

**Міністерство освіти і науки України**  
**ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

## **РЕМОНТ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ГАЛУЗІ**

**Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт  
для студентів усіх форм навчання спеціальності 181 –  
«Харчові технології»**

**Частина I**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
на засіданні кафедри харчових  
технологій  
протокол № 8 від 30.03.17 р.

**Чернігів ЧНТУ 2017**

**Ремонт та відновлення обладнання галузі.** Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів для студентів усіх форм навчання спеціальності 181 – «Харчові технології». Частина I / Укладач: Корольов О.О. – Чернігів: ЧНТУ, 2017. – 58 с.

Укладач: Корольов Олександр Олександрович, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за видання: Сиза О.І., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри харчових технологій Чернігівського національного технологічного університету

Рецензент: Іваненко К.М., кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій

## Вступ

Відповідно до навчального плану спеціальності 181 – «Харчові технології» студенти у другому семестрі виконують лабораторні роботи з курсу «Ремонт та відновлення обладнання галузі».

Метою лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань, набутих студентами на лекціях та у процесі самостійної підготовки, а також вивчення нормативно-технічної документації на роботи по обслуговуванню та монтажу основних видів обладнання харчової індустрії.

У процесі самостійної підготовки до кожної лабораторної роботи студент зобов'язаний:

- вивчити теоретичні питання, визначені перед кожною лабораторною роботою
- вивчити та коротко законспектувати методику виконання роботи за завданням практичної частини.

Підготовленість студентів до кожного заняття із загальнотеоретичних питань контролюється викладачем шляхом усного або письмового опитування.

Під час виконання лабораторної роботи студент повинен ознайомитись з теоретичними відомостями, виконати всі завдання, внесені до лабораторної роботи, заповнити всі таблиці та зробити висновки.

Звіт з кожної лабораторної роботи має бути оформлений на аркушах формату А4 і містити наступні відомості:

- назву та мету лабораторної роботи;
- найменування запропонованих завдань;
- виконання завдань по роботі, складання схем, таблиць та розрахункових завдань;
- висновки.

Методичні вказівки з курсу виконані у 2-х частинах. У I частині наведені методичні рекомендації з виконання лабораторних робіт, пов'язаних з організації монтажних та ремонтних робіт на підприємстві.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

### ТЕХНОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ УСТАТКУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ГАЛУЗІ

**Мета роботи** : метою роботи є освоєння практичних навичок у визначенні видів, структури і трудомісткості технічного обслуговування обладнання харчової галузі.

**Завдання:** скласти графік завантаження машин технологічної лінії та порахувати показники робіт з технічного обслуговування.

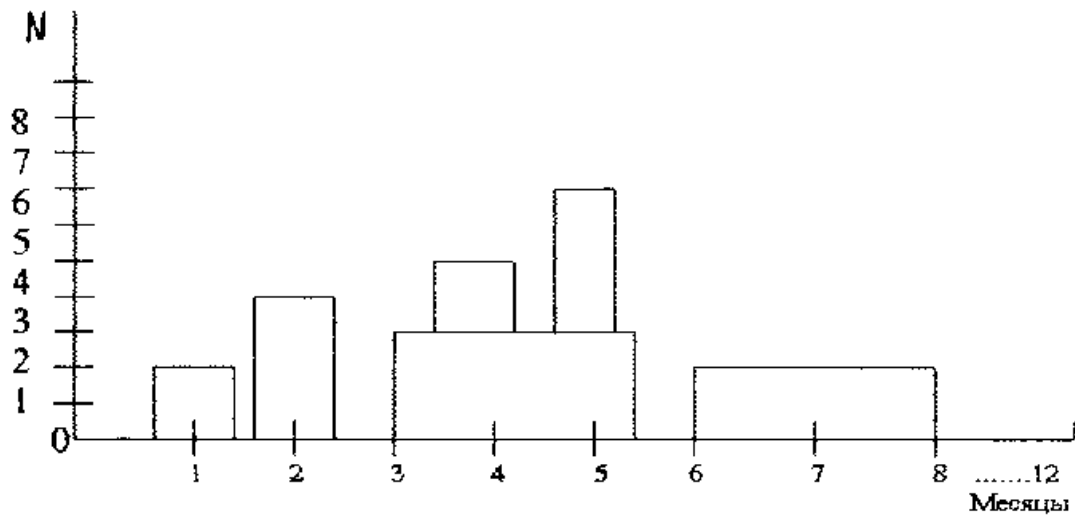
#### **Короткі теоретичні відомості**

Відмітною особливістю роботи техніки в цехах по переробці сільськогосподарської продукції являється те, що вона, як правило, працює в складній біотехнологічній системі (*людина - машина - середовище - продукція*) і в агресивнішому середовищі. Тому, відмова якої-небудь машини робить не лише непродуктивною працю робітників, але і, кінець кінцем, веде до зниження якості отримуваної продукції. Організація планово-запобіжної системи технічного обслуговування дозволяє різко скоротити відмову машин і механізмів, збільшити термін їх експлуатації.

#### **1.1 Визначення графіку завантаження машин і механізмів**

Для визначення кількості технологічного обслуговування (ТО) машин кожної марки необхідно запланувати річний об'єм робіт. При цьому слід використовувати розроблені технологічні карти і графіки завантаження агрегатів.

Для реалізації графічного методу визначення потреби в машинах, механізмах, допоміжному, підіймально-транспортному устаткуванні необхідно будувати графіки машинокористування в прямокутних координатах (рис 1.1).



*Рисунок 1.1 – Графік завантаження машин, обладнання  
(марок) \_\_\_\_\_*

По осі абсцис відкладається час виконання робіт в календарних днях (1 ... 365), а по осі ординат – кількість машин в окремо взятому цеху. З технічних карт на виробництво і упаковку продукції вибирають роботи, що виконуються вибраної мазкою машини, для якої будується графік, і на нім – відповідний календарний термін, визначений висотою прямокутника, рівною кількості машин, а шириною – кількість календарних днів роботи. Операції, співпадаючі по термінах виконання, зображуються прямокутниками один над іншим. Загальна висота показує кількість машин, необхідних в період їх експлуатації.

Кожен прямокутник (операцію) позначають шифром, наприклад ОМ-5 – очищення молока - нормалізація - пастеризація при технічному процесі на молочному заводі.

При побудові графіку утворюються пики і провали, що відповідають періодам найбільшої або найменшої зайнятості устаткування. Тому побудований графік необхідно коригувати з метою вирівнювання завантаження машин в період експлуатації.

Для цього виступаючі частини графіків «зрізують», використовуючи наступні способи:

- 1) збільшити число годин роботи в добу, якщо це технологічно допустимо для даної операції;

## Ремонт та відновлення обладнання галузі

- 2) змінити час початку виконання операції в межах допустимого технологічного терміну, враховуючи зв'язок цієї операції з іншими роботами;
- 3) змінити інтенсивність виконання операції впродовж періоду її виконання;
- 4) змінити технологію виконання робіт.

Результати коригування мають бути відповідним чином відбиті в технологічних картах. По скоректованих графіках завантаження встановлюють облікову кількість машин кожної марки з урахуванням коефіцієнта технічної готовності:

$$N_{\text{сп}} = \frac{N}{K_2} \quad (1.1)$$

де  $K_2$  – коефіцієнт технічної готовності  $K_2 = 0,90 \dots 0,95$ ;

$N$  – кількість робочих машин.

Кількість машин і агрегатів підраховується по певному графіку (див. рис. 1.1).

Після визначення загального завантаження в період експлуатації кожної машини розподілити її по місяцях або напруженому періоді і результати занести в таблицю 1.1.

*Таблиця 1.1 – Завантаження машин цеху по переробці сільгосппродукції в напружений період (у годинах)*

Марка машини	Назва машини	Місяці											
		січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень
.....	.....												
Разом													

За результатами таблиці 1 побудувати графік технічного обслуговування машин і устаткування, дотримуючись наступної послідовності:

записати марку машини;

записати вид останнього ТО або ремонту;

занести в колонку завантаження (річне або напруженого періоду);

встановити планову періодичність ТО для першої марки машини і побудувати шкалу періодичності з нанесенням усіх видів ТО (ТО-1; ТО-2; ТР);

у масштабі, в якому побудована шкала періодичності, побудувати графік завантаження;

окрім періодичних ТО, визначити кількість технічних оглядів, що проводяться, залежно від складності устаткування, щокварталу або двічі в рік.

## 1.2 Визначення кількості ТО машин і механізмів

Щозмінне технічне обслуговування проводиться, як правило, після певної технологічної роботи (таблиця 1.2, 1.3).

Кількість періодичних ТО визначається по формулах (1.2, 1.3):

$$K_{\text{ТО-1}} = \frac{Q_i \cdot N_i}{B_{\text{ТО-1}}} - K_{\text{ТО-2}} \quad (1.2)$$

$$K_{\text{ТО-2}} = \frac{Q_i \cdot N_i}{B_{\text{ТО-1}}} \quad (1.3)$$

де  $Q_i$  – середнє завантаження однієї машини  $i$ -тої марки;

$N$  – кількість машин  $i$ -ої марки;

$B_{\text{то-1}}$ ,  $B_{\text{то-2}}$  – періодичність ТО-1, ТО-2 визначених марок машин (таблиця 1).

Під *річною програмою* або *напруженим періодом експлуатації* розуміється об'єм робіт по технічному обслуговуванню, виражений в кількості ТО і трудомісткості ТО.

Річна трудомісткість ЕТО машин на переробному підприємстві визначається по формулі:

$$T_{\text{Т}}^{\text{ЕТО}} = \sum_{i=1}^n T_i^{\text{ЕТО}} \quad (1.4)$$

де  $T_i^{\text{ЕТО}}$  – річна трудомісткість ЕТО  $i$ -тої машини;

$$T_i^{\text{ЕТО}} = t_i^{\text{ЕТО}} \cdot m_i - z_i$$

де  $t_i^{\text{ЕТО}}$  — трудомісткість одного ЕТО  $i$ -тої машини (табличне значення або визначається дослідним шляхом);

$m_i$  — кількість ЕТО в році або в напруженому періоді експлуатації машин;

$z_i$  — кількість періодичних обслуговувань в році або в напруженому періоді експлуатації машин.

Річну трудомісткість періодичного ТО для кожного цеху або переробного підприємства в цілому визначається по формулах (5, 6):

$$T_1^{\text{П}} = \sum_{i=1}^n t_{1i} \cdot m_{1i} \quad (1.5)$$

$$T_2^{\text{П}} = \sum_{i=1}^n t_{2i} \cdot m_{2i} \quad (1.6)$$

де  $T_1^{\text{П}}$ ,  $T_2^{\text{П}}$  — річні трудомісткості ТО-1, ТО-2 комплексу машин на переробному підприємстві, год;

$t_{1i}$ ,  $t_{2i}$  — трудомісткість ТО-1; ТО-2  $i$ -тої машини на переробному підприємстві, год;

$m_{1i}$ ,  $m_{2i}$  — число ТО-1, ТО-2  $i$ -ої машини на переробному підприємстві в році або в напруженому періоді.

$$m_{1i} = \frac{B_i}{n_{1i}} - m_{2i} \quad (1.7)$$

$$m_{2i} = \frac{B_i}{n_{2i}} \quad (1.8)$$

де  $B_i$  — річне вироблення  $i$ -тої машини, год;

$n_{1i}$ ,  $n_{2i}$  — періодичність ТО-1, ТО-2  $i$ -тої машини, год (табличне значення або визначено дослідним шляхом).

Загальна річна трудомісткість періодичного ТО комплексу машин визначається з вираження:

$$T_{\text{сум}}^{\text{П}} = T_1^{\text{П}} + T_2^{\text{П}} \quad (1.9)$$

Кількість персоналу для проведення ТО визначається з наступного вираження:



$$n = \frac{T_{\text{сум}}^{\text{П}} \cdot K}{\Phi} \quad (1.10)$$

де  $K$  – коефіцієнт, що враховує виконання робіт, не передбачених в плані ( $K = 1,05 \dots 1,1$ );

$\Phi$  – річний фонд часу одного робітника ( $\Phi = 1860 \div 1895$  годин залежно від року).

Розрахунок необхідної кількості майстрів-налагоджувальників для стаціонарного пункту ТО визначають по формулі:

$$N_{\text{МН}} = \frac{T_{\text{сум}}^{\text{П}} \cdot K_{\alpha}}{T_{\text{сум}} \cdot D \cdot \tau} \quad (1.11)$$

де  $T_{\text{сум}}$  – встановлена тривалість робочого дня того, що майстра-налагоджує, ч.

$K_{\alpha}$  – коефіцієнт, що враховує підміну того, що майстра-налагоджує на робочому місці,  $K_{\alpha} = 1,21$ ;

$\tau$  – коефіцієнт календарних днів в році або в напруженому періоді експлуатації машин;

$D$  – кількість календарних днів в році або в напруженому періоді експлуатації машин.

Аналіз структури ТО, періодичність, специфіка технічної експлуатації засобів ТО і виробнича експлуатація технологічного устаткування показують доцільність організації стаціонарних пунктів ТО на переробних підприємствах, де будуть в повному об'ємі реалізовані заходи по сервісному обслуговуванню машин, що рекомендовані заводами-виробниками, представленими в таблицях 1.2, 1.3.

