



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра транспортних технологій і технічного сервісу

02-02-147

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійного вивчення та виконання практичних
завдань з навчальної дисципліни

«Надійність і ремонт машин та обладнання»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)
рівня за освітньо-професійною програмою
«Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості навчально-наукового
механічного інституту
протокол № 4 від 24.12.2019 р.

Рівне – 2020



Методичні вказівки до самостійного вивчення та виконання практичних завдань з навчальної дисципліни «Надійність і ремонт машин та обладнання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Хітров І. О., Кристопчук М. Є. – Рівне : НУВГП, 2020. – 61 с.

Укладачі: Кристопчук М. Є., к.т.н., доцент, завідувач кафедри транспортних технологій і технічного сервісу;

Хітров І. О., к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу.

Відповідальний за випуск – Кристопчук М. Є., к.т.н., доцент, завідувач кафедри транспортних технологій і технічного сервісу.

Керівник групи забезпечення спеціальності 208 «Агроінженерія»

Налобіна О. О.



ЗМІСТ

Вступ	4
1. Методичні рекомендації для вивчення навчальної дисципліни “Надійність і ремонт машин та обладнання” згідно тем робочої програми	5
2. Методичні рекомендації для вивчення окремих тем програми, які виносяться на самостійне опрацювання	9
3. Тестові питання для самостійного опрацювання	19
4. Типові задачі для самостійного опрацювання	27
5. Методичні вказівки до виконання практичних завдань (контрольної роботи) для студентів заочної форми навчання	31
Термінологічний словник	51
Рекомендована література	61



ВСТУП

Предметом вивчення навчальної дисципліни “Надійність і ремонт машин та обладнання” є набуття студентами основних положень, знання та навиків щодо розрахунків, конструювання та підвищення надійності машин та обладнання, підтримання їх роботоздатності, відновлення ресурсу, підвищення їх безвідказності в процесі експлуатації і організації і технології їх ремонту.

З метою більш глибокого засвоєння студентами теоретичного матеріалу передбачається проведення лабораторних і практичних робіт, виконання індивідуального практичного завдання та самостійної роботи.

Самостійна робота студента (СРС) сприяє набуттю знань з виробничої експлуатації машин і обладнання при виконанні різних виробничих завдань; вивченні основних характеристик машин і обладнання; визначенні тягово-енергетичних властивостей; формуванні виробничих затрат на експлуатацію машин і обладнання; з’ясування суті ремонтного виробництва та загальних положень організації ремонту машин і обладнання; вивченні основних способів відновлення спрацьованих деталей; технічного нормування ремонтних робіт та загальних положень охорони праці.

Самостійна робота студента під керівництвом викладача проходить у формі ділової взаємодії: студент отримує безпосередні вказівки, рекомендації викладача з організації самостійної діяльності, а викладач виконує функцію управління через облік, контроль і коригування помилкових дій.



1. Методичні рекомендації для вивчення навчальної дисципліни “Надійність і ремонт машин та обладнання” згідно тем робочої програми

Змістовий модуль 1. Інженерно-фізичні основи надійності машин і обладнання

Тема 1. Експлуатаційна надійність машин і обладнання

- 1.1. Поняття про якість продукції.
 - 1.2. Надійність як складова якості машин.
 - 1.3. Причини втрати роботоздатності об'єктів
- Література:* [1] с. 5-12; [2] с. 17-23; [4] с. 6-14.

Питання для самоконтролю до теми 1

1. Розкрийте поняття «продукція», «вироби», «продукти».
2. Розкрийте поняття «якість продукції». Який зв'язок між якістю та надійністю сільськогосподарської техніки.
3. Що є кількісною оцінкою якості продукції?
4. Які об'єкти розглядаються у надійності сільськогосподарської техніки?
5. У яких станах з точки зору надійності може бути технічний об'єкт при експлуатації? Охарактеризуйте ці стани.
6. Які події зумовлюють перехід об'єкта у несправний стан, у нероботоздатний стан? Дайте визначення цих подій.
7. Що розуміють під терміном «надійність сільськогосподарської техніки»?
8. Дайте визначення властивостей надійності сільськогосподарської техніки.



Тема 2. Відмови технічних об'єктів та їх моделі

- 2.1. Класифікація відмов.
 - 2.2. Формалізація закону зміни вихідного параметру в часі.
 - 2.3. Формування процесу втрати технічним об'єктом працездатності.
 - 2.4. Показники безвідмовності.
- Література:* [1] с. 40-42; [3] с. 59-79.

Питання для самоконтролю до теми 2

1. За якими ознаками класифікуються відмови?
2. Які показники кількісно характеризують стабільність техніко-експлуатаційних властивостей технічних об'єктів?
3. Що таке відмова?
4. Що таке поступові і раптові відмови?
5. Перерахуйте показники безвідмовності технічних об'єктів.
6. Поясніть графічно поступові і раптові відмови елементів технічних об'єктів.
7. З якою метою застосовують класифікацію відмов?

Тема 3. Математичні методи визначення показників надійності

- 3.1. Деякі відомості з теорії ймовірностей та математичної статистики.
 - 3.2. Характеристика основних законів розподілу показників надійності.
 - 3.3. Збирання та обробка інформації про надійність технічних об'єктів.
 - 3.4. Комплексні показники надійності.
- Література:* [1] с. 43-68; 79-83.



Питання для самоконтролю до теми 3

1. Що таке подія? Які є різновиди подій?
2. Що таке дискретна і неперервна випадкова величина? Наведіть їх приклади.
3. Що таке ймовірність, які є формули додавання та множення ймовірностей?
4. Які бувають функції розподілу випадкових величин?
5. Що називається щільністю розподілу випадкових величин?
6. Які основні характеристики розподілу випадкових величин?
7. Які закони розподілу випадкових величин найчастіше зустрічаються у надійності?
8. Як визначити основні характеристики (показники) надійності виробів, що не ремонтуються (не відновлюються)?
9. Як розрахувати основні показники надійності виробів, що ремонтуються (відновлюються)?

Тема 4. Випробування технічних об'єктів на надійність

- 4.1. Загальні організаційно-методичні принципи випробування техніки.
 - 4.2. Значення, місце та особливості випробування машин на надійність.
 - 4.3. Загальні методичні принципи випробування машин на надійність.
 - 4.4. Організація випробувань на надійність.
- Література:* [1], с. 96-132.



Питання для самоконтролю до теми 4

1. Що розуміють під випробуванням машин і обладнання?
2. Наведіть класифікацію випробувань за метою їх проведення.
3. Як поділяються випробування залежно від етапів розробки?
4. Поясніть існуючі плани випробувань.
5. Що повинна передбачити програма випробувань?
6. Поясніть особливість випробування на надійність машин і обладнання в умовах експлуатації.
7. Які задачі розв'язують при випробуванні машин і обладнання на надійність?
8. За якими показниками оцінюється надійність сільськогосподарських машин при випробуваннях на машиновикористальних станціях?
9. Який комплекс показників найповніше характеризує надійність машин? Які показники надійності визначаються в умовах машиновипробувальних станцій.
10. Які є методи і технічні засоби прискорених випробувань та якими шляхами забезпечується їх прискорення?

Тема 5. Методи забезпечення і підвищення надійності техніки

- 5.1. Керування надійністю машин на всіх стадіях їх життєвого циклу.
- 5.2. Забезпечення надійності машин на стадії проектування.
- 5.3. Забезпечення надійності машин у процесі експлуатації.
- 5.4. Забезпечення надійності машин у процесі їх ремонту.

Література: [1], с. 143-194.



Питання для самоконтролю до теми 5

1. Які основні шляхи забезпечення надійності на стадії проектування?
2. Що таке резервування, його види?
3. Які конструкторські методи існують для підвищення надійності машин?
4. Які перспективні матеріали використовуються для підвищення надійності?
5. Які існують трибологічні заходи підвищення надійності?
6. Які основні технологічні методи підвищення надійності?
7. Що таке надійність технологічного процесу?
8. У чому суть експлуатаційних заходів підтримання надійності машин?
9. Як відновлюється надійність машин в процесі ремонту?
10. Що таке модернізація машин або деталей?

Змістовий модуль 2. Ремонт технічних об'єктів (машин і технологічного обладнання)

Тема 6. Характерні несправності машин і обладнання

- 6.1. Точність виготовлення, ремонту і взаємозамінність деталей машин.
 - 6.2. Причини утворення несправностей.
 - 6.3. Характерні несправності деталей машин.
 - 6.4. Граничні стани деталей, спряжень, складальних одиниць і механізмів машин.
 - 6.5. Ремонтні розміри деталей машин.
- Література:* [5] с. 6-69; [6] с. 33-35; [7] с. 49-69.



Питання для самоконтролю до теми 6

1. Розкрийте суть взаємозамінності деталей машин на ремонтному і машинобудівному виробництві.
2. Охарактеризуйте причини утворення несправностей.
3. За якими видами класифікують зношування деталей машин?
4. Які існують критерії граничного стану деталей і спряжень?
5. Як визначити допустимі спрацювання деталей і допустимі зазори в спряженнях?
6. Що таке ремонтний розмір деталі?

Тема 7. Дефектування деталей машин і обладнання

- 7.1. Дефекти деталей машин.
 - 7.2. Визначення коефіцієнтів відновлення, придатності і вибракування деталей.
 - 7.3. Методи контролю геометричних параметрів деталей.
 - 7.4. Методи виявлення скритих дефектів деталей.
 - 7.5. Вибір методів дефектоскопії.
- Література:* [5], с. 23-25; [6], с. 120-124, 220-230.

Питання для самоконтролю до теми 7

1. Що таке дефекти деталей машин?
2. Як визначаються коефіцієнти відновлення, придатності і вибракування деталей?
3. Назвіть методи контролю геометричних параметрів деталей.
4. Охарактеризуйте методи виявлення скритих дефектів деталей.
5. Як здійснюється вибір методів дефектоскопії?
6. За якими ознаками класифікують дефекти деталей машин?



