

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМ. ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: „ Оптимізація процесів розбирання і складання вузлів  
машин зміною номенклатури інструментів і пристроїв ”

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62  
Спеціальності 208 „Агроінженерія”  
(шифр і назва)

Чухрай Любомир Володимирович  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Шарибура А.О.  
(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: \_\_\_\_\_  
(Прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМ. ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту  
**Чухраю Любомиру Володимировичу**

1. Тема роботи: „ Оптимізація процесів розбирання і складання вузлів машин зміною номенклатури інструментів і пристроїв ”

Керівник роботи: Шарибура Андрій Остапович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 28.04.2023 року № 133/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 15.01.2024 року.

3. Вихідні дані: *Опрацювати джерела інформації про технологію розбирання агрегатів, вузлів, механізмів та можливі варіанти вдосконалення процесів виконання операцій на підставі аналізу їх будови. Обрати для проведення досліджень складальні одиниці поширених у використанні машин та їх агрегатів. Опрацювати методіку обробки експериментальних даних методами математичної статистики*

4. Перелік питань, які необхідно розробити

*Вступ*

*1. Теоретичні основи формування послідовності виконання операцій розбирання на підставі рівнів доступності до деталей об'єкту ремонту*

*2. Вплив особливостей конструкції об'єктів ремонту на потребу їх орієнтування в просторі під час розбирання*

*3. Короткий огляд технологічного оснащення для оптимізації процесів розбирання різьбових кріпильних деталей*

*4. Методика проведення досліджень*

*5. Результати досліджень процесу демонтажу прокладок кришки клапанів і піддона картера*

*6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях*

*Висновки*

*Список використаних джерел*

*Додатки*

Перелік графічного матеріалу (слайди презентації):

1-тема 2-мета роботи та завдання дослідження; 3 – ескіз вузла; 4 – математичне відображення вузла; 5 – таблиця можливої послідовності виконання операцій; 6, 7 – складові тривалості процесу демонтажу; 8 – графічна модель об'єкта ремонту; 9 – таблиця зміни положень об'єкта ремонту; 10, 11 – методика дослідження; 12 – фото об'єкта розбирання; 13 – фото технологічного оснащення; 14, 15, 16 – результати обробки експериментальних даних; 17, 18 - висновки

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4, 5	Шарибура А.О. к.т.н., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича			
6	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 28.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Теоретичні основи формування послідовності виконання операцій розбирання на підставі рівнів доступності до деталей об'єкту ремонту</i>	28.04.23-01.05.23	
2.	<i>Вплив особливостей конструкції об'єктів ремонту на потребу їх орієнтування в просторі під час розбирання</i>	02.05.23-29.06.23	
3.	<i>Короткий огляд технологічного оснащення для оптимізації процесів розбирання різьбових кріпильних деталей</i>	30.06.23-5.08.23	
4.	<i>Методика математичного опрацювання статистичних даних</i>	6.08.23-2.10.23	
5.	<i>Результати досліджень процесу демонтажу прокладок кришки клапанів і піддона картера</i>	3.10.23-30.10.23	
6.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	31.10.23-30.11.23	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	1.12.2-15.01.24	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Чухрай Л.В.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Шарибура А.О.  
(підпис)

УДК: 631.629

Магістерська робота: 67 с. текст. част., 31 рис., 3 табл., 37 джерел.

Оптимізація процесів розбирання і складання вузлів машин зміною номенклатури інструментів і пристроїв

Чухрай Л.В. Кафедра АТС ім. проф. Олександра Семковича. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

Розглянуто теоретичні основи формування послідовності виконання операцій розбирання складальних одиниць об'єкту ремонту на підставі рівнів доступності до деталей. Запропоновано методику визначення можливих варіантів послідовності виконання операцій демонтажу деталей. Запропоновано математичну модель опису технічного стану вузла на стадіях його розбирання.

Обґрунтовано потребу орієнтування об'єктів ремонту в просторі під час їх розбирання і розглянуто початки методики впорядкування чисельності і порядку виконання операцій.

Наведено приклад вибору комплекту інструментів і технологічного оснащення для порівняльного дослідження процесів розбирання виконуваних за різними структурними схемами.

Запропоновано методику порівняльного аналізу тривалості демонтажу деталей за різними структурними схемами технологічного процесу. Проведено дослідження тривалості демонтажу прокладок кришки клапанного механізму та піддона картера двигуна.

Виконано статистичну обробку результатів дослідження, зроблено висновки на підставі яких можна мінімізувати тривалість процесів розбирання агрегатів вузлів машин.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

## ЗМІСТ

	ВСТУП	6
1.	ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ РОЗБИРАННЯ НА ПІДСТАВІ РІВНІВ ДОСТУПНОСТІ ДО ДЕТАЛЕЙ ОБ'ЄКТУ РЕМОНТУ	8
	1.1. Методика аналізу конструкції об'єкту ремонту для оптимізації процесу черговості виконання операцій	9
	Висновки до розділу 1	19
2.	ВПЛИВ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ РЕМОНТУ НА ПОТРЕБУ ЇХ ОРІЄНТУВАННЯ В ПРОСТОРИ ПІД ЧАС РОЗБИРАННЯ	20
	2.1 Загальні відомості про двигуни які мають значну частку використання в техніці агропромислового комплексу	21
	2.2 Оптимізація процесів розбирання двигунів шляхом зміни їх положення в просторі	24
	Висновки до розділу 2	29
3.	КОРОТКИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ РОЗБИРАННЯ РІЗЬБОВИХ КРІПІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ	31
	3.1 Характеристика параметрів комбінованих гайкових ключів	32
	3.2 Спеціальне технологічне обладнання для операцій розбирання складання різьбових з'єднань	36
	Висновки до розділу 3	40
4.	МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	41
	Висновки до розділу 4	46
5.	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ДЕМОНТАЖУ ПРОКЛАДОК КРИШКИ КЛАПАНІВ І ПІДДОНА КАРТЕРА	48
	Висновки до розділу 5	55
6.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
	6.1. Моделювання процесів виникнення аварій і травм	56
	6.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм	58
	6.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях	60
	ВИСНОВКИ	62
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
	ДОДАТКИ	68

## ВСТУП

Будь яка техніка, що використовується у виробничих процесах має певний розрахунковий ресурс. Однак на практиці ресурс машин та їх складових частин в значній мірі залежить від умов експлуатації. Найбільше різниця між розрахунковим значенням ресурсу та фактичним проявляється в техніці яка використовується в складних умовах аграрного виробництва. Зокрема це стосується енергетичних установок, агрегатів і вузлів ходової частини та трансмісії. Відмови агрегатів та вузлів автомобілів, тракторів та сільськогосподарських машин часто трапляються в напружені періоди виконання механізованих робіт. У таких випадках основним питанням є мінімізація часу вилучення об'єктів техніки з експлуатації для проведення ремонтних робіт. Тому виникає потреба розглянути всі можливі заходи стосовно оптимізації технологічних процесів ремонту. Є загально відомим, що на даний час найбільшу частку трудомісткості ремонту складають операції розбирання і складання. Попередньо проведені нами дослідження показали, що тривалість технологічного процесу розбирання і складання об'єктів ремонту залежить не лише від продуктивності інструментів та технологічного оснащення але і від вибраної послідовності і змісту виконуваних операцій.

Кожна машина, включаючи будь-який об'єкт техніки, має свої особливості конструкції, які включають номенклатуру та кількість деталей, їх взаємне орієнтування, геометрію та функціональне призначення, розміри та фізико-механічні властивості, а також способи кріплення. Кожна деталь машини розташована на певному рівні доступу, що вказує, скільки деталей потрібно попередньо демонтувати для зняття даної деталі. Кількість деталей на кожному рівні доступу залежить від конструкції конкретної машини.

*Мета досліджень:* запропонувати алгоритм обґрунтування структури технологічного процесу розбирання об'єктів ремонту залежно від особливості їх конструкції та технологічного оснащення.

*Завдання досліджень:*

- розглянути теоретичні основи формування послідовності виконання операцій розбирання об'єктів ремонту на підставі особливостей їх конструкції, а саме рівнів доступності до кожної деталі;
- розглянути вплив особливостей конструкції об'єктів ремонту на потребу їх орієнтування в просторі з метою зручності використання інструментів і виконання операцій розбирання різьбових з'єднань;
- провести короткий аналіз технічних засобів для розбирання різьбових з'єднань;
- дослідити залежність тривалості демонтажу деталей двигуна від обраної технології розбирання.

*Об'єкт досліджень:* складальні одиниці машин та технологічне оснащення для їх розбирання

*Предмет досліджень:* тривалість процесів розбирання об'єктів ремонту залежно від структури технологічного процесу і використовуваного технологічного оснащення.

# 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ РОЗБИРАННЯ НА ПІДСТАВІ РІВНІВ ДОСТУПНОСТІ ДО ДЕТАЛЕЙ ОБ'ЄКТУ РЕМОНТУ

Оптимізація процесів складання машин в машинобудуванні та розбирання і складання на підприємствах технічного сервісу стає все більш актуальною у сучасних умовах і є важливим аспектом для підвищення ефективності виробництва. Однією з ключових проблем є тривалість технологічного циклу, тобто час, який витрачається на виконання всіх операцій зі складання та розбирання машини.

Оптимізація процесів розбирання і складання стає важливою з точки зору економії часу та ресурсів. Одним із критеріїв оптимізації є скорочення тривалості технологічного циклу, що може бути важливим у випадках, коли обмежений час на ремонтні роботи або існують обмеження з точки зору фінансів та безпеки промислового виробництва.

Можна розглядати наступні критерії оптимізації технологій розбирання та складання машин:

- тривалість технологічного циклу;
- трудомісткість технологічного процесу;
- енергетична потужність обладнання;
- коефіцієнт використання енергетичної потужності;
- коефіцієнт завантаження операторів;
- коефіцієнт використання технологічного обладнання;
- витрата енергетичних ресурсів;
- витрата матеріальних ресурсів;
- собівартість складання та (або) розбирання виробу.

Факторами впливу на показники ефективності можна розглядати наступні:



- особливість конструкції об'єкту над яким виконуються дії зміни його технічного стану;
- особливість конструкції технологічного оснащення, приладів та інструментів, що використовуються в технологічному процесі;
- структурно-технологічні особливості;
- якість технологічної документації, оптимально складена послідовність та зміст виконання операцій;
- організаційні особливості виробничого процесу;
- фаховий рівень підготовки виконавців робіт.

Правильний підхід до критичного аналізу критерії оптимізації факторами впливу дасть можливість досягти мету досягнення оптимізації і ефективності процесів розбирання і складання об'єктів техніки.

Для досягнення цієї мети можуть бути використані різні підходи, такі як автоматизація процесів, впровадження нових технологій, покращення організації робочих процесів та навчання персоналу. Важливо також враховувати специфіку конкретного виду машин та їхніх характеристик для максимально ефективно оптимізації.

### 1.1. Методика аналізу конструкції об'єкту ремонту для оптимізації процесу черговості виконання операцій

Метод нашого дослідження передбачав доскіпливий аналіз конструкції технічного об'єкта (машини, агрегату, вузла) на основі конструкторської документації. Спочатку була створена матриця контактів між деталями, а також визначені рівні доступу до кожної деталі. Кожен вид контакту позначався відповідним символом, і на цій основі формувалася графічна модель об'єкта. З аналізу з'єднань вибиралися технічні засоби для проведення операцій розбирання та складання.

Далі, враховуючи технологічні можливості інструментів і пристроїв, створювалася матриця варіантів послідовності виконання операцій розбирання, в якій враховувалися конструктивні обмеження. Накладаючи умови для кожної операції, визначали технологічні можливості.

Для вирішення комбінаторних завдань застосовувався метод побудови частково розгалужених графів, щоб визначити кількість можливих варіантів перестановок послідовностей операцій. Аналізуючи кожен варіант, оцінювали структуру і зміст допоміжних операцій та їх вплив на тривалість технологічного циклу.

Для ефективного розбирання машин використовується концепція рівнів доступу, де деталі на однакових рівнях можна знімати одночасно або в будь-якій послідовності. Час переходу до наступного рівня визначається тривалістю операції, яка має найбільшу тривалість. Паралельне виконання операцій може бути досягнуте автоматизацією технологічного процесу або залученням додаткових операторів.

Для дослідження було вибрано вузол який складається лише з 12 деталей (рисунок 1.1.) [32]. Вузол проміжної опори в зборі складається з корпусу 1, в якому розміщені кулькові підшипники 2 і 3. У канавці корпусу 1 встановлене стопорне кільце 4, яке фіксує від зміщення підшипник 3. У підшипниках 2 і 3 встановлений вал 5, на якому розміщена втулка 6, зафіксована гвинтом 7. Торці втулки контактують з внутрішніми кільцями підшипників 2 і 3. На шийці валу 5 з боку підшипника 3 встановлений двох канавковий шків 8, зафіксований шпонкою 9. З боку підшипника 2 на шийці валу 5, що має лиску, встановлений шків 10, який зафіксований шайбою 11. Шайба 11, вусик якої розміщений в осьовому отворі шківів 10, закріплена болтом 12, вкрученим в осьовий різьбовий отвір валу 5 [32].

Загальну множину деталей вузла проміжної опори  $A$  можна відобразити переліком усіх деталей  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_{10}, a_{11}, a_{12}$ . Контакти кожної деталі з

іншими деталями можуть бути подані як множина зв'язків  $f_i(a_n)$ , з якими контактує деталь  $a_n$  на рівні  $i$ .