## Ремонт та відновлення обладнання галузі

*Таблиця 1.2 – Види і періодичність ТО машин і механізмів*

Устаткування (по групах)	Види і періодичність технічного обслуговування (годин, календарні терміни)			
	ЕТО	ТО-1	ТО-2	При зберіганні
1	2	3	4	5
<b>1. Устаткування водопостачання і пиття</b>				
Водонагрівачі	+	(1 місяць) 240	-	-
Водозамочна і регулювальна апаратура	+	(1 місяць) 240	-	-
<b>2. Устаткування для транспортування матеріалу</b>				
Стаціонарні транспортери, завантажувачі, розвантажувачі	+	(1 місяць) 120	(12 міс.) 1440	
Мобільні роздавальники, навантажувачі	+	(1 місяць) 120	(6 міс.) 720	+
<b>3. Устаткування для обробки і переробки молока</b>				
Устаткування для транспортування і зберігання молока	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-

1	2	3	4	5
Устаткування для механічної обробки молока і молочних продуктів	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
Устаткування для теплової обробки молока і молочних продуктів	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
Устаткування для виробництва вершкового масла	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
Устаткування для виробництва сиру	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
Устаткування для виробництва мороженого	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
Устаткування для виробництва молочних продуктів, які згущують	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
Устаткування для виробництва сухих молочних продуктів	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
Устаткування для розливу, фасування і упаковки молока і молочних продуктів	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
Устаткування для подрібнення м'яса	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-

1	2	3	4	5
4. Устаткування для обробки і переробки м'яса				
Устаткування для перемішування і шприцювання фаршу	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
Устаткування для теплової обробки м'ясних продуктів	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
Устаткування для холодної обробки м'яса	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
Устаткування для упаковки м'яса і м'ясних продуктів	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
5. Устаткування мікроклімату				
Тепловентиляційні установки	+	(1 місяць) 240	(6 міс.) 720	-
Котли-пароутворювачі	+	(1 місяць) 120	(6 міс.) 720	-
Теплогенератори	+	(1 місяць) 120	(6 міс.) 720	-
6. Устаткування для переробки зерна у борошно				
Устаткування сепарації зерна	+	(1 місяць) 120	(6 міс.) 720	-
Устаткування оббивне	+	(1 місяць) 120	(6 міс.) 720	-
Очисне зволожувальне устаткування	+	(1 місяць) 120	(6 міс.) 720	-
Линвові, вимольні машини	+	(1 місяць) 120	(6 міс.) 720	-
Энтойлери і ситовіялове устаткування	+	(1 місяць) 120	(6 міс.) 720	-

Ремонт та відновлення обладнання галузі

Таблиця 1.3 – Приблизна періодичність і трудомісткість ТО машин і устаткування для переробки сільськогосподарської продукції

Машини і устаткування	Вид ТО	Періодичність техобслуговув	Трудомісткість, людино-годин
1	2	3	4
Дробарка кормів КДУ-2; КДМ-2,0	ЕТО	Щодня.	0,32
	ТО-1	Один раз в місяць	5,13
Агрегат для приготування замінника молока АЗМ-0,8	ЕТО	Щодня.	0,50
	ТО-1	Один раз в місяць	1,42
Теплогенератори ТГ-1; ТГ-2,5; ТГ-75; ТГ-150	ЕТО	Щодня.	0,45
	ТО-1	Один раз в місяць.	5,50
	ТО-2	Перед опалювальни	13,50
	ЕТО	Щодня.	0,05
Установка калориферна КСФ	ТО-1	Один раз	0,25
	ТО-2	у місяць.	1,25
Вентилятор відцентровий ЦВ-70	ЕТО	Щодня.	0,03
	ТО-1	Один раз в місяць. Двічі в рік.	0,30
Фільтр динамічний сітчастий	ЕТО	Щодня	0,10
	ТО-1	Один раз в місяць	0,30 1,30
Холодильні установки типу МХУ-8; ТХУ	ЕТО	Щодня.	0,47
	ТО-1	Один раз	3,45
	ТО-2	у місяць	11,50

Продовження табл.1.3

1	2	3	4
Танк-термос РМВЦ-2,0	ЕТО	Щодня.	0,38
	ТО-1	Один раз в місяць.	0,70
Танк-охолоджувач молока ТОМ-2,0А	ЕТО	Щодня.	1,17
	ТО-1	Один раз в місяць.	2,30
Насоси молочні 36 МЦ6-12; 36МЦ10-20	ЕТО	Щодня.	0,31
	ТО-1	Один раз в місяць.	0,70
Охолоджувальна для Пастеризації установка ОПФ-1	ЕТО	Щодня.	0,52
	ТО-1	Один раз в місяць.	3,10
Машины для переробки зерна у борошно			
Пастеризатор паровий П-12	ЕТО	Щодня.	1,42
	ТО-1	Один раз в місяць	2,50
Повітряний сепаратор РЗ-БАВ	ЕТО	Щодня.	0,22
	ТО-1	Один раз в місяць	0,42
Пневмо-сепаратор БПС	ЕТО	Щодня.	0,10
	ТО-1	Один раз в місяць	0,30
Циліндричний сепаратор типу РЗ-БСД	ЕТО	Щодня.	0,20
	ТО-1	Один раз в місяць	0,50
Сепаратор А1-В30	ЕТО	Щодня.	0,16
	ТО-1	Один раз в місяць	0,50
Сепаратор А1-БСФ-50	ЕТО	Щодня.	0,12
	ТО-1	Один раз в місяць	0,42

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4
Подрібнювачі насіння Б6-МВС; ВС-5	ЕТО	Щодня.	0,30
	ТО-1	Один раз	0,82
		у місяць. Зберігання	0,42
Машина для теплової обробки насіння Е8-МЖБ	ЕТО	Щодня.	0,52
	ТО-1	Один раз	1,20
		у місяць. Зберігання	0,51
Шнекові процесори Е8-МПШ, ПШМ-250, ФП-75	ЕТО	Щодня.	0,42
	ТО-1	Один раз в місяць.	0,86
		Зберігання	0,45
Машини для переробки зерна круп'яних культур в крупу			
Сепаратор: А1-БРУ А1-ЗСШ-20	ЕТО	Щодня.	0,50
	ТО-1	Один раз	0,82
		у місяць. Зберігання	0,56
Гвинтопресова машина У1-БШП	ЕТО	Щодня.	0,26
	ТО-1	Один раз у місяць	0,48
		Зберігання	0,30
Пропариватель АЗ-БПБ	ЕТО	Щодня.	0,31
	ТО-1	Один раз	0,58
		у місяць. Зберігання	0,36
Машина для луцення А1-ЗШН-3	ЕТО	Щодня.	0,34
	ТО-1	Один раз	0,58
		у місяць. Зберігання.	0,40

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4
Дисковий трієр А9-УТК-6	ЕТО	Щодня.	0,18
	ТО-1	Один раз в місяць.	0,45
Вертикальна оббивна машина Р3-БМО-6	ЕТО	Щодня.	0,15
	ТО-1	Один раз в місяць.	0,35
Горизонтальна оббивна машина	ЕТО	Щодня.	0,15
	ТО-1	Один раз у місяць.	0,35
Мийна машина Ж9-БМА	ЕТО	Щодня.	0,26
	ТО-1	Один раз в місяць.	0,70
Зволожувальний апарат А1-БА3; А1-Б73	ЕТО	Щодня.	0,26
	ТО-1	Один раз в місяць.	0,65
Вальцові верстати ЗМ-2; БВ-2; А1-Б3М	ЕТО	Щодня.	0,22
	ТО-1	Один раз в місяць.	0,52
Пневматична машина ПВМ	ЕТО	Щодня.	0,32
	ТО-1	Один раз в місяць.	0,74
Бичеві вимольні машини МБО; А1-БВУ	ЕТО	Щодня.	0,32
	ТО-1	Один раз в місяць.	0,75



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

### ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕМОНТНОГО ЦИКЛУ

**Мета роботи:** метою роботи є одержання навичок студентам по складанню оптимальної структури ремонтного циклу і визначенню основних його параметрів.

**Завдання:** відповідно до індивідуального завдання провести оптимізацію структури ремонтного циклу і визначити його основні параметри.

#### Короткі теоретичні відомості

Ремонтний цикл (РЦ) – найменше інтервали часу, що повторюються, або напрацювання устаткування, впродовж яких виконуються в певній послідовності відповідно до вимог нормативно-технічної документації (НТД) усі встановлені види ремонту.

Основний зміст РЦ складають: напрацювання (календарний час) устаткування, визначуване НТД; види ремонту і порядок їх чергування. Воно визначається Положенням про систему ТЕ і ремонту галузевого устаткування.

Відповідно до ГОСТ встановлені поточний, середній і капітальний ремонти. Положення передбачає для технологічного устаткування або два, або три види ремонту в різних поєднаннях. Незмінним є те, що РЦ завжди закінчується найбільш складним видом ремонту, в результаті проведення якого устаткуванню встановлюється міжремонтний ресурс і цикл повторюється знову.

Структура РЦ визначається числом ремонтів, видами ремонту і порядком їх чергування. Вона повинна сприяти скороченню простоїв устаткування, підвищенню надійності роботи вузлів і деталей машин.

З метою наочності представлення циклу його структура зображується за допомогою графа стану.

Побудова графа ремонтного циклу включає наступну послідовність:

## Ремонт та відновлення обладнання галузі

- по осі ординат ліворуч відкладається напрацювання груп деталей, справа вказуються види ремонту;
- по осі абсцис вгорі вказується нумерація груп деталей, внизу - номери ремонтів в арифметичній послідовності незалежно від їх виду;
- • - суцільний кружок означає виконання планового ремонту відповідно до напрацювання деталей;
- ○ - обведений кружок означає виконання непланового (передчасного) ремонту відповідно до системи ППР (планово-запобіжного ремонту).

На підставі вищесказаного будуюмо граф ремонтного циклу 2ТР-СК-КР (попередній) (рис. 2.1).

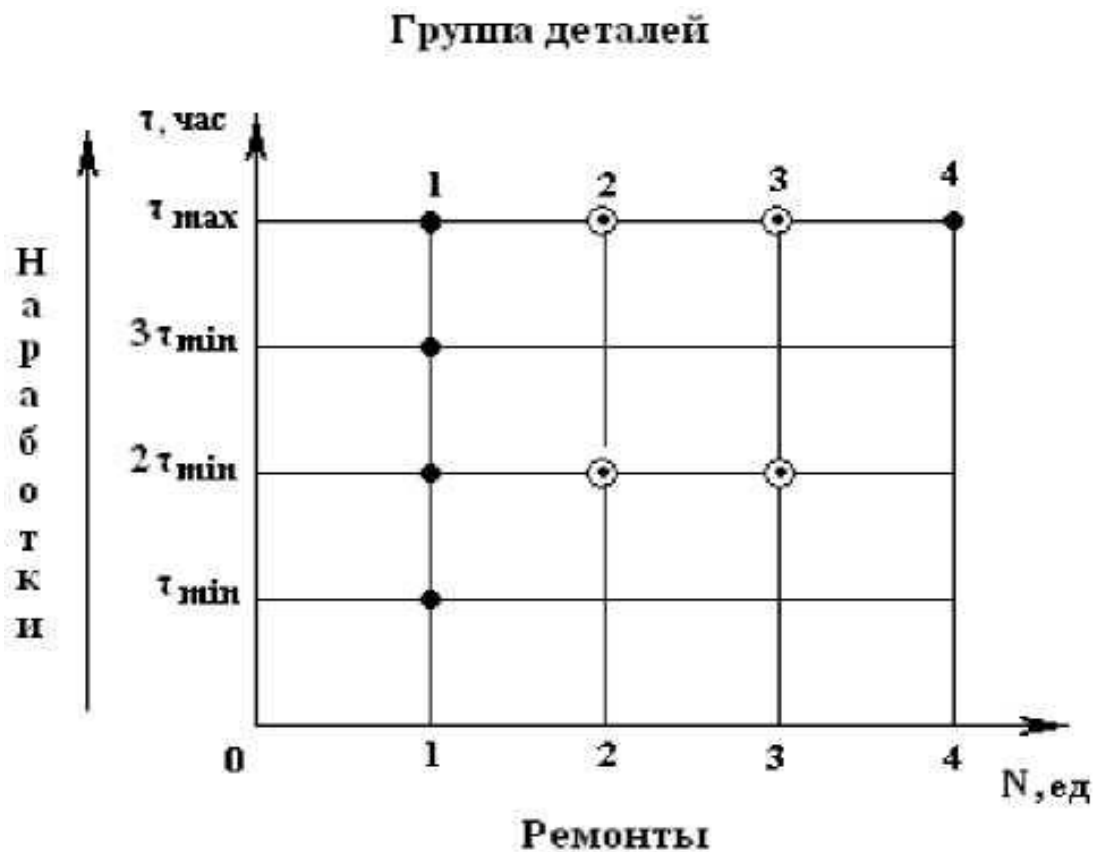


Рисунок 2.1 – Схема РЦ на предварительном этапе

Побудова графа РЦ виконується в наступній послідовності:

- 1) 1-а група деталей має напрацювання до ремонту  $\tau_p^I$ , тому проходить усі види планових ремонтів, що на вертикальній осі відмічаємо суцільними кружками

$$\tau_p^1 = \tau_{\min} . \quad (2.1)$$

Сумарне число кружків для цієї групи деталей дорівнює:

$$\sum \tau_{p1}^1 = 4 .$$

2) групи деталей проходять 2 непланові ремонти і тому відзначаються обведеними кружками.