7. Як визначити коефіцієнт відновлення деталей? Що він показує?
8. Що таке абсолютний метод вимірювання деталей машин?
9. Які існують критерії граничного стану деталей і спряжень?
10. Який вимірювальний інструмент застосовується при дефектуванні деталей машин?
11. Охарактеризуйте магнітний метод дефектоскопії.
12. Які методи дефектоскопії можна застосувати при дефектуванні корпусних деталей?

Тема 8. Виробничий та технологічний процес ремонту машин і обладнання

- 8.1. Загальні положення виробничого і технологічного процесу ремонту машин.
 - 8.2. Підготовка машини до ремонту, доставка на ремонтне підприємство і приймання в ремонт.
 - 8.3. Миття та очищення машин, їх агрегатів і деталей.
 - 8.4. Розбирання машини, агрегатів і вузлів.
 - 8.5. Контроль, сортування деталей і спряжень.
 - 8.6. Ремонт, відновлення деталей і спряжень.
 - 8.7. Комплектування, балансування, складання, обкатування, випробування вузлів, агрегатів і машин.
- Література:* [6], с. 171-185; [7], с. 163-215.

Питання для самоконтролю до теми 8

1. У чому відмінність між виробничим і технологічним процесом ремонту машин?
2. Як здійснюється приймання машин в ремонт?
3. Які існують види забруднень поверхонь деталей і машин?
4. У чому суть вібраційного процесу очищення деталей машин?



5. За якими групами сортують деталі при їх комплектуванні?
6. Як перевірити технічний стан підшипників кочення?
7. Охарактеризуйте маршрутну технологію ремонту машин.
8. Що таке ремонтний комплект? Як вони класифікуються?

Тема 9. Технологія та способи відновлення деталей на основі зварювання, наплавлення і напилення

- 9.1. Ручне зварювання і наплавлення.
- 9.2. Механізоване зварювання і наплавлення.
- 9.3. Плазмово-дугове наплавлення.
- 9.4. Спеціальні види наплавлення і зварювання.
- 9.5. Газотермічне напилювання.

Література: [1], с. 195-208; [5], с. 149-164; [6], с. 159-193.

Питання для самоконтролю до теми 9

1. Розкрийте технологічні основні зварювання.
2. Наведіть основні параметри режимів наплавлення та їх взаємозв'язок.
3. Охарактеризуйте технологічний процес відновлення деталей під шаром флюсу.
4. Як здійснюють наплавлення у середовищі захисних газів?
5. Охарактеризуйте технологічний процес відновлення деталей плазмодуговим наплавленням.
6. Опишіть технологічний процес газотермічного напилювання.



Тема 10. Технологія та способи відновлення деталей без суттєвого термічного впливу

- 10.1. Електромеханічна обробка.
- 10.2. Електролітичні металопокриття.
- 10.3. Застосування полімерних матеріалів.
- 10.4. Пластичне деформуванням.
- 10.5. Компенсація зношеного поверхневого шару встановленням додаткових деталей.

Література: [5], с. 193-263.

Питання для самоконтролю до теми 10

1. Розкрийте суть процесу електромеханічної обробки.
2. Охарактеризувати процес електролітичного нарощування.
3. На які групи поділяються полімерні матеріали?
4. Як здійснюють нанесення полімерних покриттів у псевдостиснутому шарі?
5. Що таке роздавання деталі?
6. Якими способами можна компенсувати зношену поверхню деталі?
7. Назвіть основні способи відновлення деталей пластичним деформуванням.
8. Опишіть технологічний процес нанесення гальванічних покриттів
9. Які полімерні матеріали застосовують для відновлення деталей? Наведіть приклади застосування.
10. Які методи поверхневого пластичного деформування застосовують для зміцнення деталей?



2. Методичні рекомендації для вивчення окремих тем програми, які виносяться на самостійне опрацювання

Тема 1. Причини та характер втрати технічним об'єктом працездатності

1.1. Зношування, види, характеристики і закономірності процесу.

1.2. Деформація і руйнування.

1.3. Втоmlеність металів.

1.4. Корозія

1.5. Старіння матеріалів

Література: [4] с. 44-53, 72-80; [5] с. 15-42.

Питання для самоконтролю до теми 1

1. Опишіть структуру поверхневого шару матеріалу деталі.

2. Вкажіть причини впливу поверхневого шару матеріалу на працездатність технічного об'єкту.

3. Назвіть причини зміни первинних параметрів.

4. Поясніть графічно формування поверхневого шару деталей, що руйнуються.

5. Що таке поріг чутливості?

6. Що таке „адсорбція”, „когезія”, „адгезія”?

7. Охарактеризуйте класифікаційні ознаки видів тертя.

8. У чому полягає відмінність між зношуванням і зносом?

9. Наведіть приклади різновидів механічного зношування деталей.

10. Які регламентовані визначення характеристик процесу використовуються для оцінки зношування поверхонь деталей?

11. Опишіть процес деформації на прикладі діаграми зміни навантажень.



12. Що таке втомленість металів?
13. Наведіть приклади корозії металів.
14. Що таке термічна і окислювальна деструкція?
15. Які існують критерії граничного стану деталей і спряжень?

Тема 2. Відмови технічних об'єктів та їх моделі

- 2.1. Основні відомості з теорії імовірності та математичної статистики.
- 2.2. Характеристика основних законів розподілу показників надійності.
- 2.3. Збирання та обробка інформації про надійність технічних об'єктів.
- 2.4. Комплексні показники надійності

Література: [1] с. 43-68.

Питання для самоконтролю до теми 2

1. Які основні поняття застосовуються у теорії імовірностей і математичної статистики?
2. Що таке математична імовірність події?
3. Яка різниця між статистичною і дослідною імовірністю події?
4. Як поділяються випадкові величини?
5. Що характеризує коефіцієнт варіації?
6. Перерахуйте основні закони розподілу показників надійності. Опишіть один з них.
7. Перерахуйте загальні вимоги до інформації про надійність технічних об'єктів.
8. Як визначається напрацювання на відмову технічного об'єкта.



Тема 3. Математичні методи визначення показників надійності

- 3.1. Показники безвідказності.
 - 3.2. Показники довговічності.
 - 3.3. Показники ремонтопридатності та збереженості.
 - 3.4. Позрахунки показників надійності
- Література:* [1], с. 68-84.

Питання для самоконтролю до теми 3

1. Які показники безвідказності виробів, що не ремонтуються і ремонтуються? Дайте їх визначення.
2. Що править за показник довговічності виробів?
3. Що таке гамма-процентний ресурс?
4. Наведіть основні і додаткові показники ремонтопридатності виробів.
5. Що таке показник збереженості виробу?
6. Яка залежність між надійністю об'єкта і схемою з'єднання його елементів?

Тема 4. Основні способи відновлення деталей машин

1. Класифікація способів відновлення деталей машин.
 2. Класифікація відновлюваних деталей машин.
 3. Вибір раціонального способу відновлення деталей машин.
 4. Економічний ефект від відновлення деталей.
- Література:* [6] с. 81-96, 445-449; [7] с. 157-159.

Питання для самоконтролю

1. За якими ознаками класифікуються способи відновлення деталей машин?
2. Назвіть способи відновлення деталей машин без суттєвого теплового впливу.
3. За якими ознаками вибирають необхідний спосіб



відновлення деталей машин?

4. Як визначається собівартість відновлення деталей машин при їх ремонті на ремонтному підприємстві?

5. Як визначається річний економічний ефект від впровадження нового технологічного процесу відновлення деталей машин?

Тема 5. Технічне нормування ремонтних робіт

1. Завдання і методи технічного нормування.

2. Структура норми часу.

3. Нормування робіт на металорізальних верстатах.

4. Нормування зварювальних і наплавлювальних робіт.

5. Нормування слюсарних робіт.

Література: [8], с. 24-52.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте дослідно-статистичний метод нормування ремонтних робіт.

2. Які є види фотографії робочого дня?

3. Охарактеризуйте робочий час робітника.

4. Які є види норм затрат праці?

5. Що таке основний час роботи робітника при виконанні робіт?

6. Як визначається основний час вібродугового наплавлення?

7. Як нормуються слюсарні роботи?



Тема 6. Охорона праці і техніка безпеки при ремонті машин і обладнання

1. Охорона праці і техніка безпеки при розбирально-складальних, мийних і фарбувальних роботах.
2. Охорона праці і техніка безпеки при ремонті деталей різними способами.
3. Протипожежні заходи.
4. Охорона навколишнього середовища, екологічна безпека.

Література: [6], с. 234-138.

Питання для самоконтролю

1. Поясніть зміст понять «безпека праці», «виробнича безпека», «небезпечні виробничі фактори».
2. Назвіть небезпечні і шкідливі виробничі фактори, які можуть впливати на працюючих при ремонті машин.
3. Які вимоги безпеки праці необхідно виконувати перед початком роботи?
4. Перерахуйте вимоги безпеки при випробуванні машин після їх ремонту.

Підсумком самостійної роботи над вивченням початкової дисципліни “Надійність і ремонт машин та обладнання” є складання письмового звіту за темами. Загальний обсяг звіту визначається з розрахунку 0,25 сторінки на 1 год. самостійної роботи. Звіт включає план, вступ, основну частину, висновки, список використаної літератури та додатки.

Звіт оформлюється на стандартному папері формату А4 (210×297) з одного боку. Поля: верхнє, нижнє та ліве – 20 мм, праве – 10 мм. Звіт може бути рукописним або друкованим. Захист звіту про самостійну роботу відбувається у терміни, спільно обумовлені студентом і викладачем.



3. Тестові питання для самостійного опрацювання

1. Як називається предмет певного цільового призначення?

- а) об'єкт
- б) суб'єкт
- в) система
- г) критерій

2. Вкажіть об'єкт цільового призначення машини.

- а) система
- б) механізм
- в) вузол
- г) всі перераховані відповіді вірні

3. Як називається комплекс визначених відмінних властивостей технічного об'єкту, який характеризує ступінь його споживчого удосконалення щодо визначених умов використання?

- а) експлуатаційні властивості технічного об'єкту
- б) надійність технічного об'єкту
- в) якість технічного об'єкту
- г) довговічність технічного об'єкту

4. Як називається властивість технічного об'єкту зберігати протягом певного часу в установлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність функціонувати у заданих режимах та умовах використання, технічного обслуговування, ремонту зберігання та транспортування?