Стан вузла проміжної опори в зібраному вигляді, що відповідає нульовому рівню, можна записати як множину у наступному вигляді:

$$A_0 = \{ a_1, a_2, a_3, \dots, a_{10}, a_{11}, a_{12} \}. \quad (1.1)$$

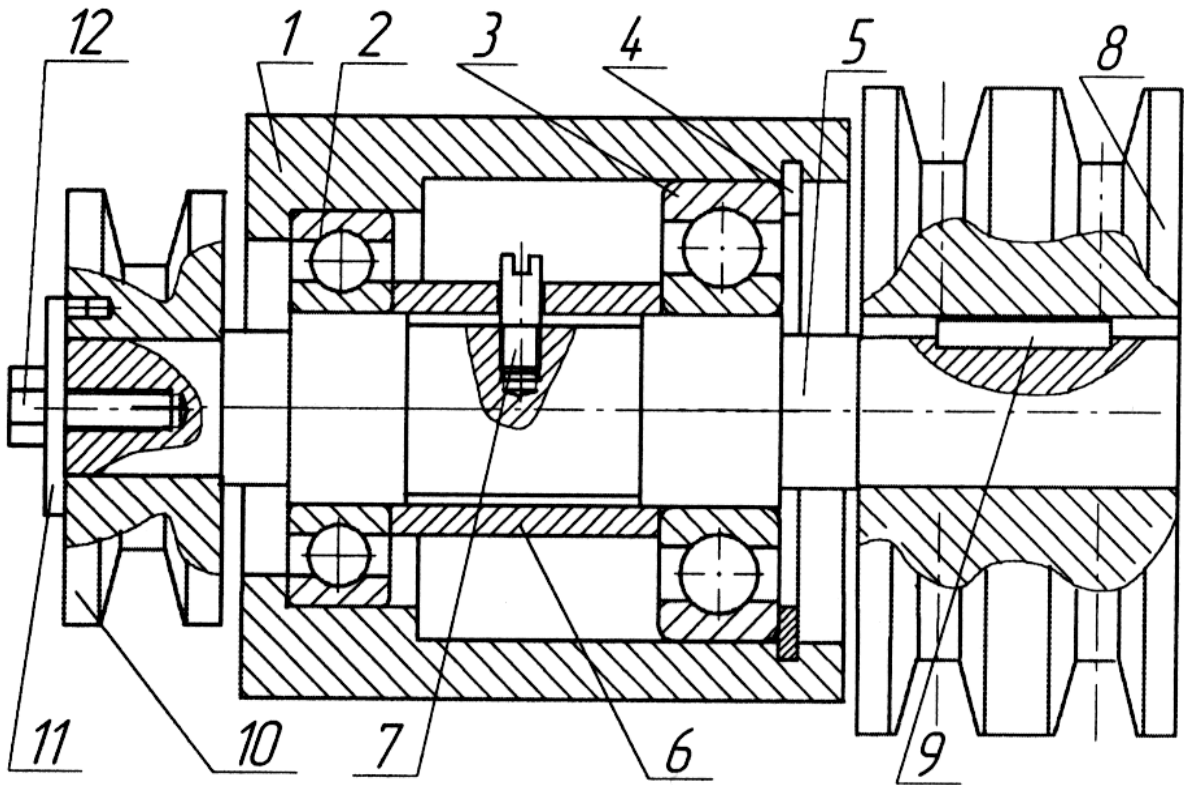


Рисунок 1.1 Вузол проміжної опори в зборі: 1 – корпус; 2, 3 – підшипник; 4 – кільце стопорне; 5 – вал; 6 – втулка; 7 – гвинт; 8 – шків двох канавковий; 9 – шпонка; 10 – шків; 11 – шайба; 12 – болт.

Такому стану вузла проміжної опори в зборі буде відповідати множина зв'язків [32]:

$$R_0 = \{ f_0(a_1), f_0(a_2), f_0(a_3) \dots f_0(a_{10}), f_0(a_{11}), f_0(a_{12}) \} \quad (1.2)$$

де  $f_0(a_1) = \{ a_2, a_3, a_4 \}$ ;

$f_0(a_2) = \{ a_1, a_5, a_6 \}$ ;

$$f_0(a_3) = \{a_1, a_4, a_5, a_6\};$$

$$f_0(a_4) = \{a_1, a_3\};$$

$$f_0(a_5) = \{a_2, a_3, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}, a_{11}, a_{12}\};$$

$$f_0(a_6) = \{a_2, a_3, a_5, a_7\};$$

$$f_0(a_7) = \{a_5, a_6\};$$

$$f_0(a_8) = \{a_5, a_9\};$$

$$f_0(a_9) = \{a_5, a_8\};$$

$$f_0(a_{10}) = \{a_5, a_{11}\};$$

$$f_0(a_{11}) = \{a_5, a_{10}, a_{12}\};$$

$$f_0(a_{12}) = \{a_5, a_{11}\};$$

Загальна кількість взаємних одинарних контактів деталей  $K$  на рівні  $i$  буде рівною:

$$K_i = (k_{1i} + k_{2i} + k_{3i} + \dots + k_{10i} + k_{11i} + k_{12i}) / 2 \quad (1.3)$$

$$K_0 = 19$$

де  $k_{ji} = |f_i(a_j)|$ .

Демонтувати будь яку деталь вузла проміжної опори можна за умови порушення визначеної кількості взаємних контактів залежно від рівня (ступеня) доступу до неї. Відповідно до кожного рівня доступу, після зняття зазначених на цьому рівні деталей, формули (1), (2) і (3) будуть мати наступний вигляд:

$$A_1 = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_9, a_{10}, a_{11}\}$$

$$R_1 = \{f_1(a_1), f_1(a_2), f_1(a_3), f_1(a_4), f_1(a_5), f_1(a_6), f_1(a_7), f_1(a_9), f_1(a_{10}), f_1(a_{11})\}$$

де  $f_1(a_1) = \{a_2, a_3, a_4\};$

$$f_1(a_2) = \{a_1, a_5, a_6\};$$

$$f_1(a_3) = \{a_1, a_4, a_5, a_6\};$$

$$f_1(a_4) = \{a_1, a_3\};$$

$$f_1(a_5) = \{a_2, a_3, a_6, a_7, a_9, a_{10}, a_{11}\};$$

$$f_1(a_6)=\{a_2, a_3, a_5, a_7\};$$

$$f_1(a_7)=\{a_5, a_6\};$$

$$f_1(a_9)=\{a_5\};$$

$$f_1(a_{10})=\{a_5, a_{11}\};$$

$$f_1(a_{11})=\{a_5, a_{10}\};$$

$$K_1=15$$

$$A_2 = \{ a_1, a_2, a_3, a_5, a_6, a_7, a_{10} \}$$

$$R_2 = \{ f_2(a_1), f_2(a_2), f_2(a_3), f_2(a_5), f_2(a_6), f_2(a_7), f_2(a_{10}) \}$$

де  $f_2(a_1)=\{a_2, a_3\};$

$$f_2(a_2)=\{a_1, a_5, a_6\};$$

$$f_2(a_3)=\{a_1, a_5, a_6\};$$

$$f_2(a_5)=\{a_2, a_3, a_6, a_7, a_{10}\};$$

$$f_2(a_6)=\{a_2, a_3, a_5, a_7\};$$

$$f_2(a_7)=\{a_5, a_6\};$$

$$f_2(a_{10})=\{a_5\};$$

$$K_2=10$$

$$A_3 = \{ a_1, a_2, a_5, a_6, a_7, \}$$

$$R_3 = \{ f_3(a_1), f_3(a_2), f_3(a_5), f_3(a_6), f_3(a_7) \}$$

де  $f_3(a_1)=\{a_2\};$

$$f_3(a_2)=\{a_1, a_5, a_6\};$$

$$f_3(a_5)=\{a_2, a_6, a_7, a_{10}\};$$

$$f_3(a_6)=\{a_2, a_5, a_7\};$$

$$f_3(a_7)=\{a_5, a_6\};$$

$$K_3=6$$

$$A_4 = \{ a_2, a_5, a_6, a_7, \}$$

$$R_4 = \{ f_4(a_2), f_4(a_5), f_4(a_6), f_4(a_7) \},$$

де  $f_4(a_2)=\{a_5, a_6\};$

$$f_4(a_5)=\{a_2, a_6, a_7\};$$

$$f_4(a_6)=\{a_2, a_5, a_7\};$$

$$f_4(a_7) = \{a_5, a_6\};$$

$$K_4 = 5$$

$$A_5 = \{a_5, a_6\}$$

$$R_5 = \{f_4(a_5), f_4(a_6)\},$$

де  $f_5(a_5) = \{a_6\};$

$$f_5(a_6) = \{a_5\};$$

$$K_5 = 1$$

$$A_6 = \{a_5, a_6\};$$

$$R_6 = \emptyset;$$

(1.4)

$$K_6 = 0$$

Отже, на шостому рівні доступу будемо мати дві демонтовані деталі і порожню множину зв'язків.

Для нульового етапу процесу складання, коли всі деталі є в наявності, але контакти між ними відсутні, стан вузла можна відобразити у наступному вигляді, скориставшись формулами (1.1), (1.2) та (1.3):

$$A_{0c} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}, a_{11}, a_{12}\};$$

$$R_{0c} = \emptyset;$$

$$K_{0c} = 0.$$

З точки зору рівнів доступу і можливого паралельного виконання операцій на першому рівні складання можна буде реалізувати наступні варіанти:

$$v_1 - A_{1c} = \{a_5, a_2, a_6\};$$

$$f_{1c}(a_5) = \{a_2, a_6\};$$

$$f_{1c}(a_6) = \{a_2, a_5\};$$

$$f_{1c}(a_2) = \{a_5, a_6\};$$

$$K_{1c} = 3$$

$$v_2 - A_{1c} = \{a_5, a_3, a_6\};$$

$$f_{1c}(a_5) = \{a_3, a_6\};$$

$$f_{1c}(a_6) = \{a_3, a_5\};$$

$$f_{1c}(a_2) = \{a_5, a_6\};$$

$$K_{1c} = 3$$

$$v_3 - A_{1c} = \{a_5, a_6, a_9\};$$

$$f_{1c}(a_5) = \{a_6, a_9\};$$

$$f_{1c}(a_6) = \{a_5\};$$

$$f_{1c}(a_9) = \{a_5\};$$

$$K_{1c} = 2$$

$$v_4 - A_{1c} = \{a_5, a_2, a_9, \};$$

$$f_{1c}(a_5) = \{a_2, a_9\};$$

$$f_{1c}(a_2) = \{a_5\};$$

$$f_{1c}(a_9) = \{a_5\};$$

$$K_{1c} = 2$$

$$v_5 - A_{1c} = \{a_5, a_3, a_9\};$$

$$f_{1c}(a_5) = \{a_3, a_9\};$$

$$f_{1c}(a_3) = \{a_5\};$$

$$f_{1c}(a_9) = \{a_5\};$$

$$K_{1c} = 2$$

Якщо розглядати можливі варіанти поштучного послідовного монтажу деталей, то отримаємо такі варіанти станів на першому рівні складання:

$$v_1 - A_{1c} = \{a_5, a_2\};$$

$$v_2 - A_{1c} = \{a_5, a_3\};$$

$$v_3 - A_{1c} = \{a_5, a_6\};$$

$$v_4 - A_{1c} = \{a_5, a_9\}.$$

У всіх чотирьох варіантах кількість контактів буде  $K_{1c} = 2$ .

Аналізуючи будову даного вузла ми визначили, що на першому рівні доступу знаходяться дві деталі ( $a_8, a_{12}$ ), на другому – три ( $a_4, a_9, a_{11}$ ), на третьому – дві ( $a_3, a_{10}$ ), на четвертому – одна ( $a_1$ ), на п'ятому – дві ( $a_2, a_7$ ) і на

шостому також дві ( $a_5, a_6$ ). В даному випадку найбільшу кількість контактів з іншими деталями, як базова деталь, мав вал  $a_5$  ( $K=19$ ).

В таблиці 1 наведено дані про можливі порядкові номери операцій демонтажу всіх деталей вузла проміжної опори.

Отже на трьох порядкових позиціях можуть бути операції демонтажу корпусу 1 ( $o1$ ) та втулки 6 ( $o6$ ), а найбільше 9 порядкових позицій може мати операція демонтажу шпонки 9 ( $o9$ ). Жодних обмежень не будуть мати лише операції демонтажу шківів 8 ( $o8$ ) та болта 12 ( $o12$ ), які знаходяться на першому рівні доступу.

Таблиця – 1.1 Варіанти послідовності виконання операцій розбирання вузла проміжної опори з відображенням конструктивних обмежень

Операція	Обраний порядковий номер операції демонтажу деталі										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$o1$						$o1_{4,10}$	$o1_{4,10}$	$o1_{4,10}$			
$o2$							$o2_1$	$o2_1$	$o2_1$	$o2_1$	$o2_1$
$o3$			$o3_4$	$o3_4$	$o3_4$	$o3_4$	$o3_4$	$o3_4$	$o3_4$	$o3_4$	$o3_4$
$o4$		$o4_8$	$o4_8$	$o4_8$	$o4_8$	$o4_8$					
$o6$									$o6_{7,2-3}$	$o6_{7,2-3}$	$o6_{7,2-3}$
$o7$							$o7_1$	$o7_1$	$o7_1$	$o7_1$	
$o8$	$o8$	$o8$	$o8$	$o8$							
$o9$		$o9_8$	$o9_8$	$o9_8$	$o9_8$	$o9_8$	$o9_8$	$o9_8$	$o9_8$	$o9_8$	$o9_8$
$o10$			$o10_{11}$	$o10_{11}$	$o10_{11}$	$o10_{11}$	$o10_{11}$				
$o11$		$o11_{12}$	$o11_{12}$	$o11_{12}$	$o11_{12}$	$o11_{12}$					
$o12$	$o12$	$o12$	$o12$	$o12$	$o12$						



В даній таблиці 1.1 відсутня операція  $o_5$  демонтажу валу так як вона постійно матиме порядковий номер 11, аналогічно до номера операції під час якої від валу  $a5$  від'єднується остання деталь, а саме  $a2$ ,  $a3$ ,  $a6$ , або  $a9$ .

Для кожного варіанту перестановки (послідовності) виконання операцій будуть накладатися відповідні обмеження зазначені в таблиці 1.1. Для прикладу, запис  $o1_{4,10}$  означає, що перед виконанням операції  $o1$  потрібно демонтувати деталі  $a4$  та  $a10$ , а запис  $ob_{7,2-3}$  означає, що перед демонтажем деталі  $a6$  потрібно демонтувати деталь  $a7$  та одну з деталей  $a2$  або  $a3$ . Зокрема, операція демонтажу втулки  $ob_{7,2-3}$ , може мати порядковий номер 9 лише у випадку якщо після неї стоятиме операція  $o_9$ .

Розглядаючи можливі варіанти послідовності виконання операцій демонтажу деталей ми склали матрицю з відображенням конструктивних обмежень і за допомогою методу побудови графів визначили, що даний об'єкт техніки можна складати і розбирати за 1455 варіантами перестановок послідовностей виконання операцій.

Маючи визначену кількість варіантів послідовності виконання операцій розбирання можемо визначити тривалість циклу розбирання для кожного варіанту з наступного виразу:

$$T = \sum_{j=1}^k T_j \quad (1.5)$$

де  $k$  – кількість операцій демонтажу деталей;

$T_j$  – тривалість відповідної операції демонтажу.

Тривалість операцій демонтажу однієї деталі буде визначатись з виразу:

$$T_j = \sum_{i=1}^n t_{ji} \quad (1.6)$$

де  $n$  – кількість видів диференційованих елементарних операцій в процесі виконання операцій демонтажу даної деталі

Кількість і зміст елементарних допоміжних складових залежить від того яка операція виконувалась попередньо і яка буде виконуватись наступною. Диференціювавши операції демонтажу деталі на окремі елементарні складові операції, загальну тривалість операції демонтажу можна записати у наступному вигляді [20, 21]:

$$T_j = t_{teh} + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12}, \quad (1.7)$$

де відповідно час:

$t_{teh}$  – прямої контактної дії на деталь, що триває до моменту розриву її контакту з іншими деталями складальної одиниці;

$t_1$  – прийняття оператором рішення стосовно виконання наступних дій;

$t_2$  – тривалість зміни позиції оператора для виконання наступної дії;

$t_3$  – захоплення технічних засобів, інструментів;

$t_4$  – готування і налагоджування технічних засобів;

$t_5$  – зміни позиції оператора разом з технічними засобами для транспортування їх до об'єкту дії;

$t_6$  – зміни положення об'єкта ді над яким виконуються дії;

$t_7$  – транспортування технічних засобів до деталі що буде захоплюватися;

$t_8$  – взаємного орієнтування технічних засобів і деталі для її захоплення;

$t_9$  – виконання технологічної операції демонтажу деталі (розриву контакту з іншою деталлю);

$t_{10}$  – зміни позиції оператора з технічними засобами (інструментом) і демонтованою деталлю;

$t_{11}$  – транспортування демонтованої деталі для її монтажу на проміжну (тимчасову) позицію;

$t_{12}$  – транспортування технічних засобів (інструментів) для їх монтажу на тимчасову (проміжну) позицію або місце подальшого зберігання.

