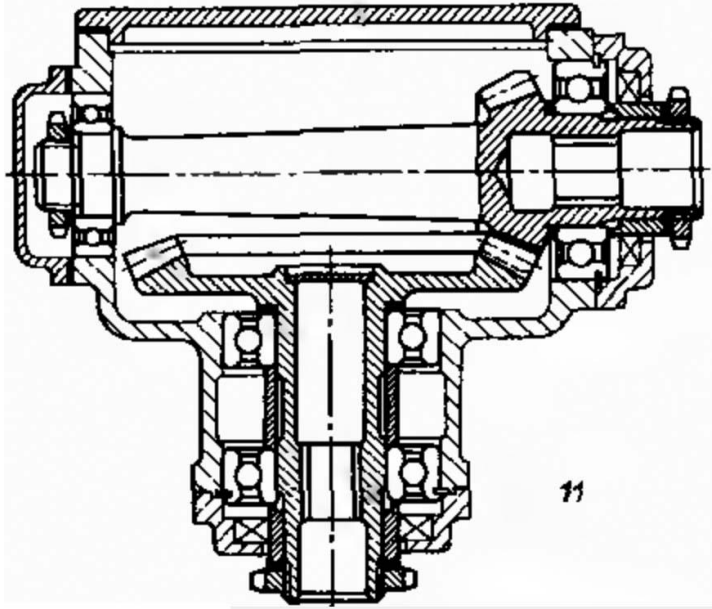
*Рис.15 – Редуктор з конічним зчепленням варіант 9*

Вал колеса встановлено у нижньому литві корпусу. Привод виведено наверх. Дільниця зачеплення може бути оглянута з торця зубців після зняття верхньої кришки. Для огляду механізму необхідно попередньо відключити вал відбору потужності від колеса.



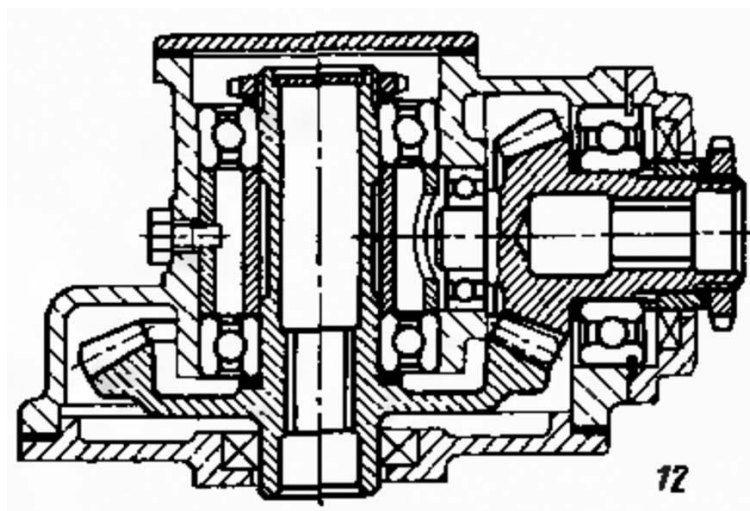
*Рис.16 – Редуктор з конічним зчепленням варіант 10*

Передній підшипник вала шестерні встановлено в перегородці п заодно вилитою до бічних стінок корпусу. Механізм можна оглянути після зняття верхньої несучої кришки. Недолік конструкції – ділянка зачеплення затулена перегородкою.



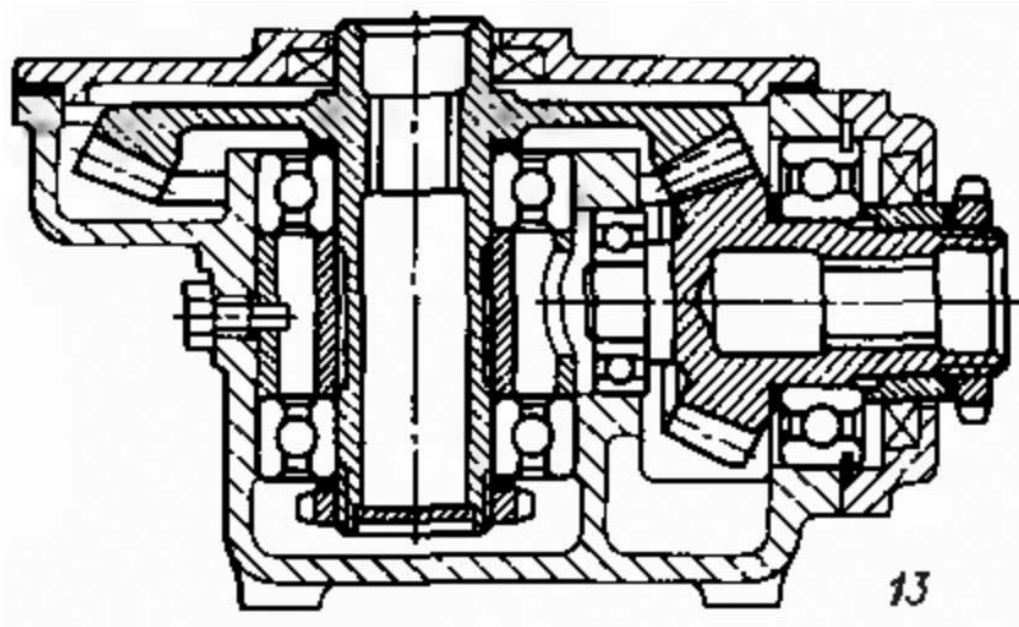
*Рис.17 – Редуктор з конічним зчеплення варіант 11*

Внутрішній підшипник перенесено на протилежний бік стінки корпусу, що забезпечує разнесення опор і зручний огляд механізму. Можливо відбирання потужності з вала шестерні. Недолік конструкції: неможливо розбирання зубчатих коліс нарізно; для зняття колеса необхідно попередньо демонтувати шестерню.