- а) надійність технічного об'єкту
- б) експлуатаційні властивості технічного об'єкту
- в) якість технічного об'єкту
- г) довговічність технічного об'єкту



5. Як називається здатність технічного об'єкту зберігати роботоздатність до настання граничного стану при встановленій системі обслуговування і ремонту?

- а) довговічність технічного об'єкту
- б) властивість технічного об'єкту
- в) надійність технічного об'єкту
- г) якість технічного об'єкту

6. Усю облікову кількість виробничих і допоміжних робітників розподіляють на:

- а) категорії
- б) розряди
- в) ранги
- г) посади

7. Коефіцієнт відновлення визначається, як відношення:

а) загальної кількості продефектованих деталей до кількості продефектованих деталей, які підлягають відновленню;

б) кількості продефектованих деталей, які підлягають відновленню до загальної кількості продефектованих деталей;

в) кількості продефектованих деталей, які підлягають відновленню до загальної кількості продефектованих деталей, які придатні для подальшої експлуатації;

г) загальної кількості придатних деталей до дефектних.

8. Видалення з поверхні найбільш великих забруднень, які мішають обслуговуванню, розбиранню, дефектуванню і механічній обробці відноситься до процесу очищення:

- а) макроочищення



- б) мікроочищення
- в) активаційного очищення
- г) віброочищення

9. Граничний розмір – це:

- а) розмір деталі, який визначений вимірюванням;
- б) основний розрахунковий розмір, спільний для охоплюючої і охоплюваної поверхонь;
- в) розмір, між якими може коливатися дійсний розмір;
- г) розмір охоплюваної деталі.

10. Яким кольором позначають цілком придатні деталі при їх контролі і сортуванні:

- а) зеленим
- б) жовтим
- в) синім
- г) червоним

11. Величина, обернена такту ремонтного виробництва називається:

- а) темпом
- б) фронтом
- в) тривалістю
- г) пропускною здатністю

12. Пластичні матеріали, які здатні при багаторазовому нагріванні і охолодженні розм'якшуватися, плавитися і знову тверднути називаються:

- а) термопластичними
- б) термореактивними
- в) термостійкими
- г) релаксаційними



13. Електрод, який приєднаний до від'ємного полюса джерела струму при гальванічному відновленні деталі називається:

- а) катіоном
- б) катодом
- в) аніоном
- г) анодом

14. Як називається метод ремонту, при якому всі деталі і комплекти, що належать машині, після ремонту встановлюють на ту ж машину:

- а) не знеособлений
- б) знеособлений
- в) агрегатний
- г) поточний

15. Діаметр отвору деталі визначають наступним вимірювальним інструментом:

- а) мікрометром
- б) нутроміром
- в) манометром
- г) зубоміром

16. Завідуючий ремонтною майстернею відноситься до категорії:

- а) виробничого робітника;
- б) службовця;
- в) інженерно-технічного працівника
- г) молодшого обслуговуючого персоналу



17. Сукупність взаємопов'язаних дій людей і засобів виробництва, необхідних на підприємстві для виготовлення або ремонту машин називається:

- а) виробничим процесом
- б) технологічним процесом
- в) технічним процесом
- г) груповим процесом

18. Як називається вид термічної обробки, при якій деталь нагрівають до визначеної температури і потім повільно охолоджують для зняття внутрішніх напружень, пониження твердості і збільшення в'язкості металу:

- а) відпуск
- б) загартування
- в) нормалізація
- г) відпалювання

19. За якою технологією ремонту здійснюють комплектування партії деталей за назвами без урахування наявності в них однотипних дефектів:

- а) подефектна
- б) маршрутна
- в) маршрутно-групова
- г) моршрутно-дефектна

20. При якому процесі нанесення покриття на поверхню деталі здійснюється за допомогою високотемпературного швидкісного струменя:

- а) імпульсно-дугове наплавлення
- б) контактне наварювання
- в) детонаційне напилення
- г) вібродугове наплавлення



21. До якої класифікаційної ознаки дефектів машин відносяться критичні дефекти:

- а) за характером прояву
- б) за ступенем впливу на ресурс
- в) за взаємозв'язком
- г) за методом виявлення

22. Електрод, який приєднаний до позитивного полюса джерела струму при гальванічному відновленні деталі називається:

- а) катіоном
- б) катодом
- в) аніоном
- г) анодом

23. Як називаються засоби виробництва, які додаються до обладнання для виконання технологічного процесу:

- а) технологічним обладнанням
- б) технологічними засобами
- в) технологічною оснасткою
- г) технологічними позиціями

24. Який метод балансування характеризується обертанням деталі для визначення місця розташування компенсуючи мас:

- а) статичний
- б) статистичний
- в) швидкісний
- г) динамічний



25. Оперативний час на виконання операцій складається з часу:

- а) основного і додаткового
- б) основного і підготовчо-заключного
- в) основного і оперативного
- г) основного і допоміжного

26. Зі збільшенням глибини різання при обточуванні циліндричних поверхонь кількість проходів при незмінному припуску на обробку:

- а) збільшується
- б) зменшується
- в) не залежить від припуску
- г) не залежить від глибини різання

27. Технологічний процес ремонту групи деталей з загальними конструктивними і технологічними ознаками називається:

- а) одиничний
- б) типовий
- в) груповий
- г) масовий

28. При терті ковзання з дуже малими зворотно-поступальними переміщеннями і динамічному прикладенні навантаження має місце:

- а) фретинг-корозія
- б) адгезійне спрацювання
- в) ерозія
- г) кавітація



29. Спосіб захисту зони зварювання, неперервність процесу, ступінь механізації відносять до ... ознак зварювання, наплавлення:

- а) фізичних
- б) технологічних
- в) хімічних
- г) технічних

30. Як називається метод ремонту, при якому несправні агрегати і комплектні групи машини замінюються відремонтованими або новими:

- а) не знеособлений
- б) знеособлений
- в) агрегатний
- г) поточний

31. При спрацюванні поверхонь спряження у підшипниках необхідно:

- а) наплавити внутрішнє кільце
- б) замінити підшипник
- в) замінити зовнішнє кільце
- г) замінити сепаратор

32. Ремонтний розмір спрацьованої поверхні вала порівняно з номінальним заводським:

- а) більший
- б) менший
- в) однаковий
- г) довільний

33. Зварювальні флюс призначені:

- а) для підсилення сили струму
- б) для захисту зварювальної зони від повітря
- в) для підвищення швидкості подачі дроту
- г) для захисту електродного дроту



4. Типові задачі для самостійного опрацювання

1. В експлуатації знаходилося 10 технічних об'єктів (машин або технологічного обладнання). В інтервалі напрацювання 10 тисяч мотогодин (годин) відмовило 3 об'єкти. Визначити імовірність безвідмовної роботи технічних об'єктів?.

2. На експлуатаційному випробуванні знаходилося 10 елементів машини. Вони вийшли з ладу за наступних напрацюваннях, тис. мотогодин: 5; 4; 3; 10; 11; 15; 7; 8; 9; 5. Визначити середнє напрацювання до відмови елемента машини.

3. Всього для однотипних технічних об'єктів було 1000 відмов, в тому числі за силовою установкою – 600. Визначити коефіцієнт відмов силової установки?

4. Імовірність безвідмовної роботи одного елемента гальмівної системи транспортної машини протягом заданого напрацювання становить 0,7. Визначити імовірність безвідмовної роботи системи з двома додатковим послідовними резервними елементами?

5. В результаті експлуатаційних досліджень встановлено, що імовірність відмови основної робочої системи технічного об'єкту на 10 тис. мотогодин роботи 0,05; а імовірність відмови допоміжної робочої системи – 0,01. Визначити загальну імовірність відмови системи технічного об'єкту (групи однорідних подій)?

6. Під час експлуатації технічного об'єкта встановлено, що імовірність безвідмовної роботи ходової системи становить 0,8; а силової установки – 0,75. Визначити імовірність безвідмовної роботи технічного об'єкта (групи незалежних подій)?



7. Визначити можливий відсоток відмови механізму приводу робочого обладнання технічного об'єкта до напрацювання 25 тисяч годин, якщо відомо, що доремонтний ресурс розподілений за нормальним законом розподілу з параметрами: середнє значення напрацювання механізму – 30 тис. год.; середнє квадратичне відхилення напрацювання – 3 тис. год. Інтегральна функція закону нормального розподілу становить $f(1,67) = 0,95$.

8. Визначити кількість капітальних ремонтів обладнання у поточному році з врахуванням наступних умов: фактичне напрацювання становить 7500 год; планове напрацювання на поточний рік – 6000 год; періодичність проведення капітального ремонту – 5760 год, поточного ремонту – 1920 год.

9. Визначити необхідну кількість виробничих робітників у механічному відділенні з річною трудомісткістю робіт 15000 людино-годин. Кількість робочих днів – 214. Тривалість зміни – 8,2 год. Коефіцієнт використання робочих місць та обладнання становить 0,95. Коефіцієнт перевиконання норм – 0,9.

10. Визначити дійсний річний фонд часу роботи робітника у механічному відділенні з річною трудомісткістю робіт 15000 людино-годин. Кількість робочих днів – 214. Тривалість зміни – 8,2 год. Коефіцієнт використання робочих місць та обладнання становить 0,95. Коефіцієнт перевиконання норм – 0,9.

11. Технологічний процес складання вузлів і агрегатів передбачається 4 виробничими робітниками. Визначити необхідну площу відділення складання агрегатів, якщо питома площа на одного виробничого робітника відділення становить 10 м^2 , а також сумарну площу, яку може зайняти обладнання з коефіцієнтом робочої зони – 3.



12. Визначити необхідну кількість фрезерувальних верстатів для здійснення виробничої програми з відновлення деталей з сумарною трудомісткістю фрезерувальних робіт 5000 верстато-годин при однозмінній роботі тривалістю 8,2 год. Коефіцієнт використання верстатів – 0,9. Номінальний фонд часу становить 2000 год. Тривалість відпустки – 24 дні. Коефіцієнт, що враховує втрати робочого часу з поважних причин – 0,95.