Таким чином основною метою оптимізації процесів розбирання і/або складання машин за критерієм мінімізації тривалості технологічного процесу

може бути зменшення кількості елементарних та допоміжних операцій, а також при цьому скорочення тривалості їх виконання. Такого результату можна буде досягнути шляхом впорядкування послідовності виконання і змісту операцій розбирання машин також їх складання.

На підставі результатів досліджень які були виконані можна стверджувати, що розробляючи структуру технологічних процесів розбирання машин та подальшого їх складання потрібно брати до уваги особливості конструкції об'єкта розбирання або складання, а особливо рівень доступності до деталей після попередньо виконаних операцій. При цьому особливу увагу потрібно звертати на можливі варіанти послідовності виконання операцій з метою досягнення мінімізації їх тривалості. Зважаючи на конкретний технічний стан об'єкта розбирання і особливості його конструкції можна буде не виконувати зайві елементарні операції або скоротити час їх виконання.

#### Висновки до розділу 1

З метою оптимізації процесу розбирання об'єктів ремонту за критерієм мінімізації тривалості виконання операцій потрібно розглядати всі варіанти можливої послідовності виконання операцій на підставі рівнів доступності до деталей. За умови різного технічного стану об'єкту ремонту такий аналіз дасть змогу уникнути виконання зайвих операцій і правильно підібрати потрібні інструменти і технологічне оснащення.

## 2. ВПЛИВ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ РЕМОНТУ НА ПОТРЕБУ ЇХ ОРІЄНТУВАННЯ В ПРОСТОРІ ПІД ЧАС РОЗБИРАННЯ

В попередньому розділі роботи розглянуто варіанти розбирання дуже простого вузла який налічує лише 12 деталей і ми могли побачити як багато може бути варіантів структури процесу його розбирання. Ми також не концентрували уваги на габаритних розмірах об'єктів ремонту та на їх вазі. Звичайно, якщо об'єкт ремонту має незначну вагу то оператор може легко його обертати, ставлячи в потрібне зручне положення. При цьому операторові не потрібно змінювати позицію свого знаходження якщо всі інструменти і технологічне оснащення розміщене в зоні досяжності його рук.

Якщо розглядати процеси розбирання більш складних об'єктів ремонту то кількість деталей може становити декілька десятків або навіть сотень. При цьому їх вага також може такою, що оператор без додаткового технологічного оснащення не зможе їх орієнтувати в просторі у зручне положення для виконання наступної операції. Крім того значні габарити можуть не дати можливості виконувати операції в межах досяжності рук оператора з однієї зайнятої ним позиції.

Якщо розглядати потребу в ремонті різних складальних одиниць, механізмів, вузлів та агрегатів самохідної техніки то найбільшої уваги заслуговують двигуни. Це пояснюється тим, що від їхнього технічного стану найбільше залежить ефективність використання автомобілів, тракторів, самохідних комбайнів, будівельних машин та іншої спеціальної самохідної техніки. Крім того двигуни є найбільш складними агрегатами і, як правило, мають найбільшу вагу.

2.1 Загальні відомості про двигуни які мають значну частку використання в техніці агропромислового комплексу

Оцінюючи зовнішній вигляд двигунів можна побачити чисельність різних елементів, що на них змонтовані уявити які інструменти потрібно буде використовувати для їх демонтажу і в якому зручному положенні двигуна.

На рисунках 2.1 – 2.6 показано загальний вид двигунів ЯМЗ-238, СМД-62 та VOLVO D13K540 [33,34]. Їх різноманітні модифікації мають найбільше застосування, на даний час, в техніці агропромислового виробництва та в іншій спеціальній техніці, що використовується у різних галузях.

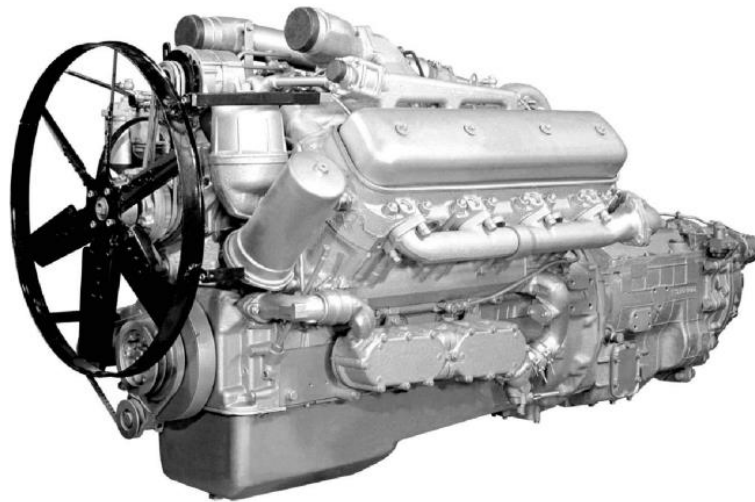


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд двигуна ЯМЗ-238 (вид спереду і зліва)

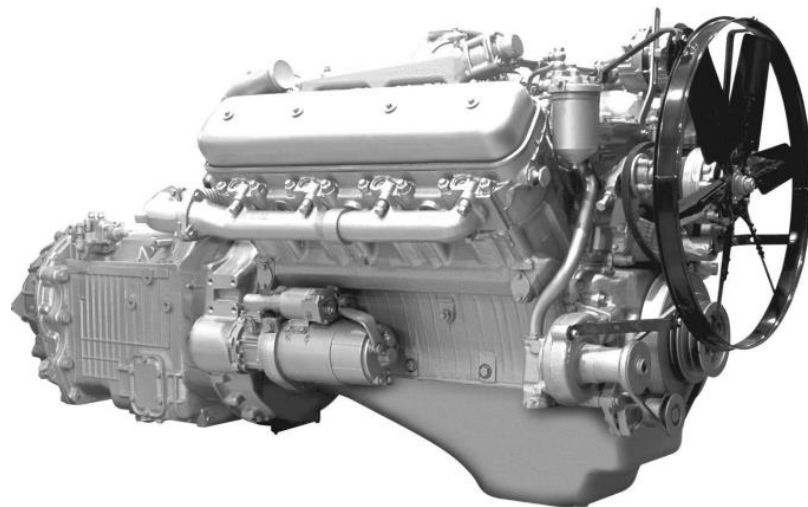


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд двигуна ЯМЗ-238 (вид спереду і справа)

Слід відзначити, що різні модифікації двигунів ЯМЗ-238 встановлювались на автомобілі КрАЗ, МАЗ, трактори Т-150К, спеціальну дорожню-будівельну та на стаціонарні енергетичні установки [17]. В тому числі в значній кількості дані двигуни знайшли використання у військовій техніці.

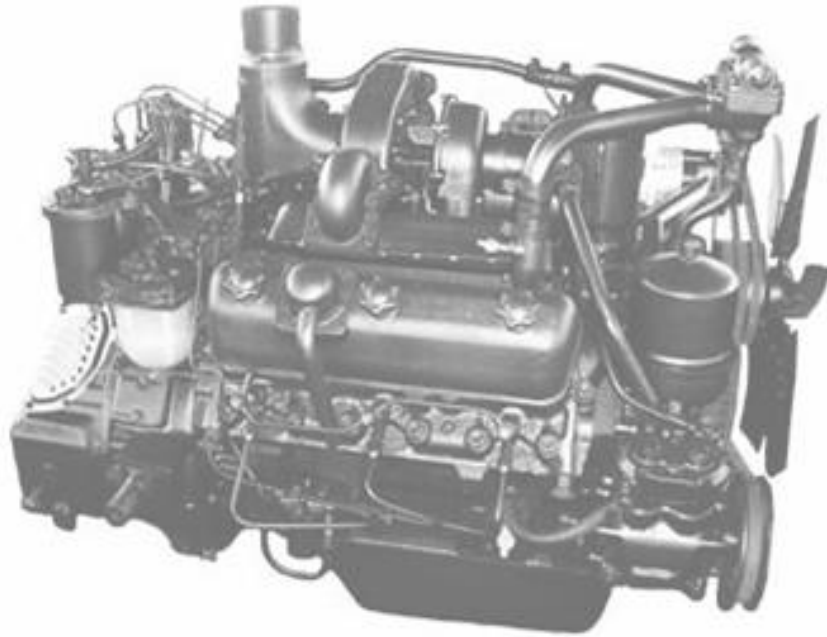


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд двигуна СМД-62 (вид спереду і справа)



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд двигуна СМД-62 (вид ззаду і зліва)

Так як більшість техніки використовується значно довше амортизаційного терміну то таких двигунів є ще достатня кількість щоб звертати на них увагу.

Розглядаючи рисунки 2.1 – 2.4 можна побачити з загального вигляду, що дані агрегати мають досить багато вузлів і різноманітних елементів які потрібно буде демонтувати під час їх розбирання.

Наприклад якщо провести аналіз конструкції двигуна ЯМЗ - 238 і його модифікацій то можна побачити, що залежно від моделі номенклатура найменувань деталей двигуна за назвою становить 1532 – 1614 позицій.

Чисельність різьбових деталей двигуна становить, залежно від модифікації, 1788 – 1966 одиниць. Ця чисельність включає стандартні болти, гайки, шпильки а також спеціальні кріпильні різьбові деталі та різні пробки і заглушки.

Функціонування дієвої системи технічного сервісу техніки фірми VOLVO широкий номенклатурний ряд її техніки сприяють постійному збільшенню її використання в Україні.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд двигуна VOLVO D13K540 (вид спереду і зліва)



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд двигуна VOLVO D13K540 (вид спереду і справа)

Звичайно, що розміщення різьбових деталей у всіх моделей двигунів знаходиться в різних площинах що мають своє орієнтування у просторі. (наприклад стосовно якоїсь вибраної за базову).

2.2 Оптимізація процесів розбирання двигунів шляхом зміни їх положення в просторі

Якщо умовно спрощено розглянути об'єкт розбирання у вигляді паралелепіпеда і припустити, що інструмент до різьбових деталей може переміщуватися перпендикулярно лише до однієї його грані, наприклад ЕМКФ (рисунок 2.7), то його потрібно буде обертати як мінімум п'ять раз щоб виконати демонтаж деталей з усіх боків.



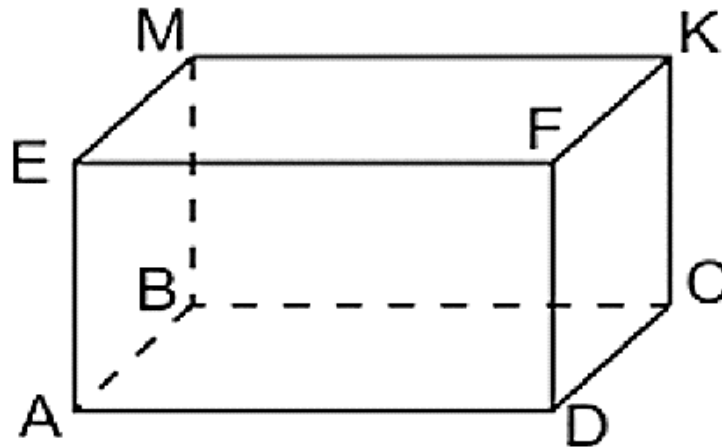


Рисунок 2.7 – Умовне зображення об'єкта ремонту у вигляді паралелепіпеда

І це лише у тому випадку якщо за одну установку можна буде демонтувати всі елементи змінюючи лише інструменти. Але враховуючи різні рівні доступності до елементів конструкції кількість обертань (зміни положення двигуна у просторі) буде значно більшою. Крім того буде мати значення організаційно-технологічна схема, а саме чи буде в одній позиції об'єкта ремонту змінюватися інструмент, чи при використанні одного інструменту буде змінюватися положення двигуна.

Для зручності подальшого розгляду процесу зміни положення двигуна в просторі зробимо наступні позначення граней паралелепіпеда зображеного на рисунку 2.7:

- грань паралелепіпеда EMKF, що розташована в горизонтальному положенні, позначимо як П1, в даному випадку вона відображає доступ до двигуна зверху, тобто зі сторони головки блока;

- грань паралелепіпеда ABCD, що розташована в горизонтальному положенні, позначимо як П2, в даному випадку вона відображає доступ до двигуна знизу, тобто зі сторони піддона картера;

- грань паралелепіпеда AEFD, що розташована у вертикальному положенні, позначимо як П3, в даному випадку вона відображає доступ до двигуна з лівого боку;

- грань паралелепіпеда ВСКМ, що розташована у вертикальному положенні, позначимо як П4, в даному випадку вона відображає доступ до двигуна з правого боку;

- грань паралелепіпеда СДФК, що розташована у вертикальному положенні, позначимо як П5, в даному випадку вона відображає доступ до двигуна з боку маховика;

- грань паралелепіпеда АВМЕ, що розташована у вертикальному положенні, позначимо як П6, в даному випадку вона відображає доступ до двигуна з боку передньої кришки (приводу газорозподільчого механізму;

Якщо взяти до уваги, що орієнтування в процесі розбирання двигуна потрібно буде змінювати багато разів, щоб оператор не змінював позиції свого знаходження на робочому місці і не змінював інструмент поки не будуть демонтовані деталі одного типорозміру, то максимальну можливість послідовностей зміни положення двигуна можна визначити з виразу.

Якщо припустити, що на положення двигуна і послідовність зміни його позицій немає жодних обмежень то кількість можливих варіантів з різною послідовністю зміни положень можна визначати з наступного виразу:

$$Q = n!, \quad (2.1)$$

де  $n$  – кількість можливих положень двигуна, які можна отримати при його повороті на кут з кроком кратним 90 градусів довкола вертикальної осі, що проходить через грані П1 і П2 і довкола двох горизонтальних осей які проходять відповідно через грані П3 і П4 та грані П5 і П6.

Прийнявши до уваги, що в нашому  $n = 6$  отримаємо:

$$Q = 6! = 720$$

Отже якщо в різній послідовності змінювати положення двигуна, наприклад щоб кожна його умовна грань ставала у верхнє горизонтальне положення, ми отримаємо 720 варіантів структурної схеми процесу.

Кількість варіантів послідовності зміни положення двигуна можна відобразити у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. – Варіанти послідовності зміни положення двигуна в процесі розбирання

Номер варіанту $q_i$	Послідовність зміни положення двигуна					
	1	2	3	4	5	6
1	П1	П2	П3	П4	П5	П6
2	П3	П1	П4	П5	П6	П2
3	П4	П2	П1	П3	П5	П6
...	...	...	...	...	...	...
718	П6	П5	П2	П3	П4	П1
719	П5	П6	П2	П3	П1	П4
720	П2	П4	П6	П3	П1	П5

Аналізуючи таблицю 2.1 слід відзначити, що реалізувати таку кількість варіантів послідовностей можна лише за умови відсутності обмежень на можливість обертання двигуна довкола всіх трьох осей.