Це пов'язано з тим, що напрацювання  $\tau_p^{2,3} = 3 \cdot \tau_{\max}$ . Відповідно до системи ППР деталь, що має ресурс більше напрацювання, що відповідає проведенню складнішого виду ремонту, але менше найскладнішого виду ремонту, проходить вказані ремонти. Деталі 2-ої і 3-ої групи проходять послідовно середній і капітальний ремонти як позапланові (що не виробили встановлений ресурс), але якщо вони підлягають ремонту відповідно до стратегії ППР.

3) 4-я група деталей має напрацювання  $\tau_p^4 = \tau_{\max}$ , яке відповідає проведенню капітального ремонту, що помічається суцільним кружком.

В результаті побудови графа РЦ маємо:

- сумарне число ремонтів:  $i_{\Sigma}^p = 9$ ;

- число непланових ремонтів :  $i_n^p = 4$ .

Для ремонтних циклів симетричного виду встановлений параметр оптимізації, який має аналогічний вираз:

$$L_{рц} = \frac{i_n^p}{i_{\Sigma}^p} , \quad (2.2)$$

У нашому прикладі вказаний параметр має значення

$$L_{рц} = \frac{4}{9} = 0,44.$$

Оптимальне значення параметра знаходиться в межах:

$$0,1 \leq L_{рц}^{опт} \leq 0,2,$$

оскільки  $L_{рц} = 0,44 > L_{рц}^{опт}$ , тому розрахунковий цикл потребує оптимізації.

Сутність процесу оптимізації полягає у визначенні (встановленні) такого напрацювання для груп деталей, при якому

## Ремонт та відновлення обладнання галузі

число незапланованих (передчасних) ремонтів було мінімальним, тобто  $i_H^p \rightarrow \min$ . Ідеальним є умова  $i_H^p = 0$ , але на практиці це зустрічається у край рідко.

При оптимізації необхідно дотримувати наступні правила:

- напрацювання (ресурс) деталей до 1-го ремонту незалежно від його складності можна тільки зменшувати;
- число груп деталей з однаковим напрацюванням має бути не більше 2-х і 3-х, причому це правило починає діяти з РЦ розміром бхб, 8х8 і так далі;
- сумарне число груп деталей при менш складному ремонті не має бути більше, ніж при складнішому ремонті.

Оптимізація РЦ проводиться у декілька етапів, число яких в складних циклах визначити важко.

У нашому прикладі на 1-му етапі оптимізації встановимо  $\tau_p^2 = 2 \cdot \tau_{min}$  і  $\tau_p^3 = 3 \cdot \tau_{min}$ . Встановлювати ресурс 3-ої групи деталей, що дорівнює  $2 \cdot \tau_{max}$ , не можна, оскільки цикл має розмір 4х4, тобто в одному інтервалі число груп деталей не може бути більше 1. Відповідно до вищенаведеного маємо (рис. 2.2):

$$\tau_p^1 = \tau_{min}; \tau_p^2 = 2 \cdot \tau_{min}; \tau_p^3 = 3 \cdot \tau_{min}; \tau_p^4 = 4 \cdot \tau_{min}. \quad (2.3)$$

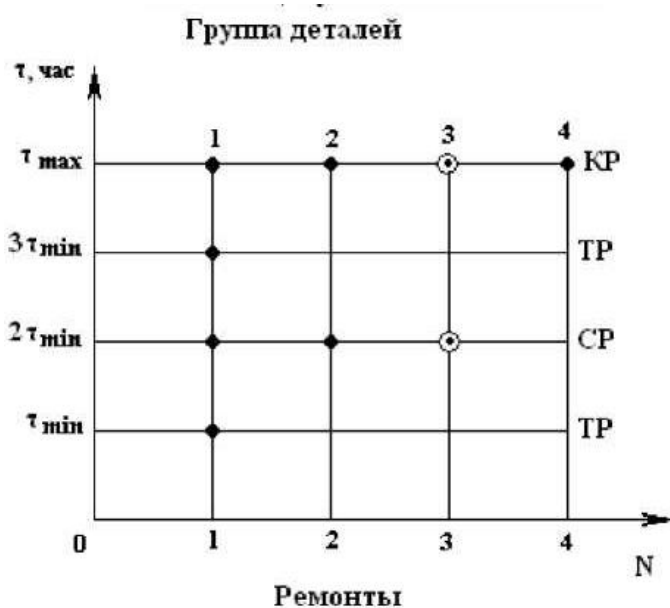


Рисунок 2.2 – Схема РЦ з урахуванням змін

Схема РЦ після 1-го етапу оптимізації:

$$\text{а) } t_{\Xi}^p = 9, t_n^p = 2;$$

$$\text{б) } L_{rc} = \frac{2}{9} = 0,22.$$

На цьому етапі оптимізація закінчується, оскільки при такому розмірі РЦ варіантів для подальшої оптимізації практично немає.

## 1. Розрахунок параметрів ремонтного циклу.

### 1.1. Коефіцієнт технічного використання устаткування.

Коефіцієнт технічного використання устаткування визначається відношенням часу роботи устаткування впродовж встановленого терміну до суми його роботи і часу простою у зв'язку з ремонтом.

Аналітичне вираження має вигляд:

$$K = \frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_{np}} \quad (2.4)$$

де  $\tau_p$  – час роботи обладнання;

$\tau_{np}$  – час простою обладнання в ремонті.

Перетворимо вираз (2.4) наступним чином:

$$K_{mn} = \frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_{np}} = \frac{1}{1 + \frac{\tau_{np}}{\tau_p}}; \text{ т.к. } \tau_p > 0. \quad (2.5)$$

У разі, якщо  $\tau_{np} = \tau_p$ , тоді  $K_{mn} = 0,5$ . Для того, щоб  $K_{mn} > 0,85$ , тобто устаткування працювало ефективно, необхідно щоб  $\frac{\tau_{np}}{\tau_p} \leq 0,176$ ,

тобто час простою устаткування на ремонті не повинний перевищувати 17,6 % від часу його роботи. В цьому випадку можна говорити про ефективність роботи устаткування.

### 1.2. Розрахунок часу роботи і простою устаткування.

Час роботи устаткування визначається по аналітичній залежності:

$$\tau_p = K_{\text{сут}} \cdot t_{\text{сут}} \cdot n_{\text{сут}}^{\Xi} \quad (2.6)$$

де  $K_{\text{сут}}$  – коефіцієнт добового використання устаткування;

$$l_{\text{сут}} = 24 \text{ години};$$

$n_{\text{сут}}^{\Xi}$  - сумарне число діб, впродовж яких устаткування працювало до 1-го ремонту (за місяць, рік і так далі).

З урахуванням вищенаведеного формула (2.6) набере вигляду:

$$\tau_p = K_{\text{сут}} \cdot 24 \cdot n_{\text{сут}}^{\Xi}, \text{ годин.}$$

Час простою устаткування на ремонті визначається по формулі:

$$\tau_{\text{пр}} = q_i \cdot \psi \cdot t_{\text{сут}}, \quad (2.7)$$

де  $q_i$  – нормований коефіцієнт простою, залежний від  $i$ -го виду ремонту. При співвідношенні трудомісткостей ремонтів  $KP : CP : TP = 1,0 : 0,5 : 0,25$  коефіцієнт простою –  $q_{\text{тр}} = 0,25$ ;  $q_{\text{ср}} = 0,5$ ;  $q_{\text{кр}} = 1,0$ ;

$\psi$  – коефіцієнт ремонтпридатності устаткування. Величина  $\psi$  вказується в Положенні про систему ТО і ремонту устаткування;  
 $t_{\text{сут}} = 24 \text{ години.}$

З урахуванням вищесказаного формула (2.7) перетвориться, і матиме вигляд:

$$t_{\text{пр}} = 24 \cdot \psi \cdot q_1$$

При визначенні коефіцієнта технічного використання устаткування при ремонті, час роботи устаткування і час простою визначаються з наростаючим підсумком.

Коефіцієнт технічного використання устаткування визначається для кожного виду ремонту, після чого будується графічна залежність  $K_{\text{тн}} = f(N)$ .

1.3. Сумарне число ремонтів для груп деталей і число передчасних ремонтів.

Параметр  $i^{\text{р}}_{\Xi}$  визначається за формулою:

$$i_{\Xi}^P = i_1^P + i_2^P + i_3^P + \dots + i_n^P \quad (2.8)$$

Параметр  $i_n^P = i_{n1}^P + i_{n2}^P + i_{n3}^P + \dots + i_{nn}^P$ .

1.4. Коефіцієнт оптимальності ремонтного циклу. Коефіцієнт  $L_{рц}$  визначається за формулою:

$$L_{рц} = \frac{i_n^P}{i_{\Sigma}^P};$$

$0,1 \leq L_{рц} \leq 0,2$ , умова оптимальності ремонтного циклу.

1.5. Визначення трудовитрат при виконанні ремонтних робіт.

Трудомісткість ремонту устаткування визначається за аналітичною залежністю:

$$\Phi_1 = \Phi_{усл}^M \cdot \psi \cdot q_1 + \Phi_{усл}^{\text{э}} \cdot \psi \cdot q_1$$

де  $\Phi_{усл}^M$  і  $\Phi_{усл}^{\text{э}}$  – встановлена нормативна трудомісткість капітального ремонту умовної механічної і електричної частини устаткування відповідно.

Величини  $\Phi_{усл}^M$  і  $\Phi_{усл}^{\text{э}}$  встановлюються «Положенням про систему ТО і ремонту» і має значення  $\Phi_{усл}^M = 20 \dots 40$  люд. годин;  $\Phi_{усл}^{\text{э}} = 10 \dots 20$  люд. годин.

Таким чином, трудомісткість поточного, середнього і капітального ремонтів визначиться по формулах:

$$\begin{aligned} \Phi_{тр} &= q_{тр} \cdot \psi \cdot \Phi_{усл}^M + q_{тр} \cdot \psi \cdot \Phi_{усл}^{\text{э}}; \\ \Phi_{ср} &= q_{ср} \cdot \psi \cdot (\Phi_{усл}^M + \Phi_{усл}^{\text{э}}), \\ \Phi_{кр} &= q_{кр} \cdot \psi \cdot (\Phi_{усл}^M + \Phi_{усл}^{\text{э}}). \end{aligned} \quad (5.5)$$

У разі, якщо в конструкції устаткування відсутня електрична частина, формули (8.5) мають спрощений вигляд:

$$\begin{aligned} \Phi_{тр} &= q_{тр} \cdot \psi \cdot \Phi_{усл}^M; \\ \Phi_{ср} &= q_{ср} \cdot \psi \cdot \Phi_{усл}^M; \end{aligned}$$

## Ремонт та відновлення обладнання галузі

$$\Phi_{кр} = q_{кр} \cdot \psi \cdot \Phi_{усл}^M \cdot \dots$$

Сумарні трудовитрати на ремонт устаткування впродовж РЦ дорівнюють:

$$\Phi_{\Sigma} = n \cdot \Phi_{тр} + m \cdot \Phi_{ср} + K \Phi_{кр},$$

$$\Phi_{\Sigma} = n \cdot \Phi_{тр} + m \cdot \Phi_{ср} + \Phi_{кр},$$

де  $n$  і  $m$  – число ремонтів поточного і середнього відповідно.

### 2. Індивідуальні завдання

Відповідно до початкових даних (таблиця 5.1) провести оптимізацію структури ремонтного циклу і визначити його основні параметри.

Таблиця 5.1

№ варіанту	Періодичність виконання ремонтів <i>ТР:СР:КР,</i> <i>місяці</i>	Коефіцієнт складності, $\psi$	Норми простою устаткування на одну умовну одиницю ремонтоскладності			Нормативна трудомісткість ремонту устатк., люд·годин		Коеф. добового використання устаткування, $K_{сут}$
			$q_{тр}$	$q_{ср}$	$q_{кр}$	$\Phi_{усл}^M$	$\Phi_{усл}^9$	
1	1,5 : 6 : 18	10	0,24	0,51	1,01	40	15	0,35
2	4 : 12 : 18	10	0,23	0,52	1,00	30	12	0,40
3	3 : 12 : 36	12	0,21	0,50	0,96	40	10	0,60
4	3 : 18 : 36	8	0,21	0,52	1,01	40	15	0,50
5	4 : 24 : 48	10	0,20	0,52	1,01	35	10	0,66
6	2 : 6 : 24	12	0,24	0,53	1,02	45	15	0,70
7	4 : 12 : 48	9,5	0,21	0,54	1,00	40	10	0,6
8	3 : 18 : 36	8,5	0,25	0,52	1,00	40	15	0,8
9	2 : 12 : 24	9,5	0,23	0,53	0,96	35	15	0,6
10	3 : 9 : 36	9,0	0,24	0,51	1,00	40	10	0,5
11	1,5 : 6 : 18	10	0,25	0,53	0,98	30	10	0,45
12	2 : 12 : 24	10	0,24	0,52	1,00	40	10	0,45
13	3 : 18 : 36	12	0,23	0,51	1,00	30	15	0,50
14	3 : 12 : 36	10	0,24	0,52	1,0	40	10	0,6
15	4 : 24 : 48	9,5	0,25	0,50	1,0	40	15	0,8



### 3. Приклад розрахунку

Дано:

- періодичність виконання ремонтів  $TP : CP : KP = 1,5 : 6 : 18$  міс.;
- норми простою устаткування на одну умовну одиницю ремонтоскладності (доба) -  $q_{mp} = 0,21$ ;  $q_{cp} = 0,53$ ;  $q_{kp} = 1,0$ ;
- коефіцієнт ремонтоскладності устаткування –  $\psi = 4,5$ ;
- нормативна трудомісткість механічної частини устаткування –  $\Phi^M_{ysl} = 30$  люд.годин; електричної –  $\Phi^e_{ysl} = 12$  люд. годин;
- співвідношення трудомісткостей ремонтів  $KP : CP : TP = 1,0 : 0,5 : 0,25$ ;
- коефіцієнт добового використання устаткування  $K_{сут} = 0,5$ .