13. Визначити площу складу матеріалів і запасних частин ремонтного підприємства, річна потреба яких становить 120 т. Термін зберігання матеріалів і запасних частин 1 місяць. Допустиме навантаження на 1 м² площі складу – 0,5 т. Коефіцієнт, який враховує збільшення площі за рахунок проходів, рівний 0,3.

14. Визначити коефіцієнт технічної готовності парку машин із загальною кількістю машин на балансі господарства 50. Кількість справних машин – 40.

15. Визначити коефіцієнт відновлення деталей для загальної кількості продефектованих деталей – 500 шт. Кількість продефектованих деталей, які підлягають відновленню становить 200 шт.

16. Визначити напругу джерела живлення при наплавленні деталей під шаром флюсу. Діаметр деталі 200мм.

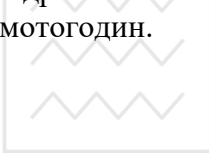
17. Визначити основний час на електродугове заварювання горизонтальної тріщини. Вихідні дані: довжина наплавлення – 200 мм; площа поперечного перерізу шва – 1,4 см²; діаметр електрода – 4 мм; густина електродного матеріалу – 7,8 г/см³; коефіцієнт наплавлення – 8,5 г/А год.; коефіцієнт, що залежить від довжини шва – 1,3.



18. Визначити тривалість електролітичного хромування з утворенням блискучого покриття при відновленні рівномірно спрацьованого валу (діаметр 54мм) до діаметру 54,2 мм. Густина осадженого хрому – $6,92\text{г/см}^3$, електрохімічний еквівалент – $0,323\text{ г/А год}$. Густина струму – 35 А/дм^2 . Вихід металу по струму – 12% .

19. Визначити штучну норму часу на виконання ремонтних робіт, якщо основний час на виконання ремонтних робіт становить 15 хв., допоміжний час – 5 хв., а відсоткове відношення додаткового часу до оперативного становить 5 %.

20. Визначити коефіцієнт відновлення ресурсу машини при його напрацюванні до першого капітального ремонту 200 тис. мотогодин. Середній ресурс капітально відремонтованих машин даного типу становить 160 тис. мотогодин.





5. Методичні вказівки до виконання практичних завдань (контрольної роботи) для студентів заочної форми навчання

Практична робота (ПР) дозволяє студенту самостійно вибрати найраціональніше рішення з поставлених перед ним комплексних інженерних завдань і показати вміння використання передового досвіду, учбовими посібниками, довідниками, періодичною літературою на основі набутих ним знань.

ПР за темою «Оптимізація виробничих процесів ТО і ремонту машин та обладнання» складається з розрахунково-пояснювальної записки обсягом 10-20 сторінок. Розрахунково-пояснювальна записка включає титульний лист, зміст, вступ, вихідні дані, список літературних джерел.

Предметом теорії масового обслуговування є встановлення залежності між факторами, що визначають функціональні можливості системи масового обслуговування, і ефективністю її функціонування. У більшості випадків усі параметри, що описують системи масового обслуговування, є випадковими величинами або функціями, тому ці системи відносяться до стохастичних систем.

Випадковий характер потоку заявок (вимог), а також, у загальному випадку, і тривалості обслуговування приводить до того, що в системі масового обслуговування відбувається випадковий процес.

Компоненти і класифікація моделей масового обслуговування. Системи масового обслуговування – це такі системи, у які у випадкові моменти часу надходять заявки на обслуговування, при цьому заявки, що надійшли, обслуговуються за допомогою наявних у розпорядженні системи каналів обслуговування.



З позиції моделювання процесу масового обслуговування ситуації, коли утворюються черги заявок (вимог) на обслуговування, виникають наступним чином. Надійшовши в обслуговуючу систему, вимога приєднується до черги інших (тих, що надійшли раніше) вимог. Канал обслуговування вибирає вимогу з тих, що знаходяться в черзі, для того щоб приступити до її обслуговування. Після завершення процедури обслуговування чергової вимоги канал обслуговування приступає до обслуговування наступної вимоги, якщо така присутня в блоці очікування.

Цикл функціонування системи масового обслуговування подібного виду повторюється багаторазово протягом усього періоду роботи обслуговуючої системи. При цьому передбачається, що перехід системи на обслуговування чергової вимоги після завершення обслуговування попередньої вимоги відбувається миттєво, у випадкові моменти часу.

Прикладами систем масового обслуговування можуть бути:

1. пости технічного обслуговування машин;
2. пости ремонту машин;
3. колонки заправних станцій;
4. станції технічного обслуговування машин та ін.;

Основними компонентами системи масового обслуговування будь-якого виду є:

- вхідний потік вимог, або заявок, що надходять на обслуговування;
- дисципліна черги;
- механізм обслуговування.

Вхідний потік вимог. Для опису вхідного потоку потрібно задати імовірнісний закон, що визначає послідовність моментів надходження вимог на обслуговування і вказати кількість таких вимог у кожному



черговому надходженні. При цьому, як правило, оперують поняттям «імовірнісний розподіл моментів надходження вимог». В даному випадку можуть надходити як одиничні, так і групові вимоги (вимоги надходять групами в систему). В останньому випадку звичайно мова йде про систему обслуговування з паралельно-груповим обслуговуванням.

Дисципліна черги – важливий компонент системи масового обслуговування, він визначає принцип, відповідно до якого вимоги, що надходять на вхід обслуговуючої системи, підключаються з черги до процедури обслуговування. Найчастіше використовуються дисципліни черги, обумовлені наступними правилами:

- першим прийшов – перший обслуговується;
- прийшов останнім – обслуговується першим;
- випадковий вибір заявок;
- вибір заявок за критерієм пріоритетності;
- обмеження часу очікування моменту початку обслуговування (має місце черга з обмеженим часом очікування обслуговування, що асоціюється з поняттям «припустима довжина черги»).

Механізм обслуговування визначається характеристиками самої процедури обслуговування і структурою обслуговуючої системи. До характеристик процедури обслуговування відносяться: тривалість процедури обслуговування і кількість вимог, що задовольняються в результаті виконання кожної такої процедури. Для аналітичного опису характеристик процедури обслуговування оперують поняттям «імовірнісний розподіл часу обслуговування вимог».

Слід зазначити, що час обслуговування заявки залежить від характеру самої заявки або вимог клієнта та від стану і можливостей обслуговуючої системи. У ряді випадків приходиться також враховувати імовірність



виходу обслуговуючого приладу в плинні деякого обмеженого інтервалу часу.

Структура обслуговуючої системи визначається кількістю і взаємним розташуванням каналів обслуговування (механізмів, приладів і т.п.). Насамперед варто підкреслити, що система обслуговування може мати не один канал обслуговування, а декілька; система такого роду здатна обслуговувати одночасно кілька вимог. У цьому випадку всі канали обслуговування пропонують ті самі послуги, і, отже, можна стверджувати, що має місце паралельне обслуговування.

Система обслуговування може складатися з декількох різнотипних каналів обслуговування, через які повинні пройти кожна вимога, що обслуговується, тобто в обслуговуючій системі процедури обслуговування вимог реалізуються послідовно. Механізм обслуговування визначає характеристики вихідного (обслуженого) потоку вимог.

Незалежно від характеру процесу, що протікає в системі масового обслуговування, розрізняють два основних види СМО:

- системи з відмовами, у яких заявка, що надійшла в систему в момент, коли всі канали зайняті, одержує відмову і відразу ж залишає чергу;

- системи з очікуванням (чергою), у яких заявка, що надійшла в момент, коли всі канали обслуговування зайняті, стає в чергу і чекає, поки не звільниться один з каналів.

Системи масового обслуговування з очікуванням поділяються на системи з обмеженим очікуванням і системи з необмеженим очікуванням.

У системах з обмеженим очікуванням може обмежуватися:

- довжина черги;



- час перебування в черзі.

У системах з необмеженим очікуванням заявка, що стоїть в черзі, чекає обслуговування необмежено довго, тобто поки не підійде черга.

Усі системи масового обслуговування розрізняють по числу каналів обслуговування:

- одноканальні системи;
- багатоканальні системи.

2. Приклади моделювання систем масового обслуговування.

Примітка. Для вирішення практичних задач вибір вихідних даних згідно варіанту проводити у відповідності до двох останніх цифр залікової книжки, де m — передостання цифра; n — остання цифра залікової книжки.

Задача 2.1. Моделювання одноканальної СМО з пуасонівським вхідним потоком та експоненціальним розподілом тривалості обслуговування

Нехай одноканальна СМО з відмовами являє собою один пост щоденного обслуговування (ЩО) для мийки машин. Заявка – машина, що прибула у момент, коли пост зайнятий, – одержує відмову в обслуговуванні. Інтенсивність потоку машин $\lambda = 1 \cdot n$ (одна машина на годину). Середня тривалість обслуговування – $1,8 \cdot m$ години. Потік машин і потік обслуговування є найпростішими.

Визначити в сталому режимі граничні значення:

- відносної пропускної здатності q ;
- абсолютної пропускної здатності A ;
- імовірності відмов $P_{відм}$;

Порівняти фактичну пропускну здатність СМО з



номінальною, котра була б, якби кожна машина обслуговувалася точно $1,8 \cdot t$ години і машини надходили одна за другою без перерви.

Послідовність вирішення задачі

1. Визначимо інтенсивність потоку обслуговування:

$$\mu = \frac{1}{t_{об}} = \frac{1}{1,8} = 0,555.$$

2. Обчислимо відносну пропускну здатність:

$$q = \frac{\mu}{\mu + \lambda} = \frac{0,555}{1 + 0,555} = 0,356.$$

Величина q означає, що в сталому режимі система буде обслуговувати приблизно 35% машин, які надходять на пост ЩО.

3. Абсолютну пропускну здатність визначимо по формулі:

$$A = \lambda q = 1 \cdot 0,356 = 0,356.$$

Це означає, що система (пост ЩО) здатна здійснити в середньому 0,356 обслуговування машин на годину.

4. Імовірність відмови:

$$P_{відм} = 1 - q = 1 - 0,356 = 0,644.$$

Це означає, що близько 65% машин, що надійшли на пост ЩО одержать відмову в обслуговуванні.