Тобто такий процес можна реалізувати, наприклад обертаючи двигун на верстаку або стелажі за допомогою тельфера, консольного крана, кран балки або інших аналогічних засобів.

Тому розглянемо відомі технічні засоби та їх технологічні можливості.

На рисунку 2.8 показано найпростіше оснащення для ремонту двигунів яке дає можливість обертати його вручну довкола осі, що проходить через П3-П4.

Для даного стенду кількість можливих варіантів послідовностей може становити:

$$Q = 4! = 24$$

На рисунку 2.8 показано загальний вигляд оснащення для кріплення двигуна з V – подібним розміщенням циліндрів зі сторони маховика. Дане оснащення дає можливість закріпити двигун і обертати його довкола осі, що проходить через П5-П6.



Рисунок 2.8 – Оснащення для закріплення і обертання рядного двигуна під час ремонту.



Рисунок 2.9 – Загальний вигляд оснащення для кріплення двигуна зі сторони маховика

На рисунках 2.10 та 2.11 показано сучасний стенд WW – HV – 2500E для монтажу і обертання важких габаритних агрегатів, зокрема двигунів [35].

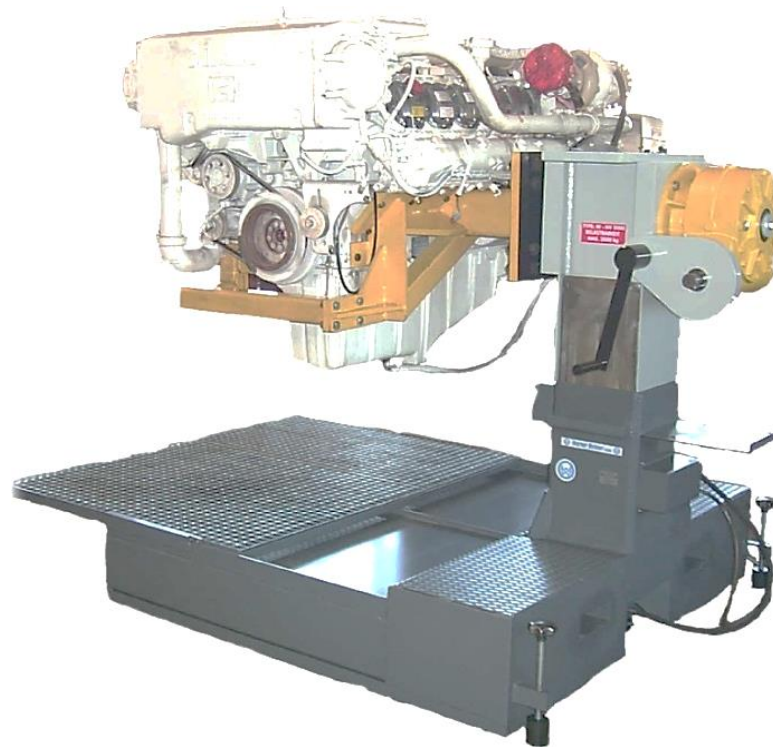


Рисунок 2.10 – Загальний вигляд станда WW – HV – 2500Е з закріпленим в горизонтальному положенні двигуном

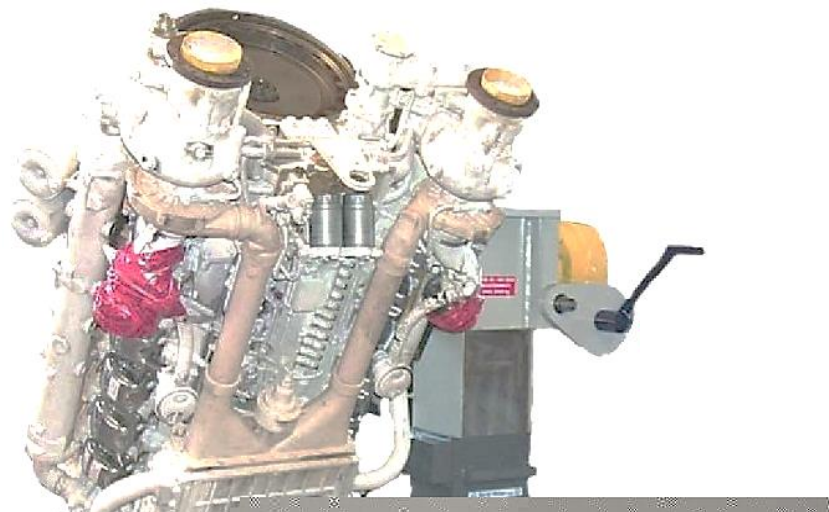


Рисунок 2.11 – Загальний вигляд станда WW – HV – 2500Е з закріпленим в положенні під кутом двигуном

## Висновки до розділу 2

Аналіз зовнішнього вигляду сучасних вказує на те, що у всіх моделей є різні їх складові змонтовані з кожного боку двигуна. Кількість таких елементів є різною і вони різні за конструкцією, геометрією та способом кріплення.

Очевидно, що послідовність їх демонтажу буде різною, залежно від рівнів доступності. Тому для кожної моделі об'єкту ремонту потрібно переглянути і впорядкувати послідовність і зміст виконання операцій та підібрати технологічне оснащення, що забезпечить максимальну ефективність.

### 3. КОРОТКИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ РОЗБИРАННЯ РІЗЬБОВИХ КРІПІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ

Сьогодні випускається досить велика номенклатура різноманітних інструментів для розбирання різьбових з'єднань. Набори комбінованих гайкових ключів (рисунок 3.1), набори головок (рисунок 3.2)



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд набору комбінованих гайкових ключів

Параметри за якими доцільно порівнювати гайкові комбіновані ключі можна поділити на наступні групи: естетичні; вагові; геометричні; експлуатаційні. Естетичні параметри характеризують зовнішній вигляд, відсутність гострих кромek в зоні захоплення рукою, стійкість до корозії під дією зовнішніх факторів, довершеність форми. Вагові параметри в значній мірі є відносними так як можна припустити, що чим довший важіль ключа і

чим він масивніший тим він міцніший, а отже ним можна передати більший момент.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд набору головок

### 3.1 Характеристика параметрів комбінованих гайкових ключів

Для порівняльного аналізу вагових параметрів пропонується такий показник як вага одного міліметра довжини ключа, який можна також назвати питомою вагою одиниці довжини ключа, що визначається з виразу:

$$p = P / L_2 \quad (3.1)$$

де  $P$  – вага ключа, гр.;

$L_2$  – габаритна довжина ключа, мм

Даний показник особливо має значення для ключів великого розміру так як впливає на втомлюваність оператора.

Геометричні параметри можна розглянути користуючись рисунком 3.3.



Експлуатаційні показники можна розділити на три основні групи: 1- ефективності використання в умовах обмеженого доступу до різьбового з'єднання; 2 - передачі максимально можливого моменту кручення; 3 - витривалість стосовно номінальної кількості циклів навантажень.

Під час встановлення відкритого зіву ключа на грані різьбової деталі (болт або гайку) як правило виникає зазор, що спричиняє кут вільного ходу  $\gamma_z$  важеля відкритого зіву (рисунок 3.4). Під дією прикладеної до важеля ключа сили, важіль деформується і відхиляється на певний кут  $\gamma_\theta$ . Таким чином кільцева частина ключа може відхилитися в обидва боки на сумарний кут  $\gamma$ , який визначаємо з виразу [12]:

$$\gamma = \gamma_z + \gamma_\theta, \text{ град} \quad (3.2)$$

Кут  $\gamma_z$  залежить від різниці ширини зіву ключа і ширини граней різьбової деталі та від ступеня спрацювання або деформації губок зіву. Кут  $\gamma_\theta$  залежить від моменту кручення, що передається, геометрії поперечного січення важеля та механічних властивостей матеріалу. Аналогічно визначається сумарний кут для кільцевого ключа.

В умовах обмеженого доступу варто приймати до уваги кут нахилу важеля кільцевого ключа  $\varphi_k$  який визначає мінімальну міжцентрову віддаль між суміжними різьбовими з'єднаннями. Параметри  $H$  та  $h$  відповідно вказують на можливість обходження перешкоди зверху та знизу важеля (рис.3.3а)

Позначення на рисунку 3.3 мають наступний зміст [12]:  $L_T$  – габаритна довжина, мм;  $b_k$  – товщина кільця, мм;  $b_z$  – товщина губок зіву, мм;  $R_k$  – мінімальний радіус робочої зони важеля кільця, мм;  $h$  – максимальна висота перешкоди для обертання важеля кільця, мм;  $H$  – мінімальна висота верхнього обмеження для обертання важеля кільця, мм;  $\varphi_k$  – кут нахилу осі важеля ключа відносно площини обертання кільця, град;  $D_k$  – зовнішній діаметр кільця, мм;  $d_k$  – внутрішній діаметр кільця, мм;  $t$  – глибина зіву, мм;  $S$  – ширина зіву, мм;  $\alpha_z$  – кут відхилення осі зіву відносно осі важеля, град;  $R_z$  – мінімальний радіус

робочої зони важеля відкритого зіву, мм;  $B$  – максимальна ширина зовнішньої сторони ключа з відкритим зівом, мм.

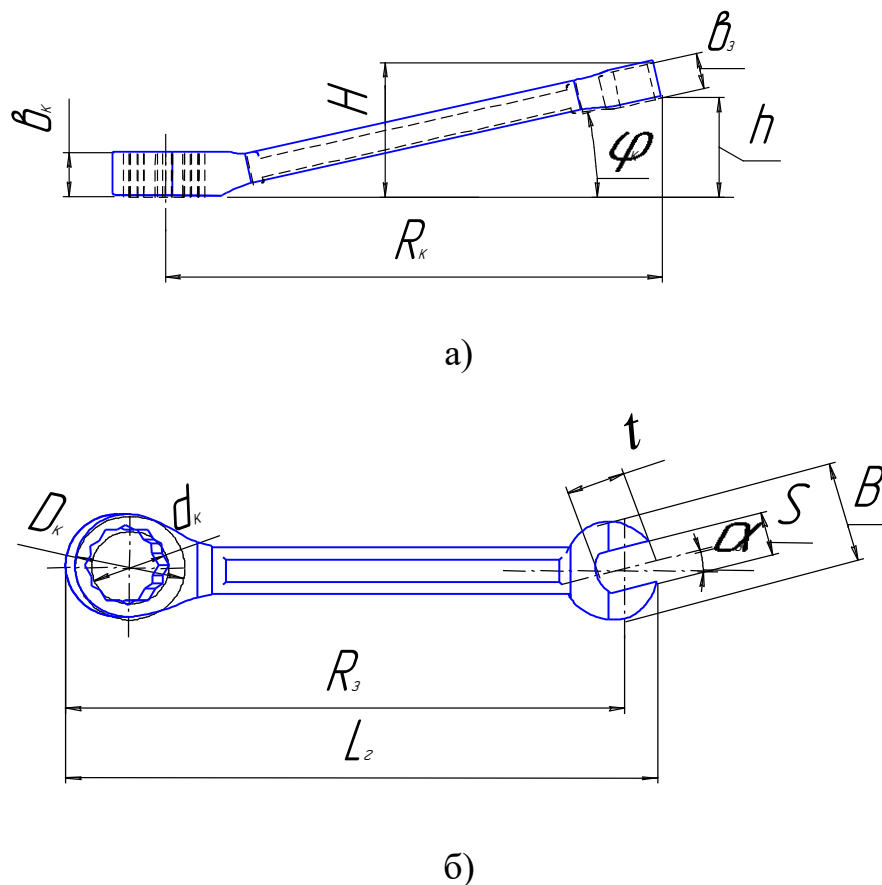


Рисунок 3.3 – Основні геометричні параметри комбінованого ключа

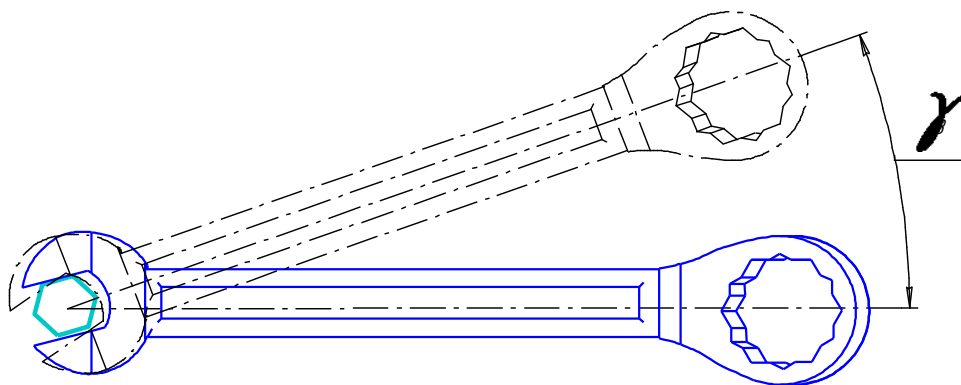


Рисунок 3.4 – Схема визначення кута вільного ходу важеля відкритого зіву

Зазначені параметри комбінованих ключів різних виробників можуть відрізнятися. Також ключі можуть мати різну довжину важеля, а саме

нормальну зменшену або збільшену. Форма важеля може бу зігнутою в різних площинах і на різний кут.

Потреба використання різних ключів мотивується різним ступенем доступу до кріпильних різьбових деталей.

Деякі конструктивні схеми розміщення різьбових з'єднань з обмеженим доступом показано на рисунку 3.5.