3.1. Визначимо параметр  $\tau_{min}$  – напрацювання до 1-го ремонту (поточного) :

$$\tau_{mp} = K_{сут} \cdot 24 \cdot n_{сут}^{\Sigma}$$

Враховуючи, що періодичність поточного ремонту 1,5 місяця, а також безперервність роботи устаткування, визначаємо, що  $n_{сут}^{\Sigma} = 45$  діб. У цьому разі напрацювання до 1-го ремонту визначиться за формулою:

$$\tau_{mp} = \tau_{min} = 0,5 \cdot 24 \cdot 45 = 540 \text{ годин};$$

3.2 Визначаємо величину  $\tau_{max}$  :

$$\tau_{max} = K_{сут} \cdot 24 \cdot n_{сут}^{\Sigma} = 0,5 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 18 = 6480 \text{ годин}$$

$\tau_{max} = \tau_{kp} = 6480$  годин, що відповідає напрацюванню до капітального ремонту.

3.3. Визначаємо параметр розмірності РЦ:

$$P = \frac{\tau_{max}}{\tau_{min}} = \frac{6480}{540} = 12 \text{ – число груп деталей.}$$

3.4. Визначаємо число ремонтів устаткування із співвідношення  $1,5 : 6 : 18$  знаходимо число ремонтів  $N = 18 : 1,5 = 12$ . З них:  $KP = 1$ ;  $CP = (18 : 6) - 1 = 3 - 1 = 2$ ;  $TP = 12 - 1 - 2 = 9$ .

РЦ має формулу:  $9TP - 2CP - KP$ . В результаті розрахунків отримуємо розмір РЦ –  $12 \times 12$ .

3.5. На попередньому етапі призначаємо напрацювання для груп деталей :

$$\begin{aligned} \tau_{нар}^1 &= \tau_{\min}; \tau_{нар}^{2,3} = 2 \cdot \tau_{\min}; \tau_{нар}^{4,5} = 3 \cdot \tau_{\min}; \\ \tau_{нар}^{6,7} &= 5 \cdot \tau_{\min}; \tau_{нар}^{8,9} = 8 \cdot \tau_{\min}; \tau_{нар}^{10} = 9 \cdot \tau_{\min}; \\ \tau_{нар}^{11} &= 10 \cdot \tau_{\min}; \tau_{нар}^n = \tau_{\max}. \end{aligned}$$

У відповідності з п. 3.5 будемо схему ремонтного циклу (рис. 5.3).

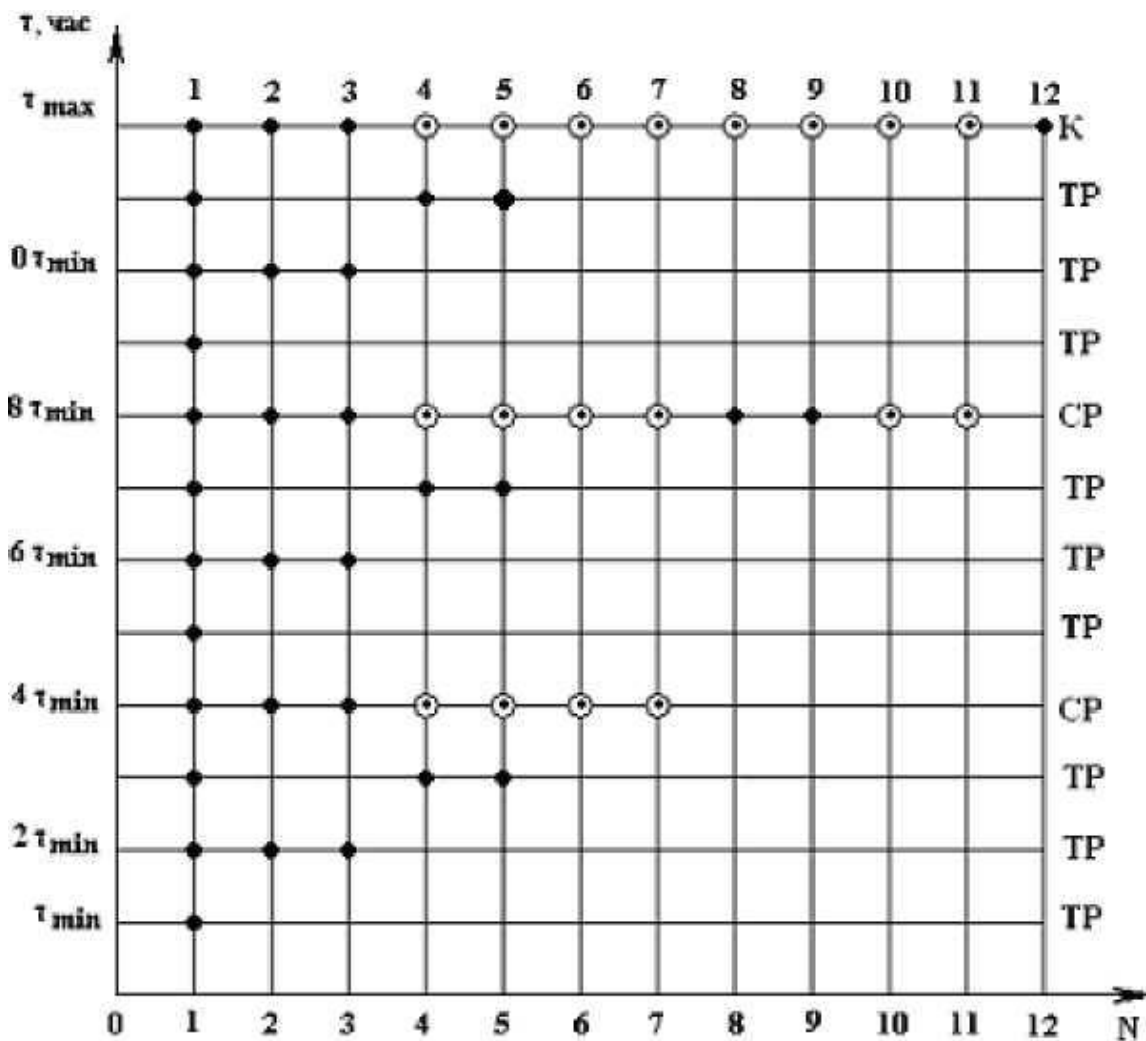


Рисунок 5.3 – Схема РЦ на попередньому етапі

3.6. Визначаємо коефіцієнт оптимальності РЦ:

$$L_{РЦ} = \frac{i_n^P}{i_{\Sigma}^P};$$

## Ремонт та відновлення обладнання галузі

$$I_{\Sigma}^p = I_1^p + I_2^p + I_3^p + \dots + I_{12}^p = 12 + 6 \cdot 2 + 6 \cdot 2 + 6 + 2 + 2 + 2 + 2 + 1 = 51;$$

$$I_n^p = I_{n1}^p + I_{n2}^p + \dots + I_{n12}^p = 0 + 0 + 0 + 3 + 3 + 3 + 3 + 1 + 1 + 2 + 2 + 0 = 18;$$

$$L_{pц} = \frac{18}{51} = 0,35 > L_{pц}^{opt} = 0,2,$$

що свідчить про те, що РЦ потребує оптимізації.

3.7. Оптимізацію РЦ проводимо з дотриманням встановлених правил в наступній послідовності:

- на 1-му етапі призначаємо напрацювання для 4-ої групи деталей:  $\tau_{нар}^4 = \tau_{нар}^{2,3} = 2 \tau_{min}$ , напрацювання для 5-ої групи деталей  $\tau_{нар}^5 = 3 \cdot \tau_{min}$ ;
- на 2-му етапі призначаємо напрацювання для 6-ої і 7-ої груп деталей:  $\tau_{нар}^{6,7} = 4 \cdot \tau_{min}$
- на 3-му етапі призначаємо напрацювання для 10-ої групи деталей  $\tau_{нар}^{10} = 8 \cdot \tau_{min}$

Будуємо граф РЦ з урахуванням етапів оптимізації (рис. 5.4).

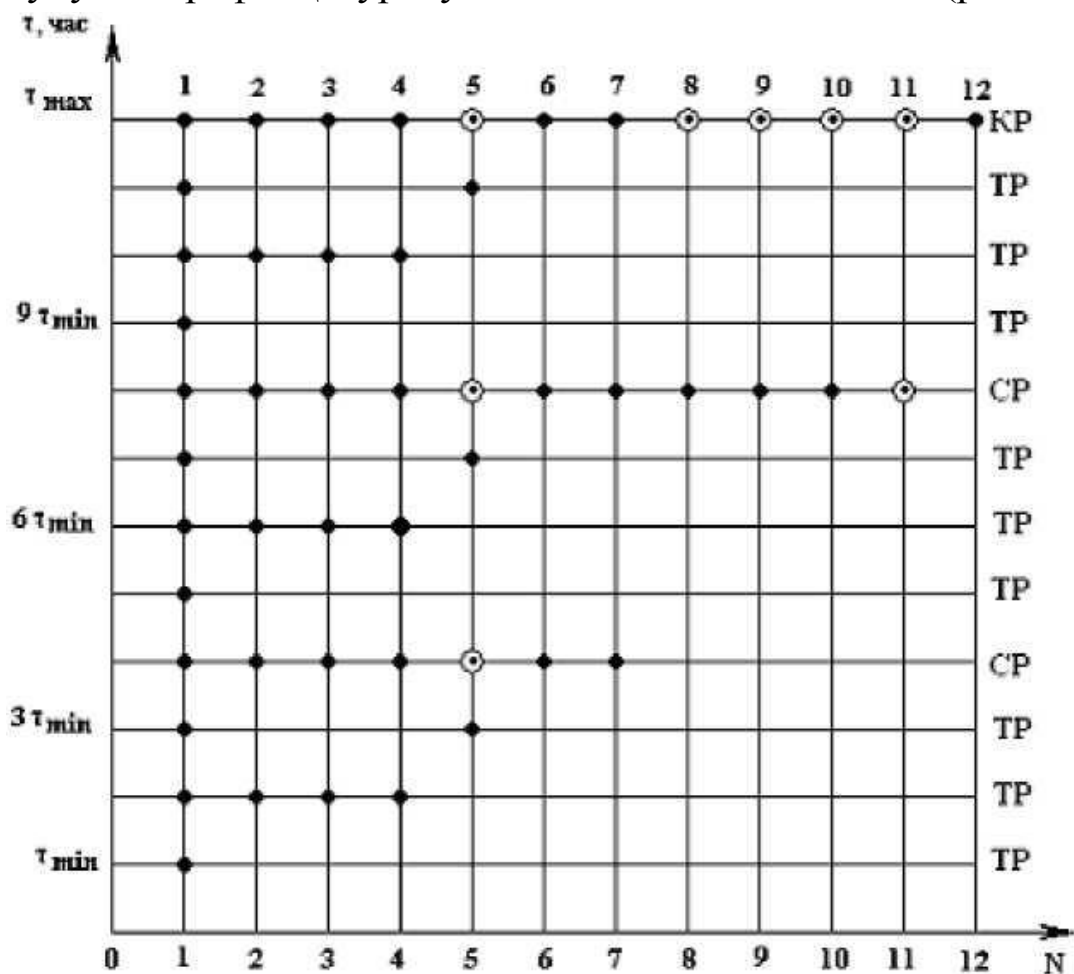


Рисунок 5.4 – Схема структури РЦ після оптимізації

$$L_{pц} = \frac{t_n^p}{t_{\Sigma}^p} = \frac{8}{51} = 0,156;$$

$$L_{pц} = 0,156 \angle L_{pц}^{omm} = 0,2 .$$

На цьому етап оптимізації РЦ закінчується.