5. Визначимо номінальну пропускну здатність системи:

$$A_{ном} = \frac{1}{t_{об}} = \frac{1}{1,8} = 0,555 \text{ (маш./год)}.$$

Виявляється, що $A_{ном}$ у 1,5 рази $\left(\frac{0,555}{0,356} \approx 1,5\right)$ більша, ніж фактична пропускну здатність, обчислена з врахуванням випадкового характеру потоку заявок і часу обслуговування.



Задача 2.2. Моделювання одноканальної СМО з очікуванням

Спеціалізований пост діагностики являє собою одноканальну СМО. Число стоянок для машин, що очікують проведення діагностики, обмежено і дорівнює 3 $[(N - 1) = 3]$ (m). Якщо всі стоянки зайняті, тобто в черзі вже знаходиться три машини, то чергова машина, що прибула на діагностику, у чергу на обслуговування не стає. Потік машин, що прибувають на діагностику, розподілений за законом Пуассона і має інтенсивність $\lambda = 0,85(+0,2 \cdot n)$ (машин за годину). Час діагностики машини розподілено за показниковим законом і у середньому дорівнює $1,05(+0,1 \cdot m)$ години.

Потрібно визначити імовірнісні характеристики поста діагностики, що працює в стаціонарному режимі.

Послідовність вирішення задачі

1. Параметр потоку обслуговування машин:

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_{об}} = \frac{1}{1,05} = 0,952$$

2. Приведена інтенсивність потоку машин визначається як відношення інтенсивностей λ та μ , тобто

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,85}{0,952} = 0,893.$$

3. Обчислимо фінальні імовірності системи:

$$P_0 = \frac{1 - \psi}{1 - \psi^{N+1}} = \frac{1 - 0,893}{1 - 0,893^5} \approx 0,248;$$

$$P_1 = \psi P_0 = 0,893 \cdot 0,248 \approx 0,221;$$

$$P_2 = \psi^2 P_0 = 0,893^2 \cdot 0,248 \approx 0,198;$$

$$P_3 = \psi^3 P_0 = 0,893^3 \cdot 0,248 \approx 0,177;$$

$$P_4 = \psi^4 P_0 = 0,893^4 \cdot 0,248 \approx 0,158.$$



4. Імовірність відмови в обслуговуванні машини:

$$P_{\text{відм}} = P_q = \psi^4 P_0 \approx 0,158.$$

5. Відносна пропускна здатність поста діагностики:

$$q = 1 - P_{\text{відм}} = 1 - 0,158 = 0,842.$$

6. Абсолютна пропускна здатність поста діагностики:

$$A = q\lambda = 0,842 \cdot 0,85 = 0,716 \text{ (машин./год)}$$

7. Середнє число машин, що знаходяться на обслуговуванні й у черзі (тобто в системі масового обслуговування):

$$L_s = \frac{\psi [1 - (N+1)\psi^N + N\psi^{N+1}]}{(1-\psi)(1-\psi^{N+1})} = \frac{0,893 \cdot [1 - (4+1) \cdot 0,893^4 + 4 \cdot 0,893^5]}{(1-0,893)(1-0,893^5)} = 1,77$$

8. Середній час перебування машини в системі:

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda(1-P_N)} = \frac{1,77}{0,85(1-0,158)} \approx 2,473 \text{ години}$$

9. Середня тривалість перебування заявки в черзі на обслуговування:

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = 2,473 - \frac{1}{0,952} = 1,423 \text{ години.}$$

10. Середнє число заявок у черзі (довжина черги):

$$L_q = \lambda(1-P_N)W_q = 0,85 \cdot (1-0,158) \cdot 1,423 = 1,02.$$

Роботу розглянутого поста діагностики можна вважати задовільною, тому що пост діагностики не обслуговує машини в середньому в 15,8% випадків ($P_{\text{відм}} = 0,158$).



Задача 2.3. Моделювання одноканальної СМО з очікуванням без обмеження на довжину черги

В постановці задачі 2.2 зробимо наступні припущення.

Нехай розглянутий пост діагностики має у своєму розпорядженні необмежену кількість площадок для стоянки прибуваючих на обслуговування машин, тобто довжина черги не обмежена.

Визначити фінальні значення наступних імовірнісних характеристик:

- імовірності станів системи (поста діагностики);
- середнє число машин, що знаходяться в системі (на обслуговуванні й у черзі);
- середню тривалість перебування машини в системі (на обслуговуванні й у черзі);
- середнє число машин у черзі на обслуговування;
- середню тривалість перебування машини в черзі.

Послідовність вирішення задачі

1. Параметр потоку обслуговування μ та приведена інтенсивність потоку машин ψ визначені в задачі 2.2:

$$\mu = 0,952;$$

$$\psi = 0,893.$$

2. Обчислимо граничні імовірності системи:

$$P_0 = 1 - \psi = 1 - 0,893 = 0,107;$$

$$P_1 = (1 - \psi)\psi = (1 - 0,893) \cdot 0,893 = 0,096;$$

$$P_2 = (1 - \psi)\psi^2 = (1 - 0,893) \cdot 0,893^2 = 0,085;$$

$$P_3 = (1 - \psi)\psi^3 = (1 - 0,893) \cdot 0,893^3 = 0,076;$$

$$P_4 = (1 - \psi)\psi^4 = (1 - 0,893) \cdot 0,893^4 = 0,068;$$

$$P_5 = (1 - \psi)\psi^5 = (1 - 0,893) \cdot 0,893^5 = 0,061, \text{ і т.д.}$$



Слід зазначити, що $P_0(t)$ визначає частку часу, протягом якого пост діагностики вимушено не діє (простоє). У нашому прикладі вона складає 10,7%, оскільки $P_0(t) = 0,107$.

3. Середнє число машин, що знаходяться в системі (на обслуговуванні й у черзі):

$$L_s = \frac{\psi}{1-\psi} = \frac{0,893}{1-0,893} = 8,346 \text{ машин.}$$

4. Середня тривалість перебування клієнта в системі:

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{1}{\mu(1-\psi)} = \frac{1}{0,952 \cdot (1-0,893)} = 9,817 \text{ годин.}$$

5. Середнє число машин у черзі на обслуговування:

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\psi^2}{1-\psi} = \frac{0,893^2}{1-0,893} = 7,453.$$

6. Середня тривалість перебування машини в черзі:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{\psi}{\mu(1-\psi)} = \frac{0,893}{0,952 \cdot (1-0,893)} = 8,766 \text{ годин.}$$

7. Відносна пропускна здатність системи: $q = 1$, тобто, кожна заявка, що прийшла в систему, буде обслужена.

8. Абсолютна пропускна здатність:

$$A = \lambda q = 0,85 \cdot 1 = 0,85.$$

Слід зазначити, що підприємство, що здійснює діагностику машин, насамперед цікавить кількість клієнтів, що відвідає пост діагностики при знятті обмеження на довжину черги.

Припустимо, у початковому варіанті кількість місць для стоянки прибуваючих машин рівне трьом (див. задачу 2.2). Частота m виникнення ситуацій, коли машина, яка прибуває на пост діагностики не має можливості приєднатися до черги:

$$m = \lambda \psi^N P_0.$$



Тобто, при $N = 3 + 1 = 4$ і $\psi = 0,893$:

$$m = 0,85 \cdot 0,248 \cdot 0,893^4 = 0,134 \text{ маш./год.}$$

При 12-годинному режимі роботи поста діагностики це еквівалентно тому, що пост діагностики в середньому за зміну (день) буде втрачати $12 \cdot 0,134 = 1,6$ машин.

Зняття обмеження на довжину черги дозволяє збільшити кількість обслужених клієнтів (у нашому прикладі в середньому на 1,6 машини за зміну (12 годин роботи) поста діагностики). Рішення щодо розширення площі для стоянки машин, що прибувають на пост діагностики, повинне ґрунтуватися на оцінці економічного збитку, що обумовлений втратою клієнтів при наявності всього трьох місць для стоянки цих машин.

Задача 2.4. Моделювання багатоканальної СМО з пуасонівським вхідним потоком і експоненціальним розподілом тривалості обслуговування

Нехай n -канальна СМО являє собою централізований склад (ЦС) по обробці вантажів в контейнерах із трьома ($n = 3$) (для індивідуального завдання ($n+m$)) взаємозамінними навантажувачами для обробки вантажів. Потік вантажів в контейнерах, що надходять на ЦС, має інтенсивність $\lambda = 1(+0,8 \cdot m)$ контейнер на годину. Середня тривалість обслуговування $\bar{t}_{об} = 1,8(+0,1 \cdot n)$ години. Потік заявок обробку вантажів і потік обслуговування цих вантажів вважати найпростішими.

Обчислити фінальні значення:

- імовірності станів ЦС;
- імовірності відмов в обслуговуванні заявки;
- відносної пропускну здатності ЦС;
- абсолютної пропускну здатності ЦС;



- середнього числа зайнятих навантажувачів на ЦС.

Визначити, скільки додатково треба придбати навантажувачів, щоб збільшити пропускну здатність ЦС у 2 рази.

Послідовність вирішення задачі

1. Визначимо параметр μ потоку обслуговування:

$$\mu = \frac{I}{\bar{t}_{об}} = \frac{I}{1,8} = 0,555.$$

2. Приведена інтенсивність потоку заявок

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{I}{0,555} = 1,8.$$

3. Граничні імовірності станів знайдемо по формулах

Ерланга:

$$P_1 = \frac{\psi}{1!} P_0 = 1,8 P_0; \quad P_2 = \frac{\psi^2}{2!} P_0 = 1,62 P_0; \quad P_3 = \frac{\psi^3}{3!} P_0 = 0,97 P_0$$

$$P_0 = \frac{I}{\sum_{k=0}^3 \frac{\psi^k}{k!}} = \frac{I}{1 + 1,8 + 1,62 + 0,97} \approx 0,18;$$

$$P_1 \approx 1,8 \cdot 0,186 \approx 0,344; \quad P_2 \approx 1,62 \cdot 0,186 \approx 0,301;$$

$$P_3 \approx 0,97 \cdot 0,186 \approx 0,18.$$

4. Імовірність відмови в обслуговуванні заявки:

$$P_{відм} = P_3 = 0,18.$$

5. Відносна пропускну здатність ЦС:

$$q = 1 - P_{відм} = 1 - 0,18 = 0,82.$$

6. Абсолютна пропускну здатність ЦС:

$$A = \lambda q = 1 \cdot 0,82 = 0,82.$$

7. Середнє число зайнятих каналів – навантажувачів:

$$\bar{k} = \psi(1 - P_{відм}) = 1,8 \cdot (1 - 0,18) = 1,476.$$

Таким чином, при сталому режимі роботи СМО в середньому буде зайнято 1,5 навантажувача з трьох - інші півтора будуть простоювати. Роботу розглянутого ЦС



навіть чи можна вважати задовільною, тому що ЦС не обслуговує заявки в середньому в 18% випадків.