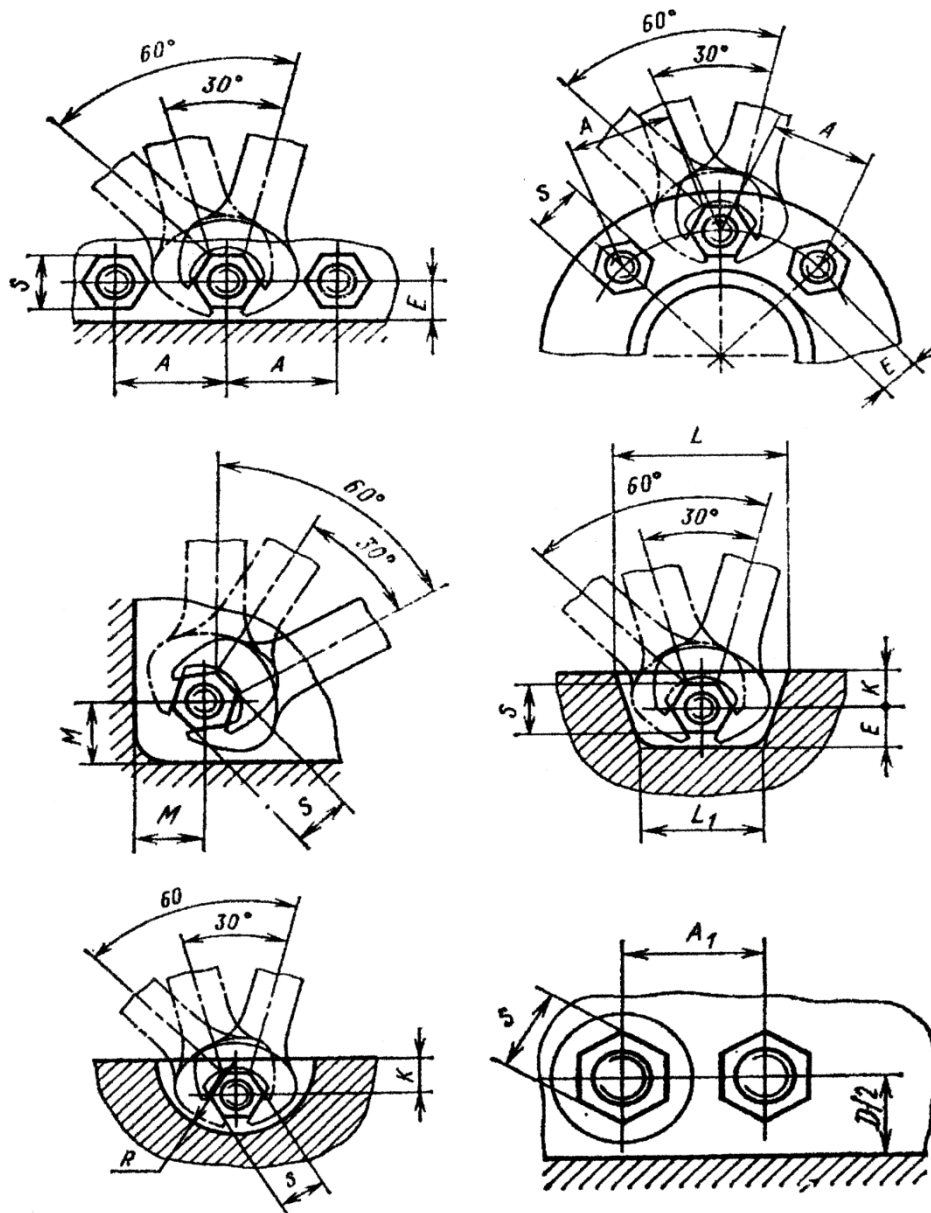


Рисунок 3.5 – Деякі конструктивні схеми розміщення різьбових з'єднань з обмеженим доступом

Аналізуючи рисунок 3.5 можна припустити, що для розбирання даних з'єднань доцільніше використовувати головки або торцеві ключі, якщо немає обмежень показаних на рисунку 3.6.

Таким чином можна пояснити чому промислово освоєне виробництво такої широкої номенклатури різноманітних інструментів і пристроїв для розбирання і складання різних об'єктів техніки, а саме складальних одиниць, механізмів, вузлів та агрегатів машин.

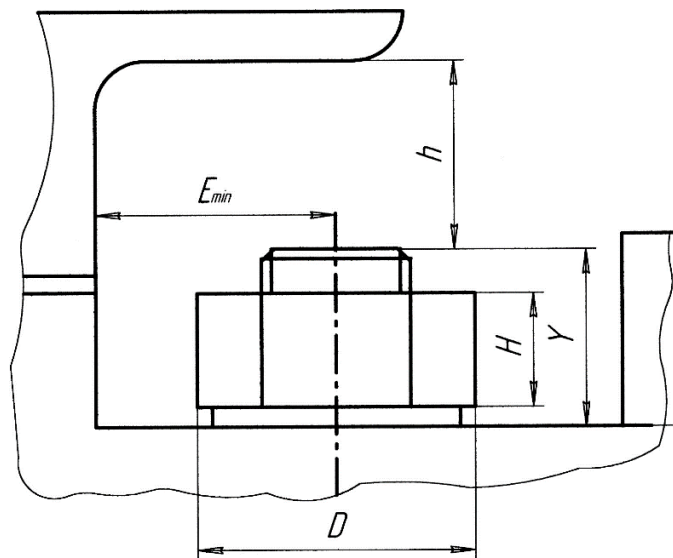


Рисунок 3.6 – Схема для вибору головок, торцевих і кільцевих ключів на підставі показників обмежень

Навіть така ситуація не завжди задовольняє ремонтне виробництво і виникає потреба у розробці спеціального технологічного оснащення для проведення операцій розбирання і складання.

### 3.2 Спеціальне технологічне обладнання для операцій розбирання складання різьбових з'єднань

Для вирішення відмічених задач кафедрою експлуатації та технічного сервісу ім. проф. О. Д. Семковича ЛНУП протягом тривалого періоду проводяться наукові дослідження з метою розробки спеціального

технологічного обладнання, яке сприятиме оптимізації процесів розбирання та складання машин під час проведення ремонтних робіт.

Зокрема, розроблено конструкцію ключа з касетою який показаний на рисунку 3.7.

Ключ з касетою (рисунок 3.7) складається з ключа, який виготовлений у формі шестигранної труби. У верхній частині цієї труби розміщена циліндрична проточка, а в нижній частині зовнішня поверхня проточена циліндрична на довжину 120 мм. На зовнішню циліндричну поверхню ключа надіта шайба 2, на яку діє тиск від пружини 3. Протилежний кінець пружини 3 тисне на торець муфти 4, в якій розташований гвинт 5, що вкручений у ключ 1. Щоб зафіксувати муфту 4 у нейтральному положенні при відкручуванні гайок, на гвинт 5 в муфті 4 встановлюється штопор 6. Три обмежувачі 7 та три утримувачі 8 закріплені за допомогою гвинтів у канавках ключа. У радіальних отворах нижньої частини ключа 1 розташовані кульки-фіксатори 9, які утримуються сухариками 10, натискним пружним кільцем 11.

У верхній виточці ключа 1 розташований тримач пружини 12, що включає циліндричну пружину 13 і три плоскі пружини 14 з фіксаторами 15. Циліндрична пружина 13 і плоскі пружини 14 закріплені в тримачі пружин 12 за допомогою кришки 16. Щоб зафіксувати циліндричну пружину 13 під час відкручування гайок, її закріплюють у відтягнутому положенні за допомогою штифта 17.

На зовнішній поверхні ключа 1 розміщене храпове колесо двох-плечового важеля 18.

Двоплечий важіль складається з двох пластин 1, в центральних отворах яких розміщені бронзові втулки 2, а між ними розташоване храпове колесо 3. У крайніх отворах пластин 1 розміщені гвинти 4, що вкручені в різьбові втулки 5, розташовані в отворах ручок 6 та 7. В гнізді ручки 6 розташована пружина 8, в яку з протилежного кінця вмонтований хвостовик вилки 9. За допомогою спеціального гвинта 10 із шайбою 11, гайкою 12 та перемикачем 13, вилка

з'єднана з храповиком 14. Храповик 14 встановлений розміщений на втулці 15, яка кріпиться шпилькою 16 між пластинами 1. Між храповиком 14 і пластинами 1 встановлені антифрикційні шайби 17.

Обладнання функціонує за такою схемою: перед відкручуванням гайок оператор відтягує пружини 14 і знімає кришку 16, витягуючи з ключа 1 пружину 13, поки вільний кінець не вийде за межі отворів під штифт 17. Після цього вставляють штифт 17 в отвори ключа 1 і повертають кришку 16 на місце. Далі відтягують муфту 4 в середнє положення і вставляють штопор 6 в паз на гвинт 5. Тепер ключ з касетою готовий до відкручування гайок. Оператор встановлює ключ на гайку і переміщає його по осі. У зручному положенні використовується двоплечий важіль 18. Після цього перемикається перемикач 13 в потрібне положення. Під час обертання двох-плечового важеля храповик 14 впирається в шип храпового колеса 3, яке обертається разом із ключем-касетою до моменту зручного положення для оператора або до зіткнення двох-плечового важеля з перешкодою. У випадку обертання двох-плечового важеля в протилежному напрямку храповик ковзає по торцю шипа храпового колеса і, стискаючи пружину 8 через вилку 9, переходить в наступний паз храпового колеса. Цей процес повторюється, поки двоплечий важіль повністю не відкрутить гайку, і потім ключ переставляється на іншу гайку. Кульками-фіксаторами 9, запобігає випаданню гайки.

Для закручування гайок спочатку піднімають ключ муфтою вгору і витягують штопор 6 з паза муфти 4, а потім виштовхують штифт 17. Під дією циліндричної пружини 13, яка взаємодіє ближче до неї гайкою, всі гайки підтискаються до упору в обмежувачі 7.

Підготовка ключа з касетою до закручування гайок включає наступні кроки. Ключ 1 піднімають муфтою 4 вгору і виймають штопор 6 з паза муфти 4. За допомогою пружини 3 муфта 4 переходить в крайнє нижнє положення, увівши в ключ обмежувачі 7 і повністю вивільнивши утримувачі 8. Потім

виштовхують штифт 17 з отворів ключа. Після витягання штифта пружина 13 переміщає всі гайки до опору в першому обмежувачі 7.

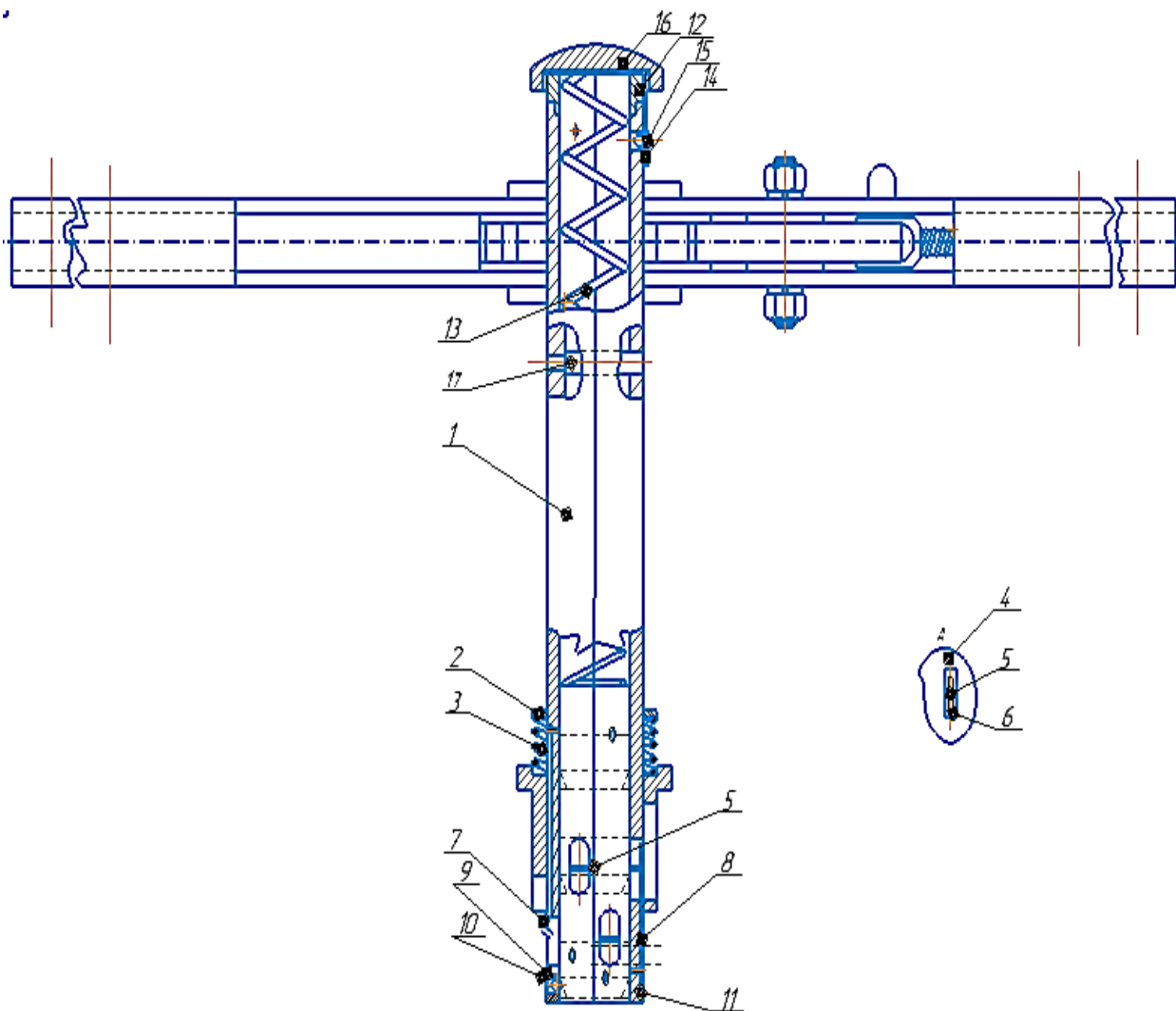


Рисунок 3.7 – Ключ з касетою для механічного накопичування гайок під відкручування і подачі під час закручування

Оператор рухає муфту 4 від торця ключа, щоб подати першу гайку у вихідне положення. Під час руху вгору муфта 4 стискає пружину 3, затискає утримувачами 8 другу гайку по черзі і звільняє обмежувачі 7, що призводить до опускання першої гайки до упору кульок-фіксаторів 9. Після відпускання муфти 4 під дією пружини 3 вона рухається вниз, вводить в пази ключа

обмежувачі 7 і звільняє утримувачі 8. Це супроводжується транспортуванням комплексу гайок під дією пружини 13 до упору в обмежувачі 7.

Під час закручування гайки на шпильку або болт, торець ключа 1 впирається в корпусну деталь, і за рахунок руху по різьбі шпильки або болта гайка, розсунувши кульки-фіксатори 9, займає своє крайнє положення. Після цього ключ знімають, опускають його муфтою до низу і відтягуючи її, подають наступну гайку на позицію накручування.

### Висновки до розділу 3

Наявна номенклатура технологічного оснащення, пристроїв та інструментів як універсальних так і спеціальних не завжди дає можливість мінімізувати тривалість виконання операцій розбирання і складання агрегатів машин. Тому особливу увагу потрібно звернути на розробку технологічного оснащення яке дасть можливість виключити певні операції, наприклад встановлення демонтованих деталей на проміжну позицію з наступним її захопленням для встановлення.

Якщо серійне оснащення не дає змоги оптимізувати процес, то потрібно вирішити завдання удосконалення існуючого обладнання, або розробити конструкцію нового.

Основним завданням розробників технологічної документації має бути підбір технічних засобів для розбирання на підставі чіткого аналізу конструкції об'єкта ремонту і геометричних параметрів доступу до кріпильних елементів.



#### 4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

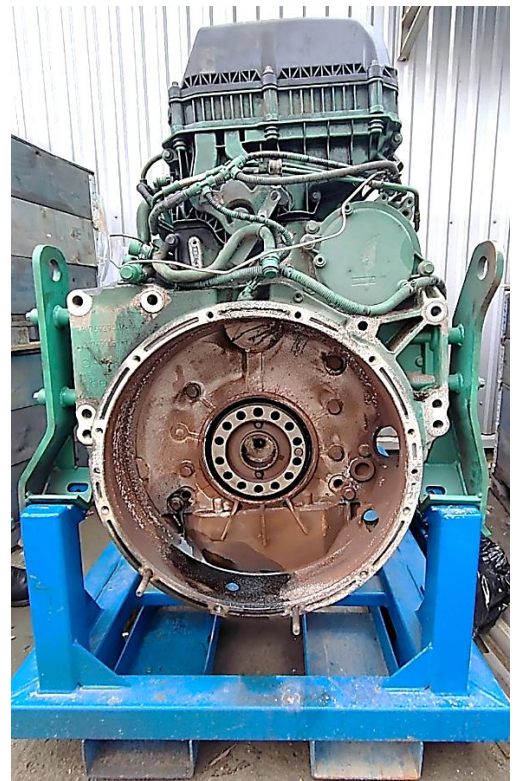
В сформульованій нами задачі потрібно дослідити як впливає на тривалість демонтажу деталей двигуна обрана технологія розбирання. Для проведення досліджень ми обрали двигун VOLVO D13K540, зображення якого показано на рисунку 4.1.