#### 4. Визначення основних параметрів ремонтного циклу

4.1. Коефіцієнт технічного використання устаткування впродовж РЦ:

$$K_{mn} = \frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_{np}} ;$$

4.2. Визначаємо час простою обладнання при ремонті наростаючим підсумком:

$$\tau_{np}^1 = \tau_{np}^{mp} = q_{mp} \cdot \psi \cdot t_{сут} = 0,21 \cdot 4,5 \cdot 24 = 22,68 \text{ ч};$$

$$\tau_{np}^2 = \tau_{np}^1 + \tau_{np}^{mp} = 22,68 + 22,68 = 45,36 \text{ ч};$$

$$\tau_{np}^3 = \tau_{np}^2 + \tau_{np}^{mp} = 45,36 + 22,68 = 68,04 \text{ ч};$$

$$\tau_{np}^4 = \tau_{np}^3 + \tau_{np}^{cp} = 68,04 + q_{cp} \cdot \psi \cdot 24 = 125,28 \text{ ч};$$

$$\tau_{np}^5 = \tau_{np}^4 + \tau_{np}^{mp} = 125,28 + 22,68 = 147,96 \text{ ч};$$

$$\tau_{np}^6 = \tau_{np}^5 + \tau_{np}^{mp} = 147,96 + 22,68 = 170,64 \text{ ч};$$

$$\tau_{np}^7 = \tau_{np}^6 + \tau_{np}^{mp} = 170,64 + 22,68 = 193,32 \text{ ч};$$

$$\tau_{np}^8 = \tau_{np}^7 + \tau_{np}^{cp} = 193,32 + 57,24 = 250,56 \text{ ч};$$

$$\tau_{np}^9 = \tau_{np}^8 + \tau_{np}^{mp} = 250,56 + 22,68 = 273,24 \text{ ч};$$

$$\tau_{np}^{10} = \tau_{np}^9 + \tau_{np}^{mp} = 273,24 + 22,68 = 295,94 \text{ ч};$$

$$\tau_{np}^{11} = \tau_{np}^{10} + \tau_{np}^{mp} = 295,94 + 22,68 = 318,62 \text{ ч};$$

$$\tau_{np}^{12} = \tau_{np}^{11} + \tau_{np}^{kp} = 318,62 + 108 = 426,62 \text{ ч}.$$

4.3. Визначаємо напрацювання обладнання до 1-го ремонту

$$\tau_p = K_{сут} \cdot 24 \cdot n_{\Sigma} = 0,5 \cdot 24 \cdot 45 = 540 \text{ годин} .$$

4.4. Визначаємо параметр  $K_{mu}$ :

$$K_{mu}^1 = \frac{\tau_p^1}{\tau_p^1 + \tau_{np}^1} = \frac{540}{540 + 22,68} = 0,96;$$

$$K_{mu}^2 = \frac{\tau_p^2}{\tau_p^2 + \tau_{np}^2} = \frac{1080}{1080 + 45,36} = 0,96;$$

$$K_{mu}^3 = \frac{\tau_p^3}{\tau_p^3 + \tau_{np}^3} = \frac{1620}{1620 + 68,04} = 0,96;$$

$$K_{mu}^4 = \frac{\tau_p^4}{\tau_p^4 + \tau_{np}^4} = \frac{2160}{2160 + 125,28} = 0,94;$$

$$K_{mu}^5 = \frac{\tau_p^5}{\tau_p^5 + \tau_{np}^5} = \frac{2700}{2700 + 147,96} = 0,95;$$

$$K_{mu}^6 = \frac{\tau_p^6}{\tau_p^6 + \tau_{np}^6} = \frac{3240}{3240 + 170,64} = 0,95;$$

$$K_{mu}^7 = \frac{\tau_p^7}{\tau_p^7 + \tau_{np}^7} = \frac{3780}{3780 + 193,32} = 0,95;$$

$$K_{mu}^8 = \frac{\tau_p^8}{\tau_p^8 + \tau_{np}^8} = \frac{4320}{4320 + 250,56} = 0,94;$$

$$K_{mu}^9 = \frac{\tau_p^9}{\tau_p^9 + \tau_{np}^9} = \frac{4860}{4860 + 273,24} = 0,95;$$

$$K_{mu}^{10} = \frac{\tau_p^{10}}{\tau_p^{10} + \tau_{np}^{10}} = \frac{5400}{5400 + 295,94} = 0,95;$$

$$K_{mu}^{11} = \frac{\tau_p^{11}}{\tau_p^{11} + \tau_{np}^{11}} = \frac{5940}{5940 + 318,62} = 0,95;$$

$$K_{mu}^{12} = \frac{\tau_p^{12}}{\tau_p^{12} + \tau_{np}^{12}} = \frac{6480}{6480 + 426,62} = 0,94.$$

4.5. Будуємо графік залежності  $K_{тн} = f(N)$  (рис. 5.5).

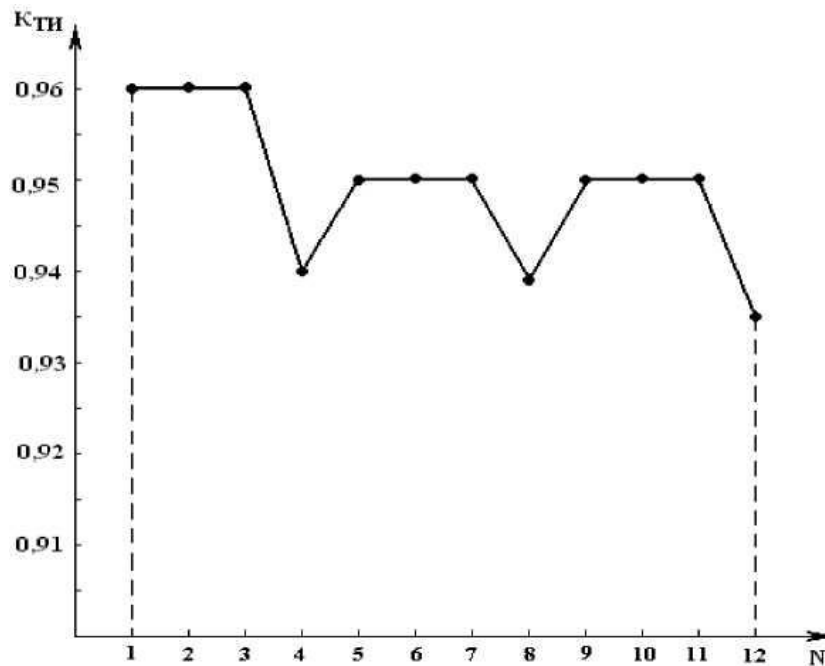


Рисунок 5.5 – Графік залежності  $K_{тн}$  від числа ремонтів  $N$

Висновок: Зі збільшенням числа ремонтів коефіцієнт технічного використання устаткування зменшується.

4.6. Визначаємо сумарне число ремонтів груп деталей :

$$i_{\Sigma}^p = i_1^p + i_2^p + i_3^p + i_4^p + i_5^p + i_6^p + i_7^p + i_8^p + i_9^p + i_{10}^p + i_{11}^p + i_{12}^p =$$

$$= 12 + 6 + 6 + 6 + 6 + 3 + 3 + 2 + 2 + 2 + 2 + 1 = 51;$$

$$i_n^p = i_{n1}^p + i_{n2}^p + i_{n3}^p + i_{n4}^p + i_{n5}^p + i_{n6}^p + i_{n7}^p + i_{n8}^p + i_{n9}^p + i_{n10}^p + i_{n11}^p + i_{n12}^p =$$

$$= 0 + 0 + 0 + 0 + 3 + 0 + 0 + 1 + 1 + 1 + 2 + 0 = 8.$$

4.7. Визначаємо коефіцієнт оптимізації :

$$L_{рц} = \frac{i_n^p}{i_{\Sigma}^p} = \frac{8}{51} = 0,156;$$

$$L_{рц} = 0,156 < L_{онт}^{\max} = 0,2.$$

4.8. Визначаємо трудовитрати на ремонтні роботи:

$$\Phi_{тр} = q_{тр} \cdot \psi \cdot \Phi_{усл}^M + q_{тр} \cdot \psi \cdot \Phi_{усл}^{\ominus} =$$

$$0,25 \cdot 30 \cdot 4,5 + 0,25 \cdot 12 \cdot 4,5 = 47,25 \text{ чел.ч}$$

$$\Phi_{ср} = q_{ср} \cdot \psi \cdot (\Phi_{усл}^M + \Phi_{усл}^{\ominus}) = 0,5 \cdot 4,5 \cdot 52 = 72 \text{ чел.ч}$$

$$\Phi_{кр} = q_{кр} \cdot \psi \cdot (\Phi_{усл}^M + \Phi_{усл}^{\ominus}) = 1,01 \cdot 4,5 \cdot 32 = 144 \text{ чел.ч}$$

- 4.9. Визначаємо сумарні трудовитрати на ремонт устаткування впродовж РЦ

$$\Phi_{\Sigma} = \Phi_{mp} \cdot 9 + \Phi_{cp} \cdot 2 + \Phi_{kr} = 47,25 \cdot 9 + 72 \cdot 2 + 144 = 713,25.$$

### Контрольні питання

1. Визначення ремонтного циклу.
2. Правила оптимізації РЦ.
3. Як визначаються трудовитрати по видах ремонту?
4. Як визначається формула ремонтного циклу?
5. Структура ремонтного циклу.
6. Як визначається коефіцієнт технічного використання устаткування?
7. Аналітичне вираження коефіцієнта оптимальності РЦ.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

### РОЗРАХУНОК ТАКЕЛАЖНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННЯХ І ПІДЙОМІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

**Мета роботи** : метою роботи є отримання практичних навичок і умінь за розрахунком такелажних засобів, при ремонті устаткування.

**Завдання**: зробити розрахунок стріли відповідно до розрахункової схеми.

#### Короткі теоретичні відомості

Такелажні операції, що виконуються при ремонті технологічного устаткування підприємств харчової промисловості готуються і проводяться в строгій технологічній послідовності з дотриманням заходів безпеки. При цьому необхідно знати масу переміщуваного виробу, перевірити документацію підйомно-транспортних засобів.

#### 1 Визначення маси вузлів і деталей

1.1 Маса вантажу, що піднімається, визначається по:

- паспортним даним;
- попередньому зважуванню;
- за емпіричними формулами.

Відносна похибка при визначенні маси вантажу не повинна перевищувати 10...15 %.

1.1.1 Устаткування, що містить вали, підшипники, черв'яки або шнеки з чавунними кожухами, циліндрами, сталевими рамами тощо.

Маса устаткування визначається по формулі:

$$M = K \cdot W, \text{ кг} \quad (3.1)$$

де  $K$  – коефіцієнт заповнення кубічного метра,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $K = 700 \div 2000$ , збільшення  $K$  пов'язано зі зменшенням проміжків і щільністю заповнення об'єму;

$W$  – об'єм основного устаткування,  $\text{м}^3$ .



## Ремонт та відновлення обладнання галузі

1.1.2 Відцентрові насоси у зборі з електродвигуном на одній загальній рамі.

Маса визначається по формулі:

$$M = A \cdot B \cdot H, \text{ т} \quad (3.2)$$

де  $A, B, H$  – габаритні розміри агрегату, м.

Насос, відокремлений від електродвигуна, має масу

$$M = K \cdot L, \text{ кг} \quad (3.3)$$

де  $K = 1,5..3,5$  кг/см,  $K$  збільшується зі збільшенням ступенів насоса;

$L$  – габаритна довжина насоса, см

1.1.3. Поршневі компресори.

Маса визначається по емпіричній залежності:

$$M = K \cdot A \cdot H \cdot B, \text{ кг} \quad (3.4)$$

де  $K$  – коефіцієнт потужності двигуна компресора, кг/м<sup>3</sup>, визначається по таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Р, кВт	< 15	25.60	80.100	100.250	> 300
К, кг/м <sup>3</sup>	1000	550	400	350	250

$A, H, B$  – габаритні розміри компресора, м.

1.1.4 Електродвигуни.

Маса асинхронних двигунів визначається за формулою:

$$M = K \cdot W, \text{ кг} \quad (3.5)$$

де  $K$  – коефіцієнт, визначається по таблиці 3.2;

$W$  – потужність електродвигуна, кВт.

Таблиця 3.2

Потужність, кВт	Величина $K$ , залежно від частоти обертання вала електродвигуна, $\text{хв}^{-1}$			
	750	1000	1500	3000
10...20	25...35	12...18	10...16	8...14
20...40	18...25	10...16	8...14	5...8
75	–	10...15	8...12	5...8
1000...125	–	–	6...10	5...8
250	–	–	5...8	4...6

## 2 Розрахунок стріли

Завдання розрахунку полягає у визначенні розрахункової напруги в середньому перерізі стріли  $\sigma_p$ , яке порівнюється з тим, що допускається  $[\sigma]$ .

Потрібне при розрахунку виконання умови  $\sigma_p \leq [\sigma] = 125 \text{ МПа}$ .

При розрахунку вважають, що зусилля на підвісці верхнього блоку поліспасти підйому вантажу  $P$  з урахуванням коефіцієнта динамічності і власної маси визначається за формулою:

$$P = K \cdot Q, \quad (3.6)$$

де  $Q$  – маса вантажу, що піднімається, кг;

$K$  – коефіцієнт динамічності,  $K = 1,4 \dots 1,5$ .

Поворотні стріли, що кріпляться до залізобетонних конструкцій будівлі, є основною опорною спорудою при виконанні такелажних робіт (рис. 3.1)

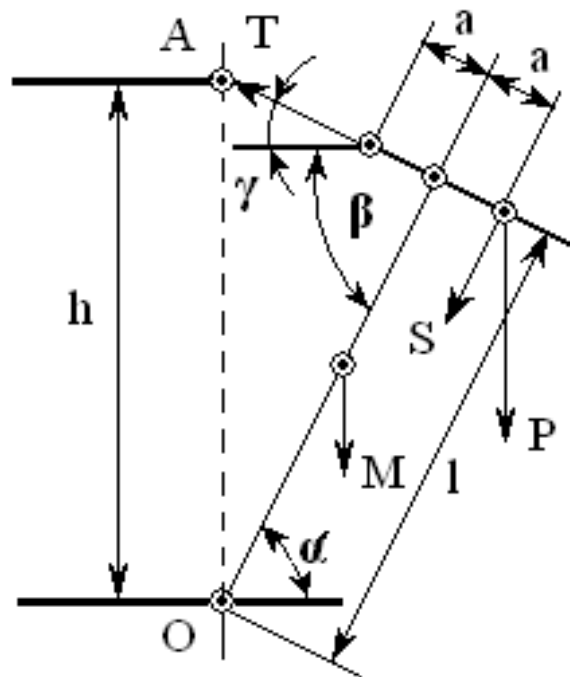


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема стріли:

$M$  – маса стріли (кг);  $l$  – довжина стріли (см);  $\alpha, \beta, \gamma$  – відповідні кути (град);  $a$  – плече від точки кріплення поліспасти до осі стріли (см);  $n$  – число ниток в поліспасті підйому вантажу.