Очевидно, що пропускну здатність ЦС при даних λ та μ можна збільшити тільки за рахунок збільшення числа навантажувачів.

Визначимо, скільки потрібно використовувати навантажувачів, щоб скоротити число необслужених заявок, що надходять на ЦС, у 10 разів, тобто щоб імовірність відмови в обробці вантажів не перевершувала 0,0180. Для цього використовуємо формулу

$$P_{\text{відм}} = P_n = \frac{\psi^n}{n!} P_0$$

Результати розрахунків наводимо в табличній формі:

n	1	2	3	4	5	6
P_0	0,357	0,266	0,186	0,172	0,167	0,166
$P_{\text{відм}}$	0,643	0,367	0,18	0,075	0,026	0,0078

Задача 2.5. *Модельовання багатоканальної СМО з очікуванням*

Механічна майстерня заводу з трьома постами (каналами) (для індивідуального завдання число каналів обслуговування прийняти **4 пости**) виконує ремонт малої механізації. Потік несправних механізмів, що прибувають у майстерню - пуасонівський і має інтенсивність $\lambda = 2,5(+0,2 \cdot m)$ механізми за добу, середній час ремонту одного механізму розподілено за показниковим законом і дорівнює $\bar{t}_{\text{об}} = 0,5$ доби. Припустимо, що іншої майстерні на заводі немає, і, отже, черга механізмів перед майстернею може рости практично необмежено.

Обчислити наступні граничні значення імовірнісних характеристик системи:

- імовірності станів системи;



- середнє число заявок у черзі на обслуговування;
- середнє число заявок, що знаходяться в системі;
- середню тривалість перебування заявки в черзі;
- середню тривалість перебування заявки в системі.

Послідовність вирішення задачі

1. Визначимо параметр потоку обслуговувань:

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_{об}} = \frac{1}{0,5} = 2.$$

2. Приведена інтенсивність потоку заявок:

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{2,5}{2} = 1,25, \text{ причому: } \frac{\lambda}{\mu S} = \frac{2,5}{2 \cdot 3} = 0,41.$$

Оскільки $\frac{\lambda}{\mu S} < 1$, то черга не росте безмежно, і у системі настає граничний стаціонарний режим роботи.

3. Обчислимо імовірності станів системи:

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{S-1} \frac{\psi^n}{n!} + \frac{\psi^S}{S! \left[1 - \frac{\psi}{S} \right]} \right\}^{-1} = \frac{1}{1 + \frac{\psi^1}{1!} + \frac{\psi^2}{2!} + \frac{\psi^3}{3! \left(1 - \frac{\psi}{3} \right)}}$$

$$= \frac{1}{1 + 1,25 + \frac{1,25^2}{2} + \frac{1,25^3}{6 \left(1 - \frac{1,25}{3} \right)}} = 0,279$$

$$P_1 = \frac{\psi^1}{1!} P_0 = 1,25 \cdot 0,279 = 0,349;$$

$$P_2 = \frac{\psi^2}{2!} P_0 = \frac{1,25^2}{2!} \cdot 0,279 = 0,218;$$

$$P_3 = \frac{\psi^3}{3!} P_0 = \frac{1,25^3}{3!} \cdot 0,279 = 0,091;$$



$$P_4 = \frac{\psi^4}{4!} P_0 = \frac{1,25^4}{4!} \cdot 0,279 = 0,028.$$

4. Імовірність відсутності черги в майстерні:

$$P_{\text{відс. черг}} = P_0 + P_1 + P_2 + P_3 \approx 0,279 + 0,349 + 0,218 + 0,091 = 0,937.$$

5. Середнє число заявок у черзі на обслуговування:

$$L_q = \left[\frac{S\psi}{(S-\psi)^2} \right] P_s = \frac{3 \cdot 1,25}{(3-1,25)^2} \cdot 0,091 = 0,111.$$

6. Середнє число заявок, що знаходяться в системі:

$$L_s = L_q + \psi = 0,111 + 1,25 = 1,361.$$

7. Середня тривалість перебування механізму в черзі на обслуговування:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{0,111}{2,5} = 0,044 \text{ доби.}$$

8. Середня тривалість перебування механізму в майстерні (у системі):

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} = 0,044 + \frac{1}{2} = 0,544 \text{ доби.}$$

Задача 2.6. Моделювання замкнутої СМО

Нехай для обслуговування десяти автопоїздів (АП) виділено два механіки з однаковою продуктивністю праці. Потік відмов (несправностей) одного автопоїзда - пуасонівський з інтенсивністю $\lambda = 0,2(+0,1 \cdot (m+n))$. Час обслуговування АП розподілений за показниковим законом. Середній час обслуговування одного АП одним механіком складає: $\bar{t}_{об} = 1,25(+0,05 \cdot m)$ години.

Можливі наступні варіанти організації обслуговування:

- обоє механіки обслуговують усі десять автопоїздів, так що при відмові АП його обслуговує один з вільних механіків, у цьому випадку $R = 2, N = 10$;



- кожий із двох механіків обслуговує по п'ять закріплених за ним АП. У цьому випадку $R = 1$, $N = 5$.

Вибрати найкращий варіант організації обслуговування автопоїздів.

Послідовність вирішення задачі

1. Обчислимо параметр обслуговування:

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_{оо}} = \frac{1}{1,25} = 0,8.$$

2. Приведена інтенсивність:

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,2}{0,8} = 0,25.$$

3. Обчислимо імовірнісні характеристики СМО для двох варіантів організації обслуговування АП.

Варіант 1.

1. Визначимо імовірності станів системи:

$$P_k = \begin{cases} \frac{N! \psi^k}{k! (N-k)!} P_0, & 1 \leq k < R \\ \frac{N! \psi^k}{R! R^{k-R} (N-k)!} P_0, & R \leq k \leq N \end{cases};$$

$$P_1 = \frac{10! \cdot 0,25^1}{1! \cdot (10-1)!} \cdot P_0 = 2,5 \cdot P_0;$$

$$P_2 = \frac{10! \cdot 0,25^2}{2! \cdot 2^{2-2} \cdot (10-2)!} \cdot P_0 = 2,812 \cdot P_0;$$

$$P_3 = \frac{10! \cdot 0,25^3}{2! \cdot 2^{3-2} \cdot (10-3)!} \cdot P_0 = 2,812 \cdot P_0;$$

$$P_4 = \frac{10! \cdot 0,25^4}{2! \cdot 2^{4-2} \cdot (10-4)!} \cdot P_0 = 2,461 \cdot P_0;$$

$$P_5 = \frac{10! \cdot 0,25^5}{2! \cdot 2^{5-2} \cdot (10-5)!} \cdot P_0 = 1,864 \cdot P_0;$$



$$P_6 = \frac{10! \cdot 0,25^6}{2! \cdot 2^{6-2} \cdot (10-6)!} \cdot P_0 = 1,154 \cdot P_0;$$

$$P_7 = \frac{10! \cdot 0,25^7}{2! \cdot 2^{7-2} \cdot (10-7)!} \cdot P_0 = 0,577 \cdot P_0;$$

$$P_8 = \frac{10! \cdot 0,25^8}{2! \cdot 2^{8-2} \cdot (10-8)!} \cdot P_0 = 0,216 \cdot P_0;$$

$$P_9 = \frac{10! \cdot 0,25^9}{2! \cdot 2^{9-2} \cdot (10-9)!} \cdot P_0 = 0,054 \cdot P_0;$$

$$P_{10} = \frac{10! \cdot 0,25^{10}}{2! \cdot 2^{10-2} \cdot (10-10)!} \cdot P_0 = 0,007 \cdot P_0.$$

З огляду на те, що $\sum_{k=0}^N P_k = 1$, і використовуючи результати розрахунку P_k , обчислимо P_0 :

$$\sum_{k=0}^N P_k = P_0 + 2,5P_0 + 2,812P_0 + 2,812P_0 + \dots + 0,007P_0 = 1.$$

Звідки $P_0 = 0,065$.

Тоді: $P_1 \approx 0,162$; $P_2 \approx 0,183$; $P_3 \approx 0,183$; $P_4 \approx 0,16$;
 $P_5 \approx 0,11$; $P_6 \approx 0,075$; $P_7 \approx 0,037$; $P_8 \approx 0,014$; $P_9 \approx 0,003$;
 $P_{10} \approx 0,000$.