а) вид з лівого боку



б) вид з правого боку



в) вид зі сторони маховика

Рисунок 4.1 – Загальний вигляд двигуна VOLVO D13K540

Так як на повне розбирання двигуна потрібно затратити приблизно 9 – 10 годин то ми обмежили кількість операцій розбирання лише для заміни прокладок кришки клапанного механізму та піддона картера.

На рисунку 4.2 показано основні схеми демонтажу деталей щоб створити доступ до прокладки кришки клапанного механізму.

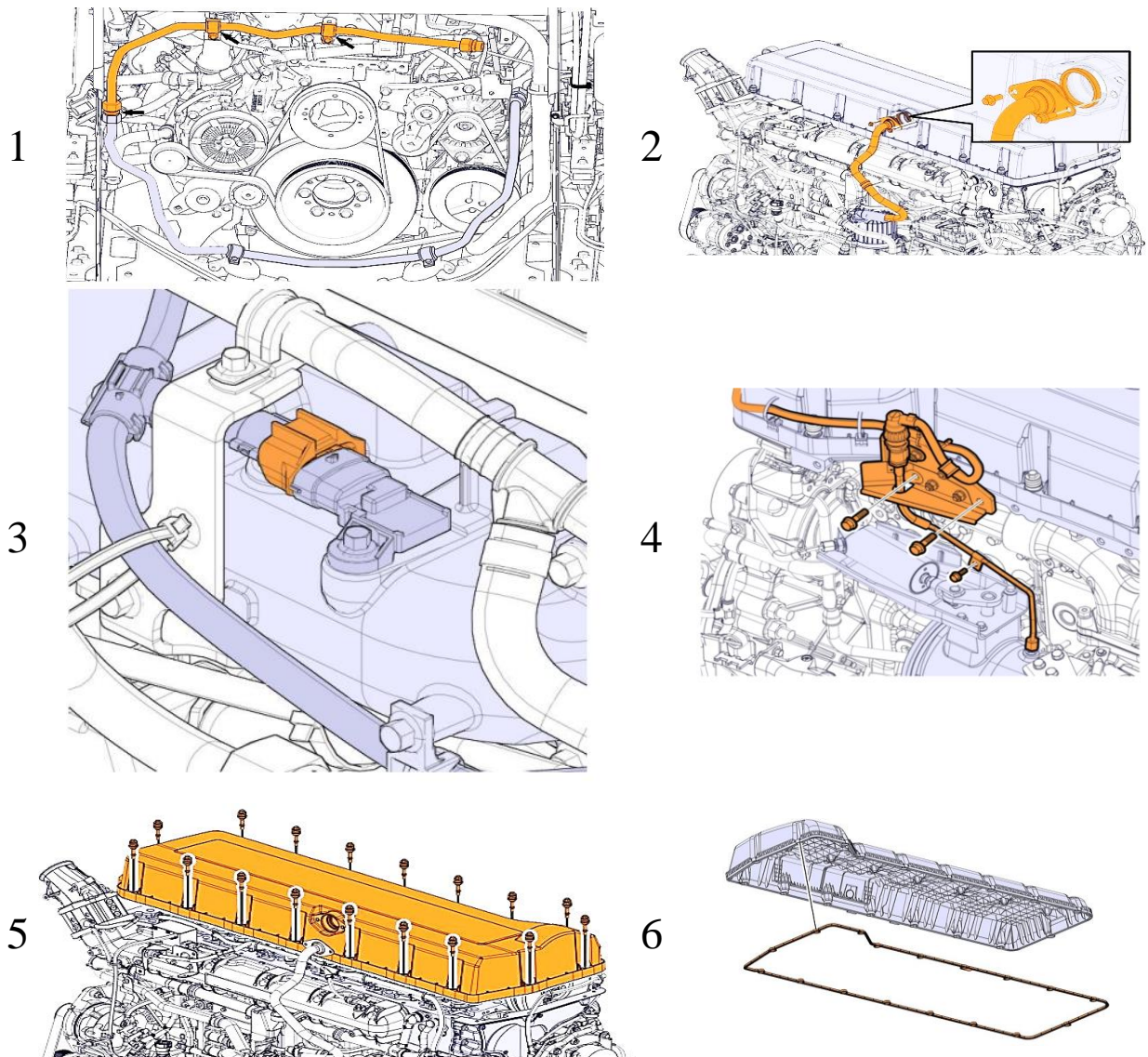


Рисунок 4.2 – Основні схеми демонтажу деталей щоб створити доступ до прокладки кришки клапанного механізму

На рисунку 4.3 показано основні схеми демонтажу деталей щоб створити доступ до прокладки піддона картера

Для розбирання різьбових з'єднань використовувався набір комбінованих гайкових ключів показаний на рисунку 3.1 і набір головок показаний на рисунку 3.2. Розбирання двигуна проводилось за трьома структурними схемами технологічного процесу.

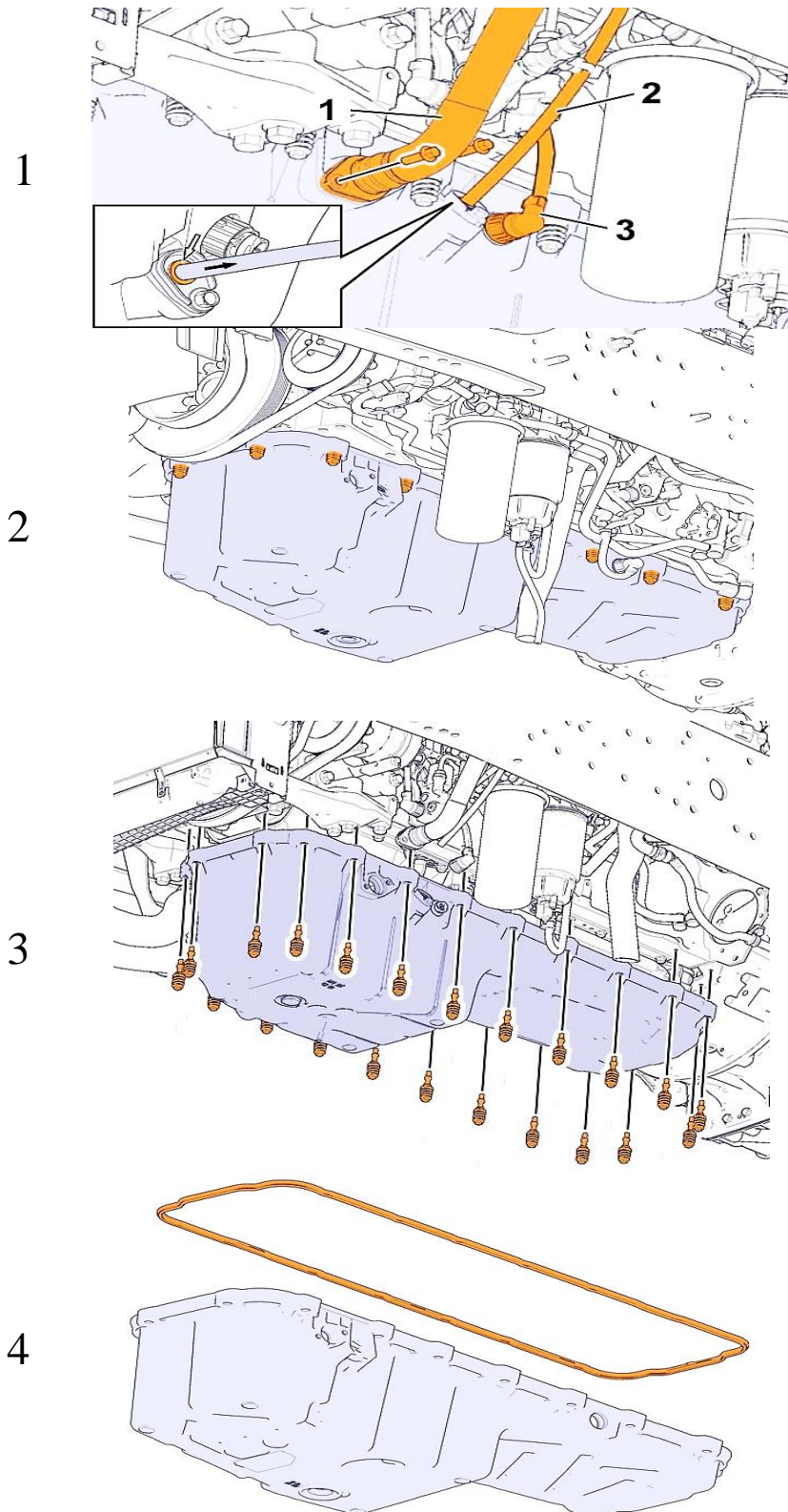


Рисунок 4.3 - Основні схеми демонтажу деталей щоб створити доступ до прокладки піддона картера

Перша схема передбачає – двигун встановлено на підставці для транспортування і використовуються для відкручування різьбових елементів лише комбіновані ключі.

Друга схема – двигун встановлено на підставці для транспортування і використовуються для відкручування різьбових елементів комбіновані ключі та головки.

Третя схема – двигун встановлено на стенді оснащеному електричним тельфером на поворотній консолі і системою подачі стисненого повітря для живлення пневматичного гайкокрута. Фотографія даного стенда показана на рисунку 4.3. Для відкручування різьбових елементів використовувались комбіновані ключі, головки з приводом від пневматичного гайкокрута. Двигун кріпиться на обертовому механізмі площиною кріплення кожуха маховика.

В процесі виконання операцій розбирання секундоміром мобільного телефону фіксували тривалість процесу в секундах.

Тривалість процесу з використанням лише комбінованих ключів (КК) позначали як  $t_1$ .

Тривалість процесу з використанням комбінованих ключів і головок (ККГ) позначали як  $t_2$ .

Тривалість процесу з використанням комбінованих ключів, головок, пневматичного гайкокрута та стенда для зміни положення двигуна (ККГПО) позначали як  $t_3$ .

Відносна ефективність технологічного процесу визначалась за допомогою коефіцієнта  $\tau$ .

Так коефіцієнт зміни тривалості демонтажу з використанням комбінованих ключів і головок відносно демонтажу з використанням лише комбінованих ключів визначався з виразу:

$$\tau_{21} = t_2 / t_1, \quad (4.1)$$

де  $t_2$  – тривалість процесу пі час демонтажу деталей з використанням комбінованих ключів і головок (ККГ), с;

$t_1$  – тривалість процесу з використанням лише комбінованих ключів (КК), с.



Рисунок 4.4 – Загальний вигляд станда оснащеному електричним тельфером на поворотній консолі і системою подачі стисненого повітря для живлення пневматичного гайкокрута

Коефіцієнт зміни тривалості процесу демонтажу з використанням комбінованих ключів, головок, пневматичного гайкокрута та пристрою для зміни положення двигуна визначаєм з виразу:

$$\tau_{32} = t_3 / t_2$$

де  $t_3$  – тривалість процесу з використанням комбінованих ключів, головок, пневматичного гайкокрута та стенда для зміни положення двигуна (ККГПО), с,

Результати дослідження процесів демонтажу прокладки кришки клапанного механізму та піддона картера заносимо в таблицю форма якої подана нижче.

Таблиця 4.1 – Результати дослідження процесів демонтажу прокладки кришки клапанного механізму та піддона картера

Порядковий номер $N$	Тривалість технологічного процесу $t$ , с			Коефіцієнт зміни тривалості процесу		
	КК	ККГ	ККГПО	$t_1 / t_1$	$t_3 / t_2$	$t_3 / t_1$
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$\tau_{21}$	$\tau_{32}$	$\tau_{31}$
$N_1$						
$N_2$						
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
$N_{48}$						
$N_{49}$						

Обробку отриманих результатів проводимо методами математичної статистики з використанням електронних таблиць.

#### Висновки до розділу 4

Під час нормування операцій розбирання складання об'єктів ремонту доцільно враховувати багатоваріантні структурні схеми процесів з різною послідовністю та змістом операцій при використанні різного технологічного оснащення пристроїв та інструментів.

Для прикладу можна взяти аналогічне технологічне оснащення яке є в наявності і виконувати кожним інструментом всі операції які дозволяють рівні доступності і після цього замінювати інструмент.

Наступний варіант можна реалізувати зі зміною інструментів в зоні досяжності оператора.

Далі оператор з одним інструментом може змінювати свою позицію.

Наступні варіанту можуть включати порядок виконання операцій.

## 5. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ДЕМОНТАЖУ ПРОКЛАДОК КРИШКИ КЛАПАНІВ І ПІДДОНА КАРТЕРА

Дослідження виконувалися за методикою описаною в попередньому розділі даної роботи.

Для кожного варіанту  $N_j$  складалася відповідна послідовність виконання операцій і технічні засоби відповідно до обраної структурної схеми процесу (КК, ККГ, ККГПО).