2.1 Визначаємо навантаження на поліспаст підйому вантажу

$$T = \frac{M \cdot \frac{1}{2} \cos \alpha + P \left( l \cdot \cos \alpha + a \cdot \sin \alpha + \frac{a}{0,9n} \right)}{l \cdot \sin \beta + a \cdot \cos \beta} \quad (3.7)$$

2.2 Повне зусилля  $S$  визначається по формулі

$$S = P \sin \alpha + T \cos \beta + \frac{P}{0,9z}, \quad (3.8)$$

де  $z$  – число ниток в поліспасті підйому.

2.3 Момент, що вигинає, діючий в середньому перерізі стріли визначається за формулою:

$$M_{\text{в}} = \frac{P \cdot a}{0,9z} + M \cos \alpha \frac{1}{8} + P \cos \alpha \frac{1}{2} + P \cdot a \cdot \sin \alpha - T \cdot a \cos \beta - T \cdot \frac{1}{2} \sin \beta \quad (3.9)$$

2.4 Визначаємо сумарне напруження в середньому перерізі стріли за формулою:

$$\sigma_p = \frac{S}{F \cdot \varphi} + \frac{M \sin \alpha}{F \cdot \varphi} + \frac{M_{из}}{W}, \quad (3.10)$$

де  $F$  – площа поперечного перерізу стріли,  $\text{см}^2$ ;  
 $\varphi$  – коефіцієнт, що враховує подовжній вигин;  
 $W$  – момент опору перерізу стріли,  $\text{см}^3$ .

2.5 Порівнюємо  $\sigma_p$  з  $[\sigma]$ .

Необхідно, щоб  $\sigma_p \leq [\sigma] = 125 \text{ МПа} = 1250 \text{ кг/см}^2$ .

При  $\sigma_p > [\sigma]$  слід підібрати стрілу більшого перерізу.

2.6. Використання розрахункових даних

а) по зусиллю  $T$  визначаємо можливість використання колони будівлі для сприйняття зусиль;

б) виходячи з паспортної вантажопідйомності лебідки  $\Gamma_2$  визначають число ниток і підбирають трос для оснащення поліспаду

$$n \approx \frac{T}{\Gamma_r} \quad (\text{округлюючи до цілого числа}).$$

**3 Розрахунок щогли за схемою рис. 3.2.**

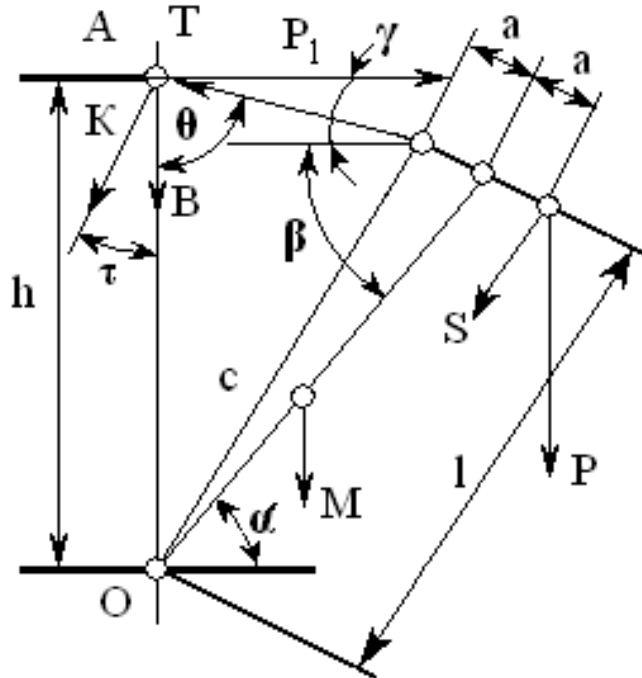


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема щогли

Якщо від стріли на елементи будівлі передаються зусилля такої величини, які є неприпустимими для цієї будівлі, то встановлюється спеціальна щогла, на яку передаються зусилля  $T$  і  $S$ .

3.1 Визначаємо зусилля, прикладене до голівки щогли за формулою:

$$P_1 = \frac{T}{\cos \theta} \quad (3.11)$$

3.2 Зусилля, що передаються на п'яту щогли в горизонтальному напрямі, дорівнюють:

$$A = S \cdot \cos \theta \quad (3.12)$$

3.3 Визначаємо натягнення розчалування за формулою:

$$K = \frac{P_1 \cdot \sin \theta}{\sin \tau} \quad (3.13)$$

3.4 Вертикальне зусилля визначиться за формулою:

$$B = P_1 \cdot \cos \theta + K \cdot \cos \tau \quad (3.14)$$

3.5 Момент, що вигинає, від позацентрального прикладення навантаження до голівки щогли дорівнює:

$$M_1 = P_1 \cdot l \cdot \cos \theta \quad (3.15)$$

3.6 Сумарне напруження в щоглі визначається за формулою:

$$\sigma_p = \frac{B}{F \cdot \varphi} + \frac{M_1}{W} \quad (3.16)$$

3.7 За натягінням  $K$  підбираємо діаметр розчалування:

$$d = \sqrt{\frac{K}{1000}}, \text{ см} \quad (3.17)$$

3.8 Порівнюємо  $\sigma_p$  з  $[\sigma]$ ;  $\sigma_p \leq [\sigma] = 125$  МПа.

### Практична частина

Зробити розрахунок стріли відповідно до розрахункової схеми (рис. 3.1) та вихідних індивідуальних даних табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунку

№	Маса груза, $Q$ , кг	Кути в розрахункових схемах, град					Довжина труби $l$ , м	Коефіцієнт $K$	Плече в поліспасті, см
		$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\tau$	$\gamma$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1000	30	40	80	40	10	8	1,5	10
2	1500	30	40	80	60	10	8	1,4	15
3	2000	40	55	75	45	15	8	1,5	10
4	1000	40	60	70	60	20	8	1,4	15
5	3000	50	65	75	45	15	8	1,5	15
6	2000	50	70	70	60	20	8	1,4	10
7	2500	60	70	80	40	10	8	1,5	10
8	1000	60	70	80	40	10	8	1,5	10
9	1000	70	80	80	40	10	8	1,4	15
10	1500	70	80	80	40	10	8	1,5	10
11	1000	70	80	80	40	10	8	1,5	10
12	2000	70	80	80	40	10	8	1,5	15
13	2500	40	50	80	40	10	8	1,5	15
14	1000	50	65	75	65	15	8	1,5	10
15	2000	60	70	80	40	10	8	1,4	10
16	1000	70	80	80	40	10	8	1,5	10
17	2000	80	90	80	40	10	8	1,5	10

Число ниток у поліспасті підйому вантажу  $n = 4 \dots 6$ .

Вантажопідйомність лебідки визначається за емпіричною залежністю:

$$\Gamma_z = \frac{T}{n}.$$

Трос підбираємо за умов  $\frac{T}{n} < \Gamma_{\text{табл}}$ .

Розривне зусилля  $\Gamma_{\text{табл}}$  обираємо з таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Канати сталеві

Канаты стальные (выдержки из ГОСТ)						
Диаметр каната, мм	Масса 1000 м каната, кг	Маркировочная группа, МПС				
		1372	1568	1666	1764	1960
		Разрывное усилие, кН				
Канат типа ЛК-РО конструкции 6 × 36(1 + 7 + 7/7 + 14) + 1 о.с.						
13,5	697	–	90,6	96,3	101,5	109,0
15,0	812	–	104,5	111,5	116,5	128,0
16,5	1045	–	135,5	144,	150,0	165,0
18,0	1245	–	161,5	171,5	175,5	190,5
20,0	1520	–	197,5	210,0	215,0	233,5
22,0	1830	207,5	237,5	252,5	258,5	280,5
23,5	2130	242,5	277,0	294,0	304,0	338,0
25,5	2495	283,5	324,0	344,0	352,5	383,0
27,0	2800	318,5	364,5	387,5	396,5	430,5
29,0	3215	366,0	417,5	444,0	454,5	493,5
31,0	3655	416,0	475,0	505,0	517,0	561,5
33,0	4155	473,0	540,5	574,5	588,0	638,5
34,5	4550	518,0	592,0	629,5	644,5	700,0
36,5	4965	565,5	646,0	686,5	703,5	764,0
39,5	6080	692,5	791,5	841,0	861,0	935,0
42,0	6750	768,5	878,5	933,5	955,5	1030,0
43,0	7120	806,5	919,5	976,0	1005,0	1080,0
44,5	7770	885,0	1005,0	1065,0	1095,0	1185,0
50,5	9440	1130,0	1290,0	1370,0	1400,0	1510,0
53,5	11150	1265,0	1455,0	1540,0	1570,0	1705,0
56,0	12050	1365,0	1560,0	1640,0	1715,0	–
58,5	13000	1470,0	1685,0	1730,0	1790,0	–
60,5	14250	1625,0	1855,0	1915,0	1970,0	–
63,0	15200	1725,0	1970,0	2020,0	2085,0	–

Масу стріли  $M$  визначаємо за формулою  $M = l \cdot \mu$ , при цьому  $l$  та  $\mu$  обираємо з таблиць 3.5 та 3.6.

#### 4 Приклад розрахунку

4.1 Зробити розрахунок стріли відповідно до розрахункової схеми (рис. 3.1).

Дано:  $Q = 2000$  кг;

$P = 1,5 \cdot 2000 = 3000$  кг;

$M = l \cdot \mu = 10 \cdot 17,15 = 171,5 = 0,1715 \cdot 10^3$  кг;

$\mu$  вибираємо з таблиці 3.5 при  $l = 10$  м; за вихідними даними  $\alpha = 60^\circ$ ;  $\beta = 70^\circ$ ; крім того приймаємо, що  $n = z = 4$ .

4.1.1 Визначаємо зусилля  $T$ , кг на поліспасти підйому вантажу:

$$T = \frac{M \cdot \frac{1}{2} \cos \alpha + P \left( l \cdot \cos \alpha + a \cdot \sin \alpha + \frac{a}{0,9n} \right)}{l \cdot \sin \beta + a \cdot \cos \beta} =$$

$$= \frac{0,1715 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 0,5 + 3 \cdot 10^3 \left( 10 \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 0,866 + \frac{0,1}{0,9 \cdot 4} \right)}{10 \cdot 0,939 + 0,1 \cdot 0,342} = 1,67 \cdot 10^3$$

4.1.2 Знаходимо зусилля, що стискує стрілу:

$$S = P \sin \alpha + T \cos \beta + \frac{P}{0,9z} =$$

$$= 3 \cdot 10^3 \cdot 0,866 + 1,67 \cdot 10^3 \cdot 0,342 + \frac{3 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 4} = 4 \cdot 10^3, \text{ кг.}$$

4.1.3 Момент, що вигинає, в середньому перерізі стріли визначається за формулою:

$$M_{из} = \frac{P \cdot a}{0,9z} + M \cos \alpha \frac{1}{8} + P \cos \alpha \frac{1}{2} + P \cdot a \cdot \sin \alpha - T \cdot a \cos \beta - T \cdot \frac{1}{2} \sin \beta;$$

$$M_{из} = \frac{3 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{0,9 \cdot 4} + 0,1715 \cdot 10^3 \cdot 1,25 \cdot 0,5 + 3 \cdot 10^3 \cdot 5 + 3 \cdot 10^3 \times$$

$$\times 0,1 \cdot 0,866 - 1,67 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 0,342 - 1,67 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 0,939 = 0,092 \cdot 10^3.$$

4.1.4 Визначаємо сумарне розрахункове напруження в середньому перерізі стріли:



$$\sigma_p = \frac{S}{F \cdot \varphi} + \frac{M \sin \alpha}{F \cdot \varphi} + \frac{M_{из}}{W} =$$

$$= \frac{4 \cdot 10^3}{21,8 \cdot 0,232} + \frac{0,1715 \cdot 10^3 \cdot 0,866}{21,8 \cdot 0,232} + \frac{0,092 \cdot 10^2 \cdot 10^3}{82,5} = 931, \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_p = 931 \leq [\sigma] = 1250, \text{ кг/см}^2.$$

Параметр  $W$ ,  $F$ ,  $\varphi$  беруться з таблиці 3.5.

4.2 Зробити розрахунок щогли відповідно до розрахункової схеми (рис. 3.2). Дані використовуємо з попереднього розрахунку.

4.2.1 Визначаємо зусилля, прикладене до голівки щогли :

$$P_1 = \frac{T}{\cos \theta} = \frac{1,67 \cdot 10^3}{0,342} = 4,88 \cdot 10^3, \text{ кг.}$$

4.2.2 Знаходимо величину горизонтального зусилля на п'яту щогли:

$$A = S \cdot \cos \theta = 4 \cdot 10^3 \cdot 0,342 = 1,37 \cdot 10^3, \text{ кг.}$$

4.2.3 Обчислюємо натягнення розчалування:

$$K = \frac{P_1 \sin \theta}{\sin \tau} = \frac{4,88 \cdot 10^3 \cdot 0,939}{0,342} = 13,39 \cdot 10^3, \text{ кг.}$$

4.2.4 Визначаємо вертикальне зусилля уздовж щогли на її п'яту:

$$B = P_1 \cdot \cos \theta + K \cdot \cos \tau,$$

$$B = 4,88 \cdot 10^3 \cdot 0,342 + 13,39 \cdot 10^3 \cdot 0,939 = 14,24 \cdot 10^3, \text{ кг.}$$

4.2.5 Визначаємо момент, що вигинає, за формулою:

$$M_1 = P_1 \cdot c \cdot \cos \theta = T \cdot h \cdot \sin \theta.$$

4.2.6 Знаходимо сумарну розрахункову напругу:

$$\sigma_p = \frac{B}{F \cdot \varphi} + \frac{M_1}{W} = \frac{14,24 \cdot 10^3}{169,3 \cdot 0,741} + \frac{15,67 \cdot 10^3 \cdot 10^2}{1360} = 1273, \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_p = 1273 > [\sigma] = 1250, \text{ кг/см}^2$$

## Ремонт та відновлення обладнання галузі

Умова міцності не виконується, одне з можливих рішень – підсилити стрілу наварюванням додаткових елементів, значення параметрів  $W$ ,  $F$ ,  $\varphi$  в цьому випадку беремо з таблиці 3.6.