- Визначимо середнє число автопоїздів у черзі на обслуговування:

$$L_q = \sum_{k=R}^N (k-R)P_k = 0 + (3-2) \cdot 0,182 + (4-2) \cdot 0,16 + (5-2) \cdot 0,11 + \\ + (6-2) \cdot 0,075 + (7-2) \cdot 0,037 + (8-2) \cdot 0,014 + (9-2) \cdot 0,003 = 1,42$$

- Визначимо середнє число автопоїздів, що знаходяться в системі (на обслуговуванні й у черзі):

$$L_s = \sum_{R=1}^N kP_k = 1 \cdot P_1 + 2 \cdot P_2 + 3 \cdot P_3 + 4 \cdot P_4 + 5 \cdot P_5 + 6 \cdot P_6 + 7 \cdot P_7 + \\ + 8 \cdot P_8 + 9 \cdot P_9 + 10 \cdot P_{10} = 0,162 + 2 \cdot 0,183 + 3 \cdot 0,183 + 4 \cdot 0,16 + \\ + 5 \cdot 0,11 + 6 \cdot 0,075 + 7 \cdot 0,037 + 8 \cdot 0,014 + 9 \cdot 0,003 + 10 \cdot 0 = 3,11$$

- Визначимо середнє число механіків, що простоюють через відсутність роботи:



$$\bar{R}_n = \sum_{k=0}^{R-1} (R-k)P_k = 2 \cdot P_0 + (2-1) \cdot P_1 = 2 \cdot 0,065 + 1 \cdot 0,162 = 0,292$$

- Коефіцієнт простою автопоїзда в черзі наступний:

$$\alpha_1 = \frac{L_q}{N} = \frac{1,42}{10} = 0,142.$$

- Коефіцієнт використання автопоїздів визначається по формулі:

$$\alpha_2 = 1 - \frac{L_s}{N} = 1 - \frac{3,11}{10} = 0,689.$$

- Коефіцієнт простою обслуговуючих механіків:

$$\alpha_3 = \frac{\bar{R}_n}{R} = \frac{0,292}{2} = 0,146.$$

- Середній час очікування АП обслуговування:

$$W_q = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1 - \alpha_2}{\alpha_2} \right) - \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0,2} \cdot \frac{1 - 0,689}{0,689} - \frac{1}{0,8} = 1,01 \text{ години.}$$

Варіант 2

Визначимо імовірності станів системи:

$$P_1 = \frac{5! \cdot 0,25^1}{1! \cdot (5-1)!} \cdot P_0 = 1,25 \cdot P_0; \quad P_2 = \frac{5! \cdot 0,25^2}{1! \cdot 2^{2-1} \cdot (5-2)!} \cdot P_0 = 1,25 \cdot P_0;$$

$$P_3 = \frac{5! \cdot 0,25^3}{(5-3)!} \cdot P_0 = 0,938 \cdot P_0; \quad P_4 = \frac{5! \cdot 0,25^4}{(5-4)!} \cdot P_0 = 0,469 \cdot P_0;$$

$$P_5 = 5! \cdot 0,25^5 \cdot P_0 = 0,117 \cdot P_0.$$

$$\sum_{k=0}^N P_k = P_0 + 1,25P_0 + 1,25P_0 + 0,938P_0 + 0,469P_0 + 0,117P_0 = 1$$

Звідки: $P_0 = 0,199$.

Тоді: $P_1 \approx 0,249$; $P_2 \approx 0,249$; $P_3 \approx 0,187$; $P_4 \approx 0,093$;
 $P_5 \approx 0,023$.

- Середнє число АП у черзі на обслуговування:

$$L_q = \sum_{k=R}^N (k-R)P_k = (2-1) \cdot 0,249 + (3-1) \cdot 0,187 + (4-1) \cdot 0,09 + \\ + (5-1) \cdot 0,023 = 0,994$$

- Середнє число АП, що знаходяться на



обслуговуванні й у черзі:

$$L_s = \sum_{k=1}^N k P_k = 1 \cdot P_1 + 2 \cdot P_2 + 3 \cdot P_3 + 4 \cdot P_4 + 5 \cdot P_5 =$$

$$= 0,249 + 2 \cdot 0,249 + 3 \cdot 0,187 + 4 \cdot 0,093 + 5 \cdot 0,023 = 1,8$$

- Середнє число механіків, що простоюють через відсутність роботи:

$$\bar{R}_n = \sum_{k=0}^{R-1} (R-k) P_k = (1-0) \cdot P_0 = 0,199.$$

- Коефіцієнт простою автопоїзда в черзі:

$$\alpha_1 = \frac{L_q}{N} = \frac{0,994}{5} = 0,199.$$

- Коефіцієнт використання автопоїздів:

$$\alpha_2 = 1 - \frac{L_s}{N} = 1 - \frac{1,8}{5} = 0,64.$$

- Коефіцієнт простою обслуговуючих механіків:

$$\alpha_3 = \frac{\bar{R}_n}{R} = \frac{0,199}{1} = 0,199.$$

- Середній час очікування АП обслуговування:

$$W_q = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1 - \alpha_2}{\alpha_2} \right) - \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0,2} \cdot \frac{1 - 0,64}{0,64} - \frac{1}{0,8} = 1,56 \text{ годин.}$$

Зведемо отримані результати по двох варіантах у таблицю:

Результуючі імовірнісні характеристики	Варіант організації робіт	
	1	2
α_1	0,142	0,199
α_2	0,689	0,64
α_3	0,146	0,199
W_q , годин	1,01	1,56

Таким чином, у варіанті 1 кожен автопоїзд перебуває в черзі в очікуванні початку його обслуговування



приблизно 0,142 частини робочого часу, що менше аналогічного показника при організації робіт за варіантом 2. У варіанті 1 імовірність того, що АП у будь-який момент часу буде працювати вище, ніж у варіанті 2. Очевидно, варіант 1 організації робіт з обслуговування автопоїздів ефективніший, ніж варіант 2.

Рекомендована література для виконання практичних робіт

1. Таха Х. А. Введение в исследование операций (пер. с англ. Минько А.А.) Изд. 7-е. Москва : „Вильямс”, 2005. 912 с.
2. Иваницкий В. А. Теория сетей массового обслуживания. Москва : „Физматлит”, 2004. 770 с.
3. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. Учебное пособие для вузов. Москва : „Дрофа”, 2004. 208 с.
4. Гнеденко Б. В. Введение в теорию массового обслуживания. Москва : Наука. 1987 336 с.
5. Бочаров П. П., Печинкин А. В. Теория массового обслуживания. Москва : Изд-во РУДН, 1995. 529 с.
6. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. Москва : Наука, 1987. 245 с.
7. Лабскер Л. Г. Бабешко Л. О. Теория массового обслуживания в экономической сфере. Москва : Банки и биржи. ЮНИТИ, 1998. 319 с
8. Овчаров Л. А. Прикладные задачи теории массового обслуживания. Москва : Машиностроение, 1969. 324 с.



ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Автоматичне зварювання – зварювання, яке виконується машиною за заданою програмою, без безпосередньої участі людини.

Базова деталь – деталь, з якої починають складання машини, приєднуючи до неї інші деталі або складальні одиниці.

Балансування – процес визначення значень і кутів дисбалансів деталі та їх зменшення шляхом коректування мас.

Безпека машини – здатність машини виконувати функції з можливістю її транспортування, встановлення, регулювання, обслуговування, утилізації в умовах визначеного терміну використання відповідно до інструкції виготовлювача (а в деяких випадках, протягом заданого інтервалу часу, відповідно до інструкції з експлуатації) без травмування або нанесення іншої шкоди здоров'ю.

Величина (масштаб) дефектів – кількісна характеристика відхилень фактичних розмірів і (або) форми деталей та їх поверхонь від номінальних значень з врахуванням припуску на підготовчу обробку перед відновленням.

Взаємозамінність – властивість конструкції задовольняти оптимальним експлуатаційним і виробничим показникам, обумовлена виготовленням складових частин конструкції в заданих допусках на геометричні, фізичні та інші функціональні параметри якості

Випробування – експериментальне визначення кількісних і якісних характеристик властивостей об'єкта випробувань як результату впливу на нього, при його функціонуванні, при моделюванні об'єкта і впливів.

Виріб – предмет або набір предметів виробництва,



які підлягають виготовленню або ремонту на підприємстві.

Виробничий процес ремонту – сукупність організаційно-технічних і технологічних дій, необхідних для здійснення ремонту машин, обладнання та іншої техніки.

Вузол – зчленування кількох деталей, які виконують окремі функції.

Газове зварювання – зварювання плавленням, в результаті якого нагрівання кромки з'єднувальних частин і присадного матеріалу здійснюється теплотою горіння горючих газів в кисні.

Газотермічне напилення – процес нанесення покриттів на поверхні деталей різної конфігурації за допомогою високотемпературного швидкісного струменя, який містить частинки порошку або краплини розплавленого матеріалу, що осаджується на поверхні під час ударного зіткнення.

Герметик – композиція на основі полімерів і олігомерів, призначена для отримання еластичного з'єднання, непроникного для води, газів та інших продуктів.

Гігієна праці – медична наука, яка вивчає вплив навколишнього виробничого середовища і характеру трудової діяльності на організм працюючого.

Граничний розмір – два граничні значення розміру, між якими повинен знаходитися дійсний розмір

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони – концентрації, які при щоденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 год. або іншій тривалості, але не більше 40 год. в тиждень, протягом всього робочого стажу не можуть викликати захворювання або відхилень в стані здоров'я, які виявляються сучасними методами досліджень, під час роботи або в окремі терміни життя теперішнього і



наступних поколінь.

Груповий технологічний процес – технологічний процес виготовлення або ремонту групи об'єктів з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками.

Деталь – окрема частина машини, виготовлена з однорідного матеріалу без складальних одиниць.

Дефект – кожна окрема невідповідність продукції встановленим вимогам.

Динамічне балансування – балансування, під час якого визначаються і зменшуються дисбаланси деталі, що характеризують його динамічну незрівноваженість.

Дисбаланс – векторна величина рівна добутку незрівноваженої маси на її ексцентриситет.

Дійсний розмір – розмір, отриманий в результаті вимірювань з допустимою похибкою

Довговічність – властивість об'єкта зберігати роботу здатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту.

Довговічність машини економічна – це сумарна тривалість роботи машини у певних умовах експлуатації з врахуванням подовження термінів служби після ремонтів, кількість яких обмежується економічними умовами.

Довговічність машини моральна – це тривалість служби машини, обмежена «моральним спрацюванням», тобто, коли при появі нової машини, експлуатація старої є економічно не вигідна.

Довговічність машини фізична – це тривалість її роботи у середніх умовах експлуатації до першого капітального ремонту або до її списання (якщо капітальний ремонт не передбачається).

Експлуатація – термін, який застосовується до об'єктів або виробів, які в процесі використання витрачають ресурс.



Електрична зварювальна дуга – стійкий тривалий електричний розряд в газовому середовищі між електродом і зварювальним виробом (між двома електродами) при високій густині струму і супроводжується виділенням значної кількості теплоти.

Електробезпека – система організаційних і технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Електроліз – хімічний процес, який протікає на електродах під час проходження електричного струму через електроліт.