Слід зазначити, що крім перелічених раніше інструментів використовувались інструменти для демонтажу защіпок, роз'ємів і хомутів, та інших елементів для кріплення трубопроводів, рукавів і кабелів (рисунок 5.1)

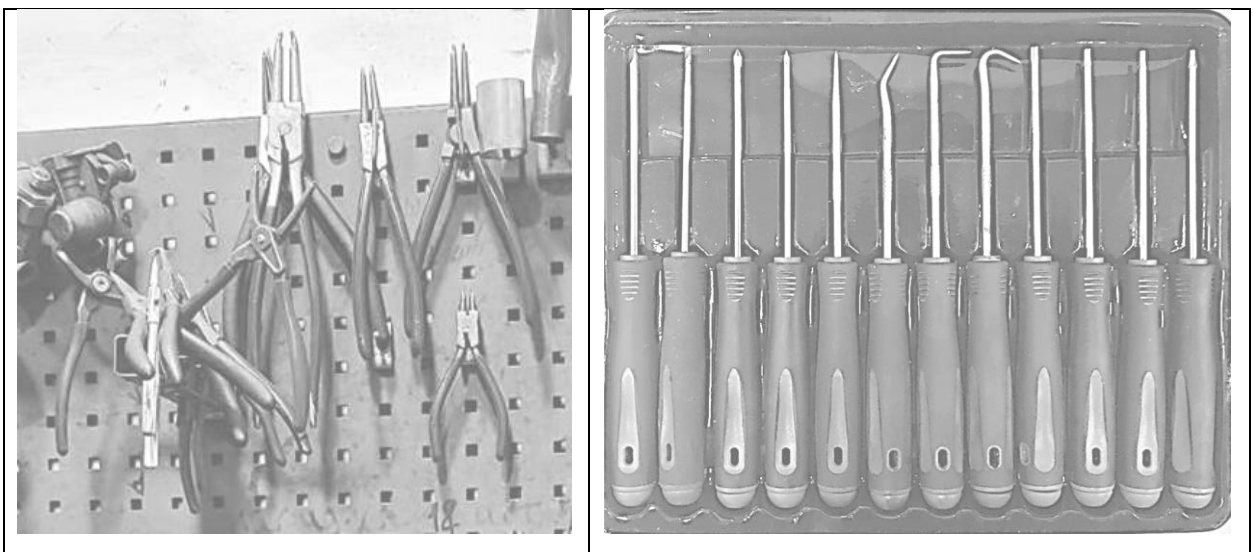


Рисунок 5.1 – Інструменти для демонтажу защіпок, роз'ємів, хомутів та інших елементів для кріплення

В таблиці 5.1, виконаної за формою поданою в розділі 4, наведено результати хронометражу тривалості процесів демонтажу прокладок кришки



клапанного механізму та піддона картера двигуна VOLVO D13K540 (і результати розрахунків коефіцієнтів зміни тривалості процесу демонтажу (

Таблиця 5.1 – Результати дослідження процесів демонтажу прокладки кришки клапанного механізму та піддона картера

Порядковий номер $N$	Тривалість технологічного процесу $t$ , с			Коефіцієнт зміни тривалості процесу		
	КК	ККГ	ККГПО	$t_1 / t_1$	$t_3 / t_2$	$t_3 / t_1$
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$\tau_{21}$	$\tau_{32}$	$\tau_{31}$
1	2	3	4	5	6	7
1	3610	2873	2384	0,80	0,83	0,66
2	3029	2878	2475	0,95	0,86	0,82
3	3054	2901	2553	0,95	0,88	0,84
4	3125	2906	2674	0,93	0,92	0,86
5	3212	2907	2907	0,91	1,00	0,91
6	3204	2909	2589	0,91	0,89	0,81
7	3150	2930	2549	0,93	0,87	0,81
8	3180	3180	2798	1,00	0,88	0,88
9	3609	3164	2784	0,88	0,88	0,77
10	3200	3168	2629	0,99	0,83	0,82
11	3425	3425	2877	1,00	0,84	0,84
12	3720	3486	2789	0,94	0,80	0,75
13	3128	3364	2960	1,08	0,88	0,95
14	3211	3372	2933	1,05	0,87	0,91
15	3126	3373	2833	1,08	0,84	0,91
16	3240	3564	2922	1,10	0,82	0,90
17	3257	3583	2938	1,10	0,82	0,90
18	3280	3608	2959	1,10	0,82	0,90
19	3309	3144	2578	0,95	0,82	0,78
20	3382	3213	2892	0,95	0,90	0,86
21	3425	3254	2863	0,95	0,88	0,84
22	3490	3420	2805	0,98	0,82	0,80
23	3522	3452	2830	0,98	0,82	0,80
24	3530	3459	2975	0,98	0,86	0,84
25	3620	3910	3206	1,08	0,82	0,89
26	3542	3542	2904	1,00	0,82	0,82
27	3600	3204	2627	0,89	0,82	0,73
28	3524	3066	2637	0,87	0,86	0,75
29	3603	3135	2570	0,87	0,82	0,71

Закінчення таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6	7
30	3196	3450	2575	1,08	0,75	0,81
31	3024	3538	2830	1,17	0,80	0,94
32	4820	3540	2903	0,73	0,82	0,60
33	3714	3640	3057	0,98	0,84	0,82
34	3630	3557	2917	0,98	0,82	0,80
35	3646	3391	2780	0,93	0,82	0,76
36	3651	3395	2920	0,93	0,86	0,80
37	3654	3398	2787	0,93	0,82	0,76
38	3707	3077	2523	0,83	0,82	0,68
39	4289	3088	2841	0,72	0,92	0,66
40	3750	3140	2829	0,84	0,90	0,75
41	3754	3116	2555	0,83	0,82	0,68
42	3780	3137	2667	0,83	0,85	0,71
43	3804	3043	2495	0,80	0,82	0,66
44	3920	3450	2829	0,88	0,82	0,72
45	3950	3160	3128	0,80	0,99	0,79
46	4028	3424	2944	0,85	0,86	0,73
47	4120	3296	2868	0,80	0,87	0,70
48	4289	3431	2951	0,80	0,86	0,69
49	4820	3856	3586	0,80	0,93	0,74

З таблиці 5.1 бачимо, що за умови використання лише комбінованих ключів (КК) при максимальному значенні тривалості  $t_{1max} = 4820$ с мінімальне значення становить  $t_{1min} = 3024$ с, тобто різниця складає 1796с. в результаті обробки статистичних даних, з використанням електронних таблиць Excel встановлено що даний параметричний ряд підпадає під закон розподілу Вейбула з наступними показникам:

- математичне сподівання  $Y_c = 3576,850$ ;
- дисперсія  $D = 166587,415$ ;
- середнє квадратичне відхилення  $\sigma = 408,151$ ;
- коефіцієнт варіації  $v = 0,738$ .

На рисунках 5.2 – 27 подано графіки узгодженого теоретичного розподілу результатів досліджень.

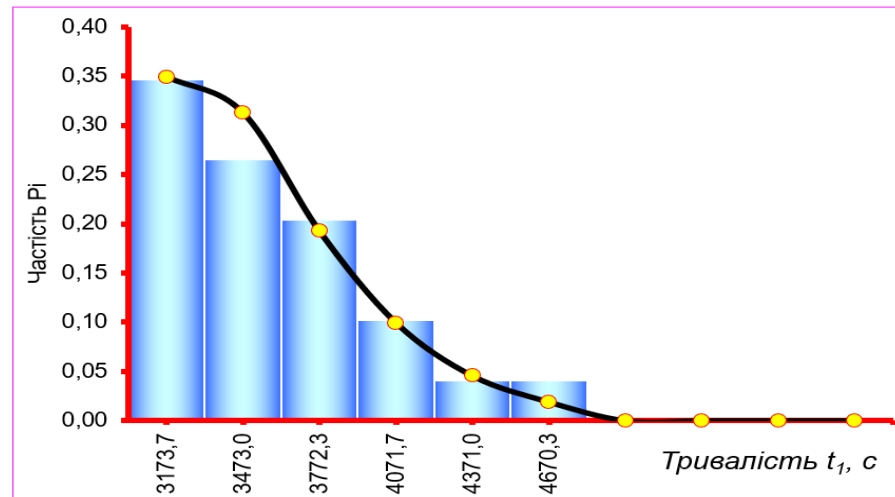


Рисунок 5.2 – Графік теоретичного розподілу тривалості виконання операцій  $t_1$

Для схеми процесу ККГ з максимальним значенням  $t_{2max} = 3910$  і мінімальним  $t_{2min} = 2873$ с прийнятний Нормальний закон розподілу з такими показниками:

- математичне сподівання  $\bar{Y}_c = 3322,719$ ;
- дисперсія  $D = 52725,876$ ;
- середнє квадратичне відхилення  $\sigma = 229,621$ ;
- коефіцієнт варіації  $\nu = 0,511$ .

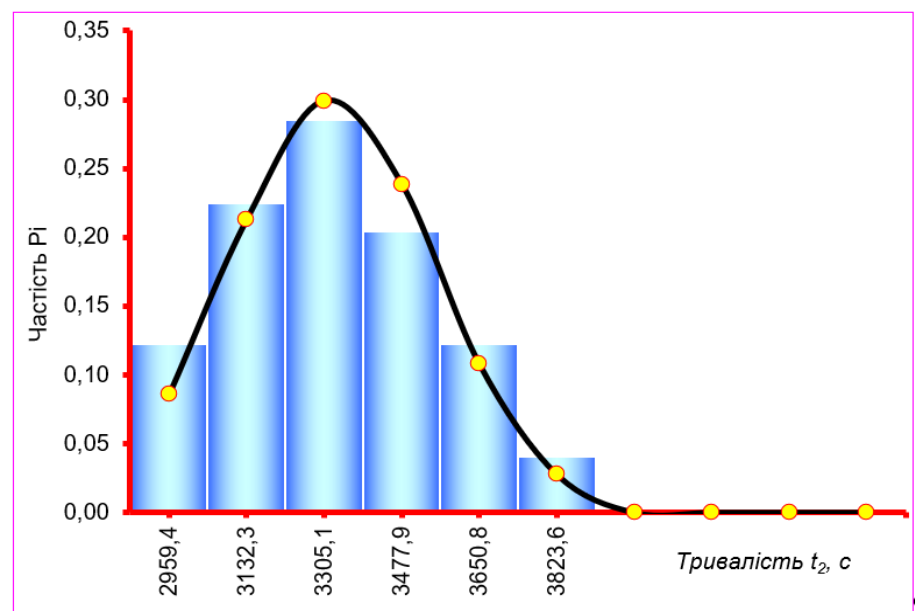


Рисунок 5.3 – Графік теоретичного розподілу тривалості виконання операцій  $t_2$

Параметричний ряд структурної схеми процесу ККГПО  $t_3$  підпорядковується закон розподілу Вейбула з наступними показниками

- математичне сподівання  $Y_c = 2823,507$ ;
- дисперсія  $D = 59305,898$ ;
- середнє квадратичне відхилення  $\sigma = 243,528$ ;
- коефіцієнт варіації  $v = 0,554$ .

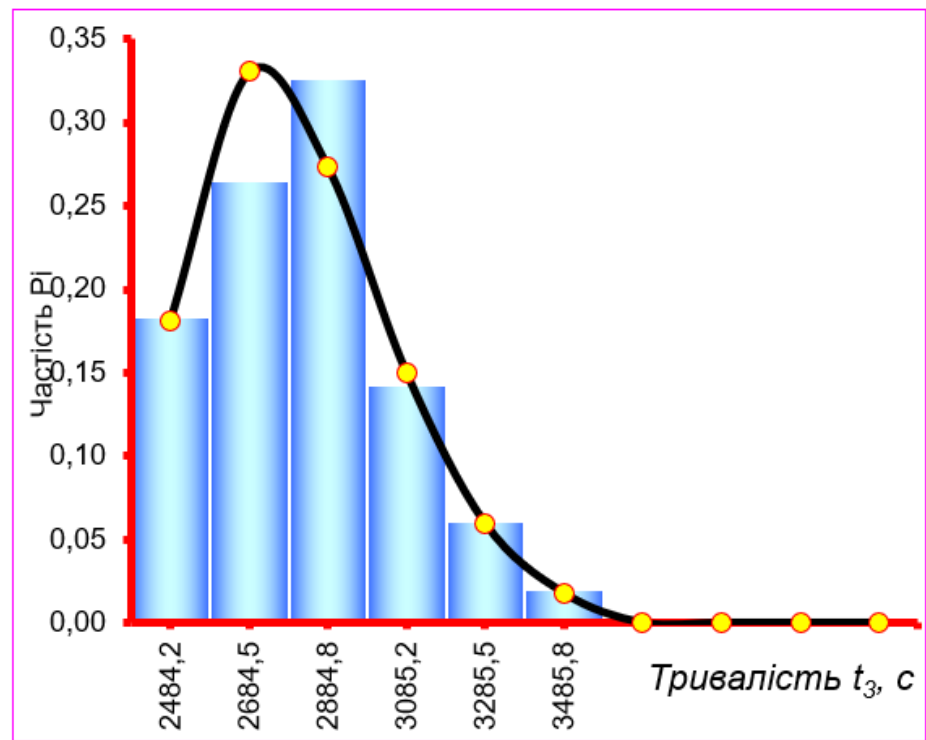


Рисунок 5.4 – Графік теоретичного розподілу тривалості виконання операцій  $t_3$

Слід відзначити, що максимальне значення тривалості було характерним для технологічних процесів які передбачали максимальну кількість зміни використовуваних інструментів на одній позиції оператора та найбільшу чисельність зміни позиції оператора відносно об'єкту розбирання, а також за умови максимальної кількості зміни положення об'єкту розбирання в просторі.

Обробка статистичних рядів коефіцієнтів зміни тривалості процесу відносно різних структурних схем  $\tau$  показала наступні результати.

Ряд значень  $\tau_{21}$  підпорядковується Нормальному закону розподілу з наступними показниками:

- математичне сподівання  $Y_c = 0,938$ ;
- дисперсія  $D = 0,010$ ;
- середнє квадратичне відхилення  $\sigma = 0,100$ ;
- коефіцієнт варіації  $v = 0,460$ .

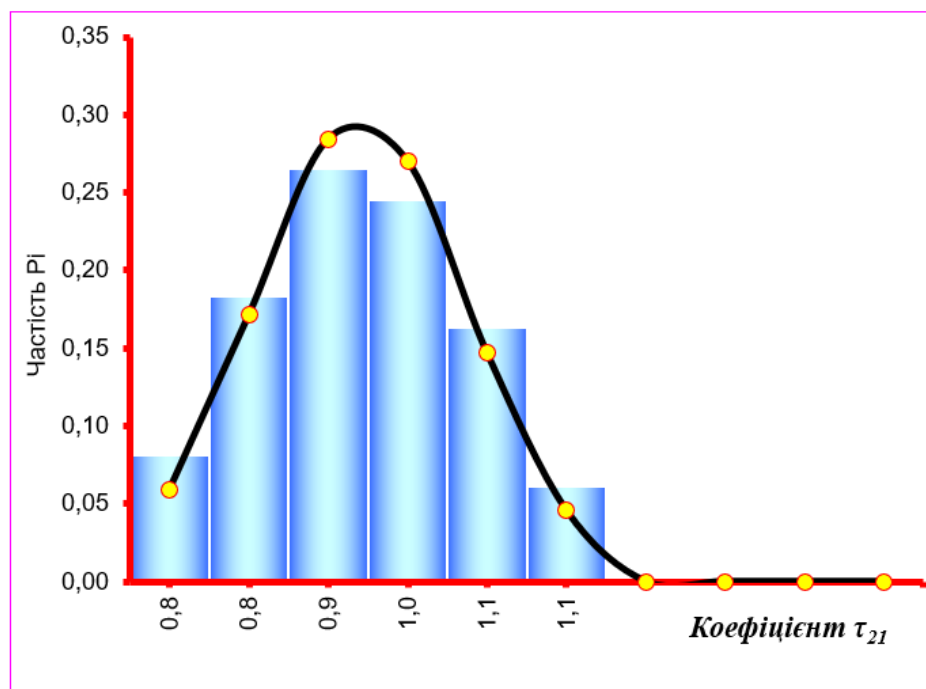


Рисунок 5.5 – Графік теоретичного розподілу коефіцієнта зміни тривалості процесу  $\tau_{21}$

Ряд значень  $\tau_{31}$  підпорядковується Нормальному закон розподілу з наступними показниками:

- математичне сподівання  $Y_c = 0,779$ ;
- дисперсія  $D = 0,006$ ;
- середнє квадратичне відхилення  $\sigma = 0,077$ ;
- коефіцієнт варіації  $v = 0,431$ .