**Висновок:** для того, щоб виконувалася умова  $\sigma_p < [\sigma]$  необхідно або змінити значення кутів  $\theta$  і  $\tau$ , або змінити величину навантаження.

*Таблиця 3.5 – Розрахункові дані для сталевих стріл з труб без посилення*

Розміри труби, мм		$F$ , см <sup>2</sup>	$W$ , см <sup>3</sup>	$\mu$ , кг/м	Коефіцієнт $\varphi$ при довжині, м				
$d_n$	$\delta$				8	10	14	18	20
159	4,5	21,8	82,5	17,15	0,23	0,23	-	-	-
219	7	47,1	242	36,6	0,52	0,37	0,21	-	-
273	8	67,9	430	59,3	0,64	0,51	0,4	0,2	-
325	8	79,9	613	62,5	0,73	0,63	0,43	0,28	0,24
377	8	92,5	830	72,8	-	0,70	0,52	0,36	0,3

де  $d_n$  – зовнішній діаметр труби; мм

$\delta$  – товщина стінки; мм

$\mu$  – маса 1 погонного метра труби; кг

$\varphi$  – коефіцієнт, що враховує подовжній вигин.

*Таблиця 3.6 – Розрахункові дані для сталевих стріл, посилених приварюванням 4-х кутників 100 x100 x10.*

Розміри труби, мм		$F$ , см <sup>2</sup>	$W$ , см <sup>3</sup>	$\mu$ , кг/м	Коефіцієнт $\varphi$ при довжині, м				
$d_n$	$\delta$				8	10	14	18	20
159	4,5	98,6	373	17,6	0,32	-	-	-	-
219	7	123,9	557	96,5	0,48	0,28	-	-	-
273	8	144,7	800	114	0,59	0,38	0,25	0,21	-
325	8	156,5	1050	123	0,68	0,49	0,33	0,28	0,23
377	8	169,3	1350	133	0,47	0,58	0,42	0,35	0,26

**Контрольні питання**

1. З якою точністю визначається маса вантажу при виконанні такелажних робіт?
2. Способи визначення маси переміщуваного вантажу.
3. У яких випадках в розрахункових схемах застосовують щогли?
4. Що необхідно зробити, якщо  $\sigma_p > [\sigma]$ ?
5. Який вигреш в силі відбувається при застосуванні поліспастів?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

### ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ УСТАТКУВАННЯ

**Мета роботи** : метою роботи є набуття навичок студентам по виконанню розрахунків вірогідності безвідмовної роботи устаткування технологічних ліній харчових виробництв.

**Завдання:** Відповідно до завдання, визначити вірогідність безвідмовної роботи системи.

#### Короткі теоретичні відомості

Технологічні лінії по виробництву харчової продукції є системи послідовно і паралельно сполучених машин, агрегатів і т. д. (надалі іменованими елементами системи). Надійність роботи такої системи визначається надійністю кожного складового елемента залежно від способу з'єднання. Елементи, що становлять технологічну лінію, мають різні значення вірогідності безвідмовної роботи навіть в межах встановленого ресурсу.

Розвиток теорії надійності зажадав створення нової термінології.

Надійність – це властивість машини виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання, транспортування. Надійність обумовлюється безвідмовністю, ремонтпридатністю, довговічністю, зберіганням. Ці властивості взаємозв'язані і визначаються залежно від призначення машини і умов її експлуатації.

Безвідмовність – це властивість машини або механізму безперервно зберігати працездатність впродовж деякого часу або деякого напрацювання.

Ремонтпридатність – властивість машини, що полягає в попередженні причин виникнення її відмов, ушкоджень і усуненню їх наслідків шляхом проведення ремонтів і технічного обслуговування.

Довговічність – властивість машини зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного

обслуговування і ремонтів.

Збережуваність – властивість машини безперервно зберігати справний працездатний стан протягом та після зберігання і (чи) транспортування.

Справний стан – це стан машини, при якому вона відповідає усім вимогам, встановленим нормативно-технічною документацією.

Несправність – стан машини, при якому вона не відповідає хоч би одній з вимог, встановлених нормативно-технічною документацією.

Відмова – це порушення працездатності машини.

Граничний стан – це стан машини, при якому її подальша експлуатація має бути припинена із-за неусувного порушення вимог безпеки, виходу заданих параметрів за встановлені межі, зниження ефективності експлуатації нижче допустимого або необхідного проведення капітального ремонту.

Працездатність – це стан машини, при якому вона здатна виконувати задані функції, зберігаючи значення заданих параметрів в межах, встановлених нормативно-технічною документацією.

Напрацювання – це тривалість або об'єм роботи машини (вимірювана в годиннику, циклах, тоннах і інших одиницях).

Ресурс – це напрацювання машини від початку введення в експлуатацію або її відновлення після капітального ремонту до настання граничного стану.

Термін служби – це календарна тривалість експлуатації машини від її початку або відновлення після капітального ремонту до настання граничного стану.

Деталі, що природно зносилися, виробляються з наступних головних причин: зміна первинних розмірів деталей вища за граничне значення; зміна фізико-механічних властивостей матеріалу деталі; глибинне механічне ушкодження аварійного характеру; тріщини, що проходять через відповідальну частину деталі; складний злам; пробоїни з поломкою посилюючих ребер; сильний прогин або скручування деталі; перекося або вм'ятини, що не можуть бути

виправлені; зрив різі в декількох місцях кріплення; наявність на поверхні деталі раковин і слідів глибокої корозії; знос із слідами глибинних задирів, що виводять деталь з ладу; колір мінливості (кулькові, роликові підшипники); вибілення – дефект, що характерний для сталевих цементованих деталей, походить від динамічних ударних навантажень.

При визначенні придатності або вибраковуванні деталей розрізняють наступні різновиди розмірів: *нормальні, допустимі, граничні*.

*Нормальними* називають розміри і інші технічні характеристики деталей, що відповідають робочим кресленикам.

*Допустимими* називають розміри деталі, при яких вона може бути з'єднана з іншими деталями машини без ремонту і працюватиме повністю міжремонтний термін.

*Граничними* розмірами називають такі розміри, при яких деталь вибраковують або її можна відновити за допомогою ремонту.

Визначення граничних розмірів відповідальних деталей і термінів їх служби, при яких неможлива подальша робота машини, має велике значення, оскільки по цих термінах встановлюють необхідну кількість виробництва запасних частин для машин.

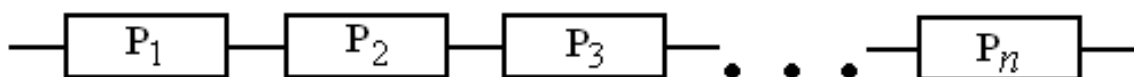
Для підвищення міжремонтного терміну служби і зносостійкості деталей машин рекомендують наступні заходи:

- впровадження в ремонтну практику найбільш досконалих способів фінішної обробки ремонтованих деталей, що забезпечують оптимальну якість поверхонь (під якістю поверхні розуміють сукупність геометричних параметрів і фізичні її властивості, які визначаються структурою, мікротвердістю, глибиною наклепу, залишковою напругою і взаємодією з мастилом);
- використання при ремонті і виготовленні нових деталей зносостійких сталей і чавунів для підшипникових вузлів (ковзання), зубчастих коліс і шліцьових з'єднань.

Щоб забезпечити високу надійність роботи технологічної лінії застосовується *дублювання* систем або *резервування* окремих елементів.

При послідовному з'єднанні елементів вірогідність безвідмовної роботи системи визначається добутком вірогідності безвідмовної роботи складових її елементів.

Дана система, що складається з послідовно сполучених елементів:



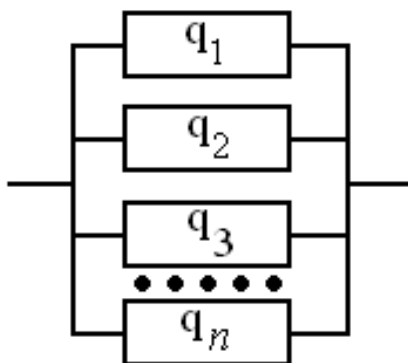
$$P_c = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot \dots \cdot p_n; \quad P_c = \prod_{i=1}^n p_i \quad (4.1)$$

якщо  $p_1 = p_2 = p_3 = \dots = p_n$ , тоді  $P_c = p_i^n$

де  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$  – вірогідність безвідмовної роботи елементу.

При паралельному з'єднанні елементів вірогідність безвідмовної роботи системи визначається через добуток вірогідності відмови складових її елементів.

Дана система з паралельно сполучених елементів, в цій системі  $q_1 ; q_2 ; q_3 ; \dots ; q_n$  – вірогідність відмови елементу.



Вірогідність відмови системи визначається добутком вірогідності відмови кожного елементу:

$$Q_c = q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot \dots \cdot q_n = \prod_{i=1}^n q_i \quad (4.2)$$

Якщо  $q_1 = q_2 = q_3 = \dots = q_n$ , тоді  $Q_c = q^n$

Вірогідність безвідмовної роботи системи має вигляд:

$$P_c = 1 - q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot \dots \cdot q_n = 1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2) \cdot (1 - p_3) \cdot \dots \cdot (1 - p_n) \quad (4.3)$$

## Ремонт та відновлення обладнання галузі

Якщо  $p_1 = p_2 = p_3 = \dots = p_n$ , то  $P_c = 1 - (1 - p_i)^n$ .

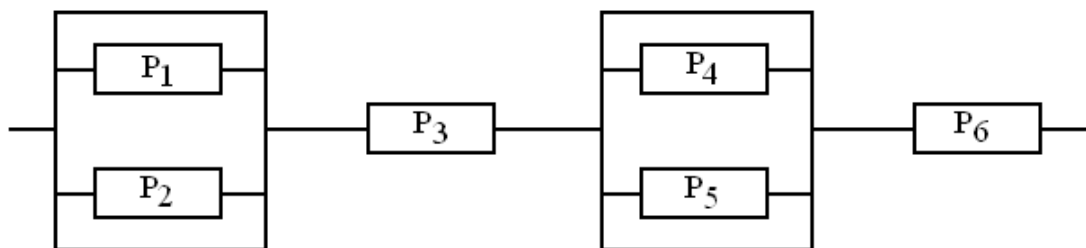
У разі складної системи (коли остання складається з паралельних і послідовно сполучених елементів) для визначення вірогідності безвідмовної роботи застосовують наступну послідовність:

- на 1-му етапі складну систему приводять до простішої, такої, що складається тільки з послідовно сполучених елементів;
- на 2-му етапі визначають вірогідність безвідмовної роботи знову створених елементів;
- на 3-му етапі визначають вірогідність безвідмовної роботи усієї системи.

Необхідно відмітити, що резервування системи дає більший ефект, чим дублювання за інших рівних умов. Тому на практиці застосовують комбінацію дублювання і резервування системи залежно від конструктивних, технологічних, експлуатаційних і економічних чинників.

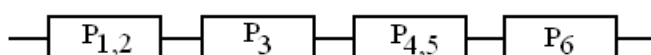
Резервування елементів може здійснюватися не лише окремих машин і устаткування, але і резервування окремих деталей і вузлів усередині самих машин і механізмів.

Нехай дана система, що складається з послідовно і паралельно сполучених елементів з вірогідністю безвідмовної роботи кожного елемента  $p_i$ .



Необхідно визначити вірогідність безвідмовної роботи системи  $P_c$ .

На 1-му етапі приводимо систему до більш простої (яка складається з послідовно сполучених елементів)





## Ремонт та відновлення обладнання галузі

На 2-му етапі визначаємо вірогідність безвідмовної роботи знову створених елементів:

$$p_{1,2} = 1 - Q_{1,2} = 1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2);$$

$$p_{4,5} = 1 - Q_{4,5} = 1 - (1 - p_4) \cdot (1 - p_5)$$

На 3-му етапі визначаємо вірогідність безвідмовної роботи усієї системи:

$$\begin{aligned} P_c &= p_{1,2} \cdot p_3 \cdot p_{4,5} \cdot p_6 = \\ &= [1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2)] \cdot p_3 \cdot [1 - (1 - p_4) \cdot (1 - p_5)] \cdot p_6 \end{aligned}$$

### Практична частина

1. Визначити вірогідність безвідмовної роботи системи відповідно до індивідуального завдання (таблиця 4.1).
2. Відповідно до початкових даних визначити кількість елементів системи, які необхідно зарезервувати, щоб  $P_c \gg 0,98$ .