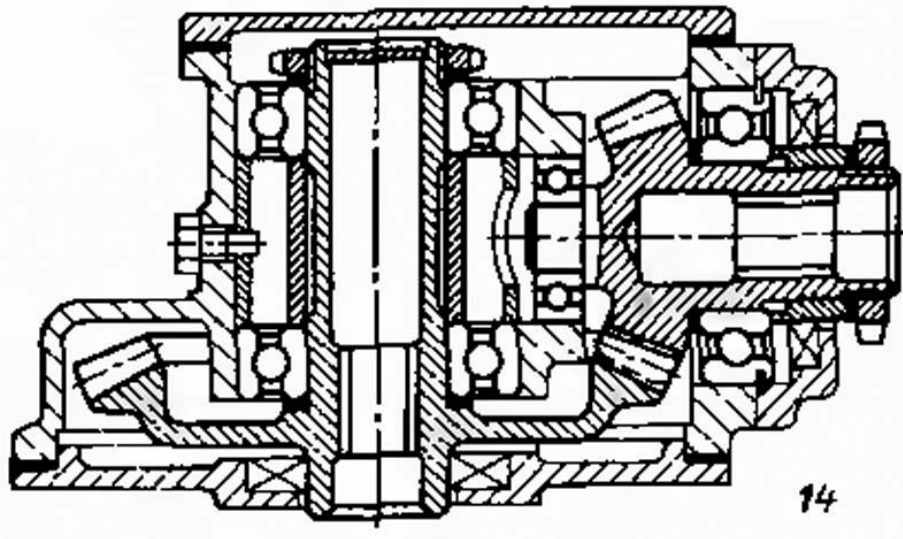
*Рис.18 – Редуктор з конічним зчепленням варіант 12*

Підшипники колеса і внутрішній підшипник шестерні встановлено в литві корпусу. Огляд механізму можливий через нижню несучу кришку; ділянку зачеплення можна оглянути з торця зубців. Попередньо необхідно відключити вал відбору потужності. Конструкція передбачає тільки підвісне кріплення.



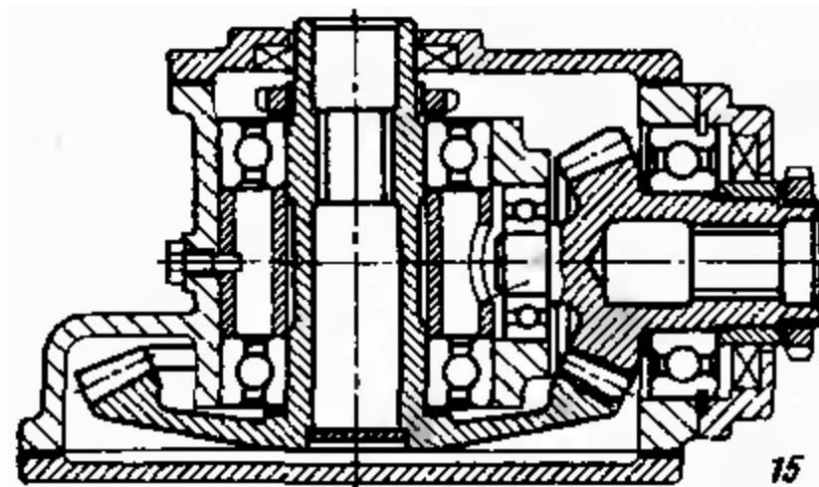
*Рис.19 – Редуктор з конічним зчепленням варіант 13*

Той же варіант, але з вихідною частиною вала вгору і з кріпленням редуктора нижньою площиною



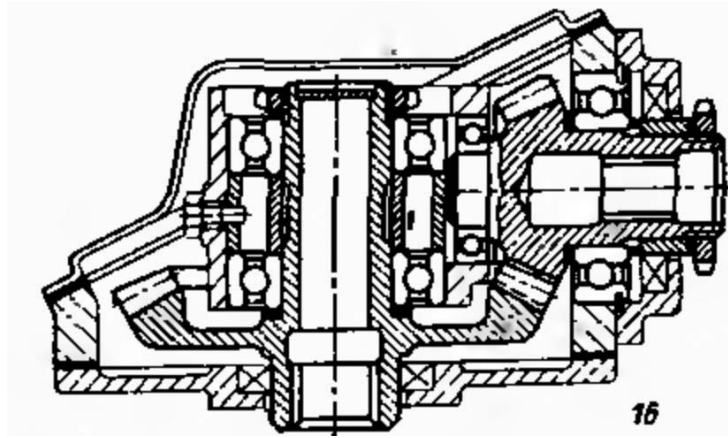
*Рис.20 – Редуктор з конічним зчеплення варіант 14*

Варіант з але з вихідною частиною вала вниз, який допускає огляд механізму без відключення валу відбору потужності. Кріплення з допомогою бічних лап або виливків на нижній кришці.



*Рис.21 – Редуктор з конічним зчеплення варіант 15*

Той же варіант, але з вихідною частиною вала колеса вверх



*Рис.22 – Редуктор з конічним зчеплення варіант 16*

Варіант виготовлення зі зниженою висотою корпусу та штампованою кришкою великого розміру, яка забезпечує зручність огляду механізму

Таким чином, на прикладі конічного редуктору розглянуто варіанти виготовлення які впливають на надійність та працездатність машини.