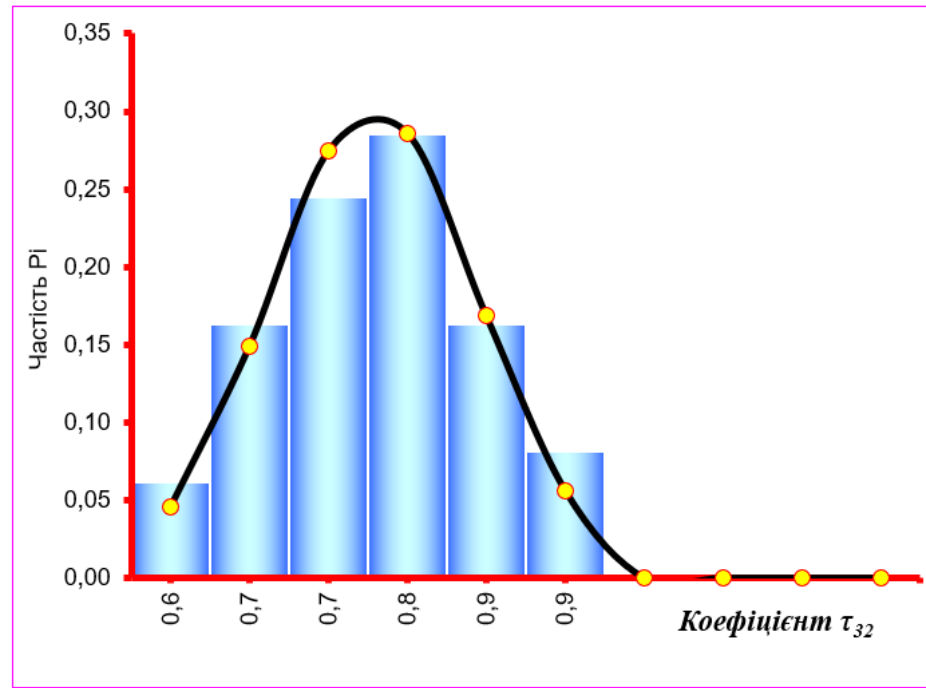


Рисунок 5.6 – Графік теоретичного розподілу коефіцієнта зміни тривалості процесу  $\tau_{32}$

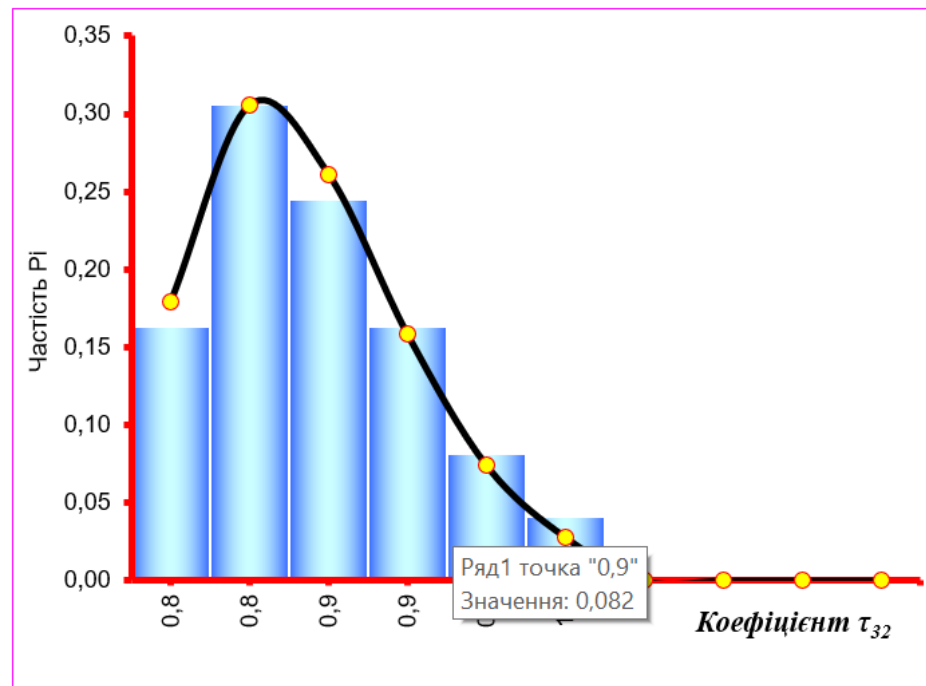


Рисунок 5.7 – Графік теоретичного розподілу коефіцієнта зміни тривалості процесу  $\tau_{32}$

Ряд значень  $\tau_{32}$  підпорядковується під закон розподілу Вейбула з наступними показниками:

- математичне сподівання  $Y_c = 0,847$ ;
- дисперсія  $D = 0,003$ ;
- середнє квадратичне відхилення  $\sigma = 0,056$ ;
- коефіцієнт варіації  $v = 0,576$ .

#### Висновки до розділу 5

Результати проведених досліджень вказують на те, що максимального результату у підвищенні ефективності процесів розбирання об'єкту ремонту, за критерієм мінімізації тривалості, можна досягнути впорядкуванням послідовності і змісту операцій виконання операцій з використанням правильно підібраного технологічного оснащення пристроїв та інструментів.

## 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1. Моделювання процесів виникнення аварій і травм

Для моделювання виникнення аварій і травм при роботі із установкою для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів застосуємо метод логічного моделювання процесів формування виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків [5, 9,10].

Побудуємо логіко-імітаційну модель травм при роботі із установкою для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів (рис.6.1).

При роботі із установкою для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів найнебезпечнішим явищем є ураження електричним струмом. Приймаючи подію «ураження» як головну і зв'язуючи цю подію шляхом логічного аналізу з наступною подією, що обумовлює її виникнення за допомогою логічних операторів "І", "АБО" та інших, приходимо до кінцевих подій, з яких і починає формуватися головна подія: «ураження». За своєю формою така модель нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву «дерево відмов і помилок». Кінцеві події називають базовими [5,9].

Як правило, побудова моделі починається з головної події - ураження електричним струмом, а наступні розміщують зверху вниз, аж до базових подій (рисунок 6.1.). Кожен блок рисунка, позначений відповідним номером, що означає подію (у загальному вигляді) або окремий етап побудови моделі:

- відмова (травма) системи - головна подія;
- послідовність подій, що призводять до відмови системи;
- послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів "І", "АБО" та інших;
- прямокутник - подія, що виникає як результат дії символу-оператора;



- базові події зображають у вигляді кружечків із написами в середині, вони є межею аналізу побудованої моделі ("дерева помилок");

- ромб - нерозкрита подія (подія, яка вимагає проведення відповідних досліджень).

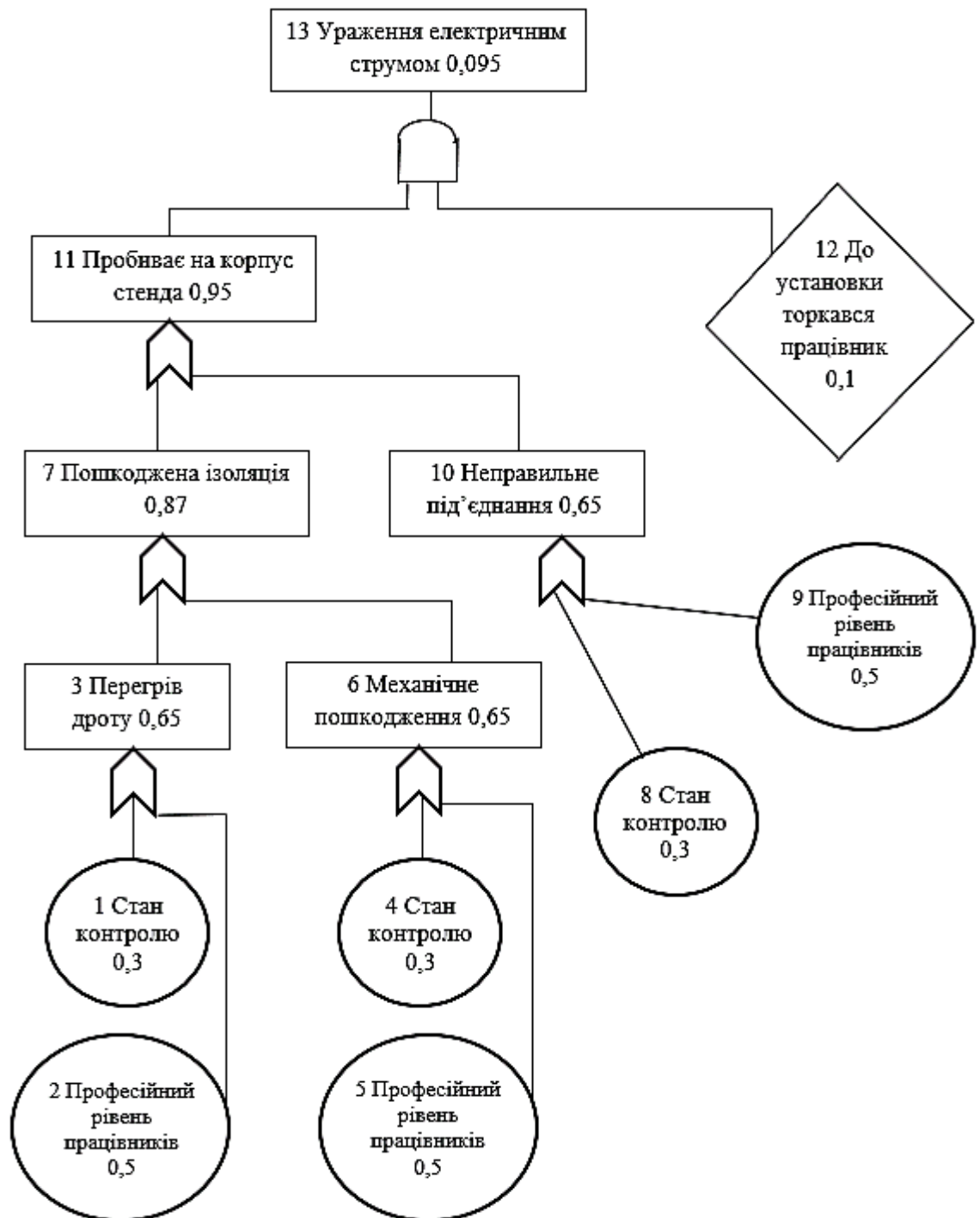


Рисунок 6.1. – Логіко – імітаційна модель процесу виникнення травми у працюючого при роботі із установкою для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів:

1,2,3...,12,13 – номери подій; 0,3; 0,5... - ймовірності подій. Контроль за станом ізоляції силового дроту, базова подія 2 – «професійний рівень» це неправильний розрахунок діаметру дроту при конструюванні стенда. Базова подія 4 – «стан контролю» для події 6 – «механічне пошкодження» це контроль за станом ізоляції силового дроту, базова подія 5 - для події 6 це буде професійність проведених робіт в зоні силового кабелю і можливість його пошкодити. Базова подія 8 – «стан контролю» для події 10 – «неправильне під'єднання» це контроль за станом стенда (ЩТО), базова подія 9 «проф. рівень» для події 10 - не проведення правильного включення стенда працівником.

## 6.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварій або травм залежно від досліджуваного явища [5, 9].

Для оцінки рівня небезпеки установки для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів можна застосувати метод обчислення ймовірності виникнення будь-якого випадкового явища, який широко застосовують в закордонній інженерній практиці [5].

Ймовірність базових подій визначаємо за даними виробництва. Наприклад, базова подія «стан контролю з охорони праці». Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об'єкті. Якщо приймемо, що такий рівень контролю становить 30 %, то ймовірність відповідно дорівнює 0,3. При відсутності контролю ймовірність «не здійснення контролю» становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то ймовірність дорівнює 0.

Для базових подій 1; 4; 8 «стан контролю» ймовірність приймаємо 0,3, для базових подій 2; 5; 9 «професійний рівень» ймовірність приймаємо 0,5.

На цьому можна вважати, що дана модель (рис.6.1.) підготовлена до математичної обробки. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують формули.

Для проведення обчислень ймовірності травми використовуємо логіко-імітаційну модель процесу її формування.

1. Ймовірність події  $P_3$ :

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2, \quad (6.1)$$

Умовно приймаємо, що ймовірність базових подій  $P_1 = 0,3$ , а  $P_2 = 0,5$ .

Підставивши дані ймовірностей базових подій, одержимо:

$$P_3 = 0,3 + 0,5 - 0,3 \cdot 0,5 = 0,65$$

Слід зауважити, що обчислення ймовірностей випадкових подій проводяться відповідно до положень булевої алгебри.

Аналогічно обчислюємо ймовірність інших подій залежно від їх номера.

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5 = 0,65; \quad (6.2)$$

$$P_7 = P_3 + P_6 - P_3 \cdot P_6 = 0,87; \quad (6.3)$$

$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0,65; \quad (6.4)$$

$$P_{11} = P_7 + P_{10} - P_7 \cdot P_{10} = 0,95; \quad (6.5)$$

$$P_{13} = P_{11} \cdot P_{12} = 0,095. \quad (6.6)$$

Таким чином, на робочому місці під час роботи установки для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 9,5 травми. Звичайно це значення заокруглюємо до цілого числа так як кожна травма це є одне ціле і відповідно отримаємо 10 травм з базових подій охорони праці на 100 робочих місць.

На даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, які призведуть до травми з інших причин. Але складовими причинами іншої травми також

можуть бути такі недоліки, як не ефективний контроль чи низький професійний рівень знань працюючих. Тоді треба побудувати значно складнішу модель і відповідно при обчисленні цієї моделі з врахуванням всіх факторів отримаємо результат.

### 6.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для запобігання виникненню пожеж кожен працівник зобов'язаний суворо дотримуватись встановлених правил щодо їх попередження як у побуті, так і на підприємствах та в інших місцях [5, 15].

На об'єктах народного господарства, з урахуванням виробничих умов, встановлюється протипожежний режим і розробляються інструкції як для всього об'єкта, так і для окремих цехів, діляниць, бригад. Ефективним засобом гасіння загорянь є вогнегасник. Потрібно знати, що для гасіння вогню не завжди можна користуватися водою. Не можна направляти водяний струмінь на електропровід, що горить, або на електрообладнання, бо людину може вразити струм, оскільки вода є провідником.

У задимлене приміщення слід заходити обов'язково удвох, йти, тримаючись за стіни, щоб не втратити орієнтир. Працювати в ізольованих або фільтрувальних протигазах, але з гопкалітовим патроном. Двері в палаюче приміщення відкривати обережно і користуватися ними як прикриттям. Людей із задимленого, палаючого приміщення вивести назовні, попередньо накинувши їм на голову вологу тканину або одяг.

В разі виникнення виробничої аварії начальник цивільної оборони об'єкта терміново організовує оповіщення керівництва і всіх працівників підприємства про небезпеку [15]. Якщо трапилося витікання СДОР, то оповіщується також населення, яке мешкає поблизу об'єкта і в напрямі об'єкта і в напрямі можливого поширення отруйних газів. Населення повинно слухати повідомлення штабу ЦО і діяти за його вказівкою. Організовується розвідка,

яка встановлює місце аварії, вид СДОР, ступінь