### Приклад розрахунку

**Завдання № 1.** Дана система (рис. 4.1) і задана вірогідність безвідмовної роботи кожного елементу системи.

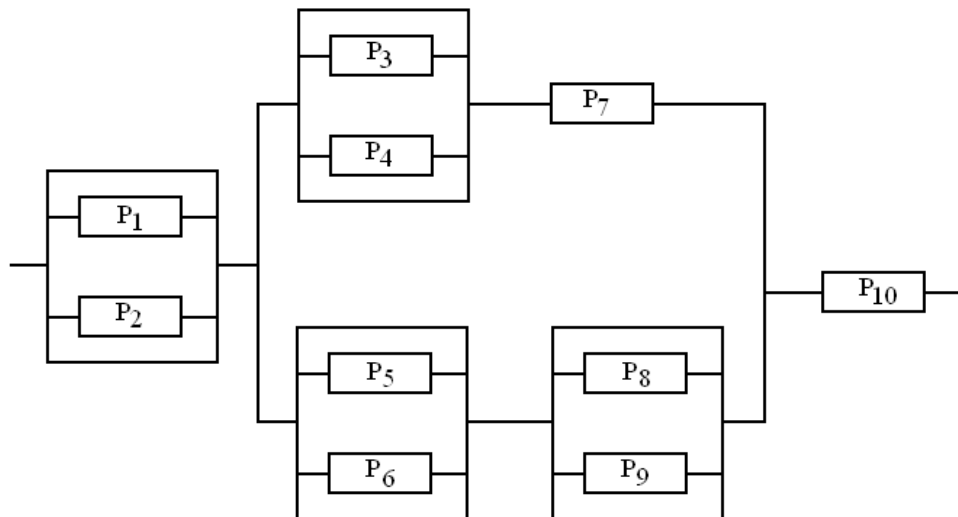


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема:

$$p_1 = p_2 = 0,9; \quad p_3 = p_4 = 0,8; \quad p_5 = p_6 = 0,95;$$

$$p_7 = 0,8; \quad p_8 = p_9 = 0,95; \quad p_{10} = 0,9.$$

1. На 1-му етапі приводимо складну систему (рис. 4.1)) до простіший шляхом подвійного перетворення.

Перше перетворення системи має вигляд:

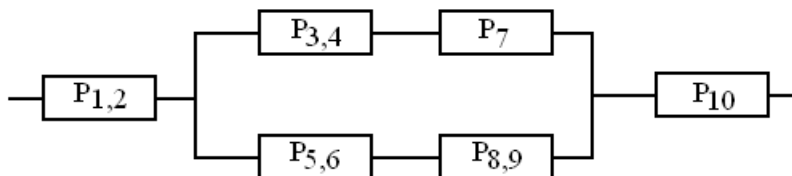


Рисунок 4.2 – Перетворена система

2. Визначаємо вірогідність безвідмовної роботи знову створених елементів:

$$p_{1,2} = 1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2) = 1 - 0,1 \cdot 0,1 = 0,99;$$

$$p_{3,4} = 1 - (1 - p_3) \cdot (1 - p_4) = 1 - 0,2 \cdot 0,2 = 0,96;$$

$$p_{5,6} = 1 - (1 - p_5) \cdot (1 - p_6) = 1 - 0,05 \cdot 0,05 = 0,9975;$$

$$p_{8,9} = 1 - (1 - p_8) \cdot (1 - p_9) = 1 - 0,05 \cdot 0,05 = 0,9975.$$

3. Отриману систему елементів перетворюємо в нову систему виду (рис. 4.3):

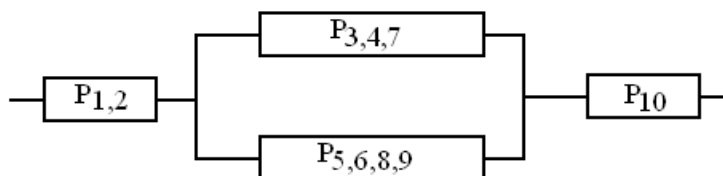


Рисунок 4.3 – Нова перетворена система

Визначаємо вірогідність безвідмовної роботи знову створених елементів:

$$p_{3,4,7} = p_{3,4} \cdot p_7 = 0,96 \cdot 0,8 = 0,768;$$

$$p_{5,6,8,9} = p_{5,6} \cdot p_{8,9} = 0,9975 \cdot 0,9975 = 0,995$$

4. Перетворюємо систему (рис. 4.3) в ще простішу (рис. 4.4):

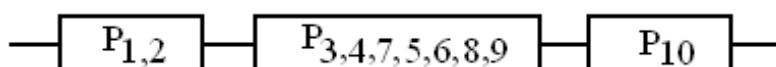


Рисунок 4.4 – Нова проста система

5. Визначаємо вірогідність безвідмовної роботи системи:

$$P_c = P_{1,2} \cdot P_{3,4,7,5,6,8,9} \cdot P_{10}$$

Знаходимо:

$$\begin{aligned} P_{3,4,7,5,6,8,9} &= 1 - (1 - P_{3,4,7}) \cdot (1 - P_{5,6,8,9}) = \\ &= 1 - (1 - 0,768) \cdot (1 - 0,995) = 0,99884 \\ P_c &= 0,99 \cdot 0,99884 \cdot 0,9 = 0,8899 < 0,98 \end{aligned}$$

Розрахована надійність безвідмовної роботи менша за необхідну за завданням, тому необхідно застосувати резервування найменш надійних елементів системи.

## Завдання № 2

5. Резервуємо елемент  $P_{10}$ , який має найменшу надійність. Тоді система (рис. 4.3) матиме вигляд:

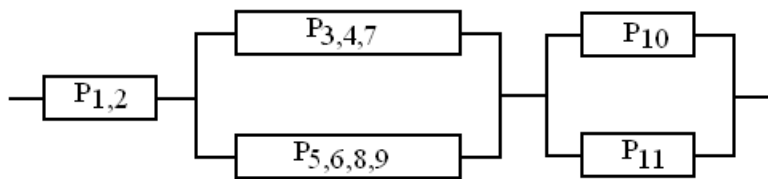


Рисунок 4.5 – Система після резервування елемента  $P_{10}$

6. Перетворюємо систему (рис. 4.5) в простішу (рис.4.6):

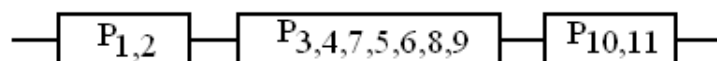


Рисунок 4.6 – Система після створення елемента  $P_{10,11}$

7. Розрахуємо вірогідність безвідмовної роботи елемента системи  $P_{10,11}$ :

$$P_{10,11} = 1 - (1 - P_{10}) \cdot (1 - P_{11}) = 1 - (1 - 0,9 \cdot (1 - 0,9)) = 0,99.$$

8. Визначаємо вірогідність безвідмовної роботи системи (рис. 4.6):

$$P_c = P_{1,2} \cdot P_{3,4,5,6,7,8,9} \cdot P_{10,11} = 0,99 \cdot 0,99884 \cdot 0,99 = 0,9789.$$

Отримаємо  $P_c = 0,9789 < 0,98$  що є недостатнім за умовами завдання.

9. В цьому випадку повертаємося до системи після першого перетворення (рис. 4.2) і резервуємо елемент  $P_7$ , який має вірогідність безвідмовної роботи 0,8.

Тоді система (рис. 4.2) з урахуванням резервування набере вигляду (рис.4.7):

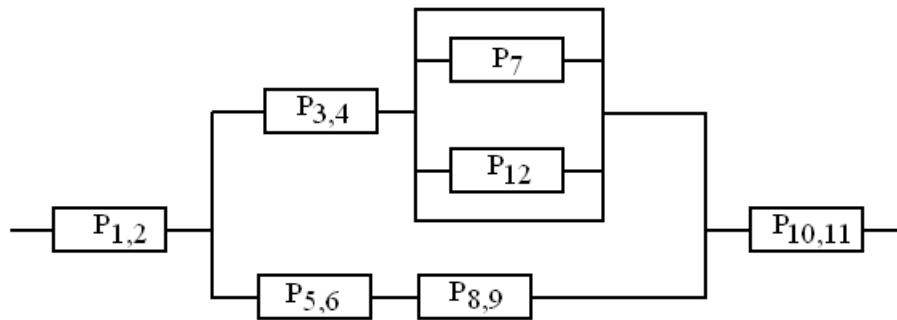


Рисунок 4.7 – Вид системи після введення елементу  $P_{12}$

10. Перетворюємо систему (рис. 4.7) в простішу в один етап (рис. 4.8):

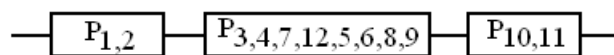


Рисунок 4.8 – Вид системи після спрощення

11. Визначаємо вірогідність безвідмовної роботи складових елементів :

$$p_{7,12} = 1 - (1 - 0,8) \cdot (1 - 0,8) = 1 - 0,2 \cdot 0,2 = 0,96;$$

$$P_{3,4,7,12} = 0,96 \cdot 0,96 = 0,9216 ;$$

$$\begin{aligned} P_{3,4,7,12,5,6,8,9} &= 1 - (1 - 0,9216) \cdot (1 - 0,995) = \\ &= 1 - 0,0784 \cdot 0,005 = 0,99961. \end{aligned}$$

12. Визначаємо вірогідність безвідмовної роботи системи :

$$P_c = P_{1,2} \cdot P_{3,4,7,12,5,6,8,9} \cdot P_{10,11} \cdot$$

$$P_c = 0,99 \cdot 0,99961 \cdot 0,99 = 0,9797 < 0,98.$$

Оскільки розрахункова вірогідність менша за задану, то необхідно:

## Ремонт та відновлення обладнання галузі

- або встановити в систему елементи з вищою вірогідністю безвідмовної роботи, наприклад,  $p_3$  і  $p_4 = 0,9$  або  $p_7$  і  $p_{12} = 0,9$ ;
- або застосувати потрібне дублювання елементів системи.

### Контрольні питання

1. Як визначається вірогідність безвідмовної роботи устаткування при послідовному і паралельному з'єднанні елементів?
2. Порядок розрахунку вірогідності безвідмовної роботи складної системи.
3. Що дає більший ефект: дублювання або резервування систем?
4. Способи підвищення надійності роботи систем устаткування.
5. Назвіть основні показники надійності технологічного устаткування.

№ вар	Система елементів	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>	
1		0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,95	0,95	0,95	
2		0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,85	0,9	0,85	
3		0,85	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,8	0,8	0,9	0,85	0,8
4		0,9	0,85	0,95	0,8	0,85	0,9	0,9	0,95	0,8	0,9	0,85
5		0,8	0,9	0,85	0,95	0,8	0,85	0,8	0,9	0,95	0,8	0,9
6		0,9	0,8	0,9	0,85	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,8	
7		0,85	0,9	0,8	0,9	0,85	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	
8		0,8	0,85	0,9	0,8	0,9	0,85	0,9	0,85	0,8	0,85	0,9
9		0,9	0,8	0,85	0,9	0,8	0,9	0,9	0,85	0,95	0,8	0,85
10		0,8	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	0,8	0,9	0,85	0,95	0,8
11		0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	0,9	0,85	0,9	0,85	0,95	
12		0,9	0,8	0,95	0,8	0,9	0,85	0,9	0,8	0,95	0,85	
13		0,8	0,95	0,8	0,9	0,85	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8
14		0,95	0,8	0,9	0,85	0,9	0,8	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8
15		0,8	0,9	0,85	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8
16		0,9	0,85	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	
17		0,85	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	0,9	
18		0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	0,9	0,85	0,85
19		0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	0,9	0,85	0,8	0,8
20		0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,8	0,8	0,9	0,85	0,8	0,9

Таблиця 4.1 – Варіанти індивідуального завдання

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Навчальна література

1. Організація ремонтного господарства // Мороз, В.С. Організація виробництва : навч. посібник : рекомендовано МОН України / В.С.Мороз, А.С.Тельнов. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – С.203-212. – (Вища освіта в Україні).
2. Основы ремонта машин / под общ. ред. Ю.Н. Петрова. – М. : Колос, 1972. – 528 с.
3. Польшаков, В.І. Економіка, організація та управління технічним обслуговуванням і ремонтом машин : Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В. І. Польшаков, Є. Ю. Сахно. – К. : ЦНЛ, 2004. – 326 с.
4. Ремонт КИП и автоматики на предприятиях пищевой промышленности / Гресько А. А., Анушко А. Я., Борисенко В. Н., Рудченко Н. С. – К. : Техника, 1983. – 184 с.
5. Ремонт машин : Учебники и учебные пособия для высшей школы / Под ред. Тельнова Н. Ф. – М. : ВО Агропромиздат, 1992. – 560 с.
6. Сухарев, Э.А. Конструкция и параметры технологического оборудования для ремонта машин : Учебное пособие / Э. А. Сухарев. – Ровно : РГТУ, 2002. – 214 с.: ил.
7. Чередніков, О.М. Технологічні основи ремонту машин і відновлення деталей : Навч. посібник / О. М. Чередніков. – Чернігів : ЧДТУ, 2008. – 209 с.: іл.

### Допоміжна література

8. Яговкин, А.И. Организация производства технического обслуживания и ремонта машин [Электронный ресурс] : учебн. пос. / А. И. Яговкин. – М. : Академия, 2006. – 400 с. – Умови доступу: Локальна мережа, Читальний зал №1.

**ЗМІСТ**

	стор.
<b><u>Вступ</u></b> .....	<b>3</b>
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1.</b>	
Технологія технічного обслуговування устаткування підприємств галузі.....	4
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2.</b>	
Визначення параметрів ремонтного циклу .....	17
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3.</b>	
Розрахунок такелажних засобів при переміщеннях і підйомі технологічного устаткування .....	32
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4.</b>	
Оцінка надійності роботи устаткування .....	44
<b><u>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА</u></b> .....	<b>55</b>