Електроліт – кислоти, луги і солі, розчинені у воді, які дисоціюють, розпадаючись при цьому на позитивні і негативні іони.

Електромеханічна обробка – різновид способу відновлення деталей пластичним деформуванням, який полягає у локальному поверхневому нагріванні у місці контакту інструменту і деталі, що знаходяться під напругою.

Електрохімічний еквівалент – маса речовини, яка виділяється на катоді або розчинному аноді при проходженні через електроліт одиниці кількості електроенергії.

Ергономіка – це спеціальна наука, яка вивчає проблеми наукового обґрунтування всіх організаційно-технічних рішень, пов'язаних з діяльністю людини у процесі виробництва і з пристосуванням умов праці до людини.

Зварне з'єднання – ділянка конструкції, в якій окремі її елементи з'єднані за допомогою зварювання.

Зварний шов – закристалізований метал, який в процесі зварювання знаходився в розплавленому стані.



Зварювання – отримання нероз’ємних з’єднань шляхом встановлення міжатомних зв’язків між з’єднуваними частинами під час їх нагрівання і (або) пластичному деформуванні.

Зручністю використання машини у процесі експлуатації – комплекс особливостей їх конструкції, що визначає зручність роботи машиніста і легкість керування машиною.

Клей – речовина або суміш речовин органічної, елементоорганічної або неорганічної природи, які володіють доброю адгезією, когезійною міцністю, достатньою еластичністю, мінімальною усадкою і здатні до отвердіння з утворенням міцних клеєних з’єднань.

Комплектування – це підбір повного комплекту деталей для вузла та агрегату, необхідність якого обумовлюється тим, що під час ремонту використовують як нові, так і деталі з ремонтними та допустимими розмірами (допустиме спрацювання).

Макроочищення – процес видалення з поверхні найбільш великих забруднень, які заважають обслуговуванню, розбиранню, дефектуванню і механічній обробці.

Маневреність – це можливість повороту машини або її розвороту на обмеженій площі.

Маршрут – визначена послідовність усунення дефектів деталей машин.

Маршрутна технологія ремонту деталей – технологія ремонту деталей, розроблена згідно визначеного маршруту.

Машина (обладнання) – сукупність зв’язаних між собою частин або пристроїв, з яких принаймні одне рухається, а також елементи приводу, керування та енергетичні вузли, які призначені для визначеного застосування. До терміну «машина» відносять також і



сукупність машин, що функціонують як єдине ціле для досягнення однієї і тієї ж мети.

Машинно-тракторний агрегат – сукупність мобільних машин з механічним чи електричним джерелом енергії, передаточними і допоміжними пристроями.

Машинно-тракторний парк підприємства – сукупність мобільних машин разом з енергетичними засобами і допоміжними пристроями.

Методи ремонту машин – сукупність технологічних і організаційних правил виконання операцій ремонту.

Механізоване зварювання – зварювання, яке виконується із застосуванням машин і механізмів, що керуються людиною.

Механоозброєність робіт – відношення балансової вартості у грошовому вигляді всього парку машин та обладнання до річної програми робіт, що виконуються силами організації.

Мікроочищення – процес видалення забруднень з мікронерівностей поверхні для підготовки до фінішних операцій обробки.

Мобільність машини – це її здатність швидко набирати швидкість, переборювати похили і рухатись на підвищених швидкостях, а також бути пристосованою до розбирання при перевезенні.

Надійність – властивість об'єкта зберігати протягом певного часу в установлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність функціонувати у заданих режимах та умовах використання, технічного обслуговування, ремонту зберігання та транспортування.

Наплавлення – нанесення шляхом зварювання плавленням шару металу на поверхню виробу.

Незрівноваженість – стан деталі, який характеризується таким розподілом мас, які під час її обертання викликають змінні навантаження на опорах, а



також згин деталі.

Номинальний розмір – основний розмір, визначений виходячи з функціонального призначення деталі і служить початком відліку відхилень

Норма часу – час, необхідний для виконання робіт з ремонту деталі, машини.

Одиничний технологічний процес – технологічний процес виготовлення або ремонту об'єкта одного найменування, типорозміру і виконання, незалежно від типу виробництва.

Операція – це частина технологічного процесу, яку виконують на одному робочому місці.

Отвердіння клею – зміна агрегатного стану клею та його фізичних властивостей в результаті хімічних процесів при нагріванні, введення каталізаторів і т.д.

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, які забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Плазма – високотемпературний, сильно іонізований газ, електрично нейтральна суміш позитивно заряджених, негативно заряджених і нейтральних частинок.

Пластичне деформування – здатність металів змінювати свою форму і розміри без руйнування під дією навантаження за рахунок пластичної деформації.

Пластичні маси – матеріали, основу яких складають полімери, які знаходяться в період формування виробу у в'язкотекучому або високоеластичному стані.

Поверхнєве пластичне деформування – обробка тиском, при якому пластично деформується тільки поверхневий шар металу.

Подетальна технологія ремонту – маршрутна технологія ремонту, в якій кожний маршрут призначений



для ремонту деталей одного найменування.

Полімер – високомолекулярні з'єднання, молекули яких (макромолекули) складаються з великої кількості однакових групвань, з'єднаних хімічними зв'язками.

Працездатний стан – стан об'єкта, за якого значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічній і (або) конструкторської документації.

Ремонт – відновлення працездатності машини, її окремих агрегатів, вузлів і деталей, порушених внаслідок спрацювання і поломок під час експлуатації.

Ремонтний комплект – заздалегідь підготовлена складова частина або складальна одиниця машини, яка використовується, як правило, без розуконплектування при ремонті з метою підвищення якості ремонту і зниження простою при відмовах.

Робоче місце – зона трудової діяльності одного або декількох робітників (виконавців), призначена для виконання визначених операцій технологічного процесу.

Робочий пост – частина виробничої площі, призначена для виконання визначених операцій, технологічного процесу з необхідним обладнанням, пристроями та інструментом.

Робочий склад парку машин – кількість машин, яка повинна бути постійно в експлуатації.

Розбирання – сукупність операцій, призначених для роз'єднання об'єктів ремонту на складальні одиниці і деталі, у визначеній технологічній послідовності.

Ручне зварювання – зварювання, яке виконується людиною за допомогою інструменту, що отримує енергію від спеціального джерела.

Система технічного обслуговування і ремонту – це комплекс взаємопов'язаних положень та норм, які



визначають організацію, порядок виконання робіт з технічного обслуговування, ремонту машин в заданих умовах експлуатації з метою забезпечення високоякісної експлуатаційної обкатки нових і відремонтованих машин, їх технічного обслуговування, зберігання та ремонту відповідно до умов, передбачених нормативною документацією.

Складання – утворення з'єднань складових частин машини.

Склеювання – метод створення нероз'ємного з'єднання елементів конструкцій за допомогою клею

Собівартість ремонту – сума прямих і накладних витрат.

Спрацювання – це процес руйнування і видалення матеріалу з поверхні деталі і (або) накопичення її залишкової деформації під час тертя, що проявляється в поступовій зміні ваги (маси), розмірів і форми деталей.

Спряжувана деталь – одна з деталей, яка має спряження з іншими деталями.

Статичне балансування – балансування, під час якого визначається і зменшується головний вектор дисбалансів деталі, що характеризує його статичну незрівноваженість.

Термін служби – календарна тривалість від початку експлуатації об'єкта або її поновлення після певного ремонту до переходу в граничний стан; вимірюється в роках.

Термічна обробка – сукупність послідовно проводжуваних операцій нагрівання виробів до заданих температур, витримування їх при цих температурах протягом визначеного часу і швидкого або повільного охолодження.

Техніка безпеки – система організаційних і технічних заходів і засобів, які запобігають впливу на



робітників шкідливих виробничих факторів.

Технічний ресурс – напрацювання об'єкта від початку експлуатації або поновлення її після певного ремонту до переходу в граничний стан; вимірюється в одиницях виміру напрацювання (наробітку).

Технологічна оснастка – засоби технологічного оснащення, які доповнюють обладнання для виконання частини технологічного процесу.

Технологічне обладнання – знаряддя виробництва, в яких для виконання окремих частин технологічного процесу розміщуються об'єкти ремонту або матеріали, засоби дії на них, а при необхідності – джерело енергії.

Технологічний процес ремонту – основна частина виробничого процесу, яка містить дії з послідовної зміни стану об'єктів ремонту або його складових частин (деталь, вузол, агрегат, машина) в процесі відновлення їх справності або роботоздатності.

Тип виробництва – класифікаційна категорія виробництва, яка виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності і обсягом випуску продукції.

Типовий технологічний процес – технологічний процес виготовлення або ремонту групи об'єктів з загальними конструктивними і технологічними ознаками.

Умови праці – сукупність факторів виробничого середовища, які оказують вплив на здоров'я і працездатність людини в процесі праці.

Хіміко-термічна обробка – процес насичення поверхневого шару сталей різних елементами.



РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гранкін С. Г., Малахів В. С., Черновол М. І., Черкнун В. Ю. Надійність сільськогосподарської техніки : підручник. Київ : «Урожай», 1998. 205 с.

2. Хітров І. О., Гавриш В. С. Кристопчук М. Є. Корнієнко В. Я. Ресурсо- та енергозбереження : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2014. 103 с.

3. Форнальчик Є. Ю., Оліскевич М. С., Мاستикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів : навч. посіб. Львів: Афіша, 2004. 492с.

4. Полянський С. К., Білякович М. О. Технічна експлуатація будівельно-дорожніх машин та автомобілів : підручник в 3 кн. Київ : Видавничий дім „Слово”, 2010. Кн. 1. 384 с.

5. Ремонт машин / Сідашенко О. І., Науменко О. А., Поліський А. Я. та ін.; За ред. О.І. Сідашенка, А. Я. Поліського. Київ : Урожай, 1994. 400 с.

6. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. Справочник. М.: Машиностроение, 1989. 480 с.

7. Ремонт машин / Под ред. Тельнова Н. Ф. Москва : Агропромиздат, 1992. 560 с.

8. Матвеев В. А., Пустовалов И. И. Техническое нормирование ремонтных работ в сельском хозяйстве. Москва : Колос, 1979. 288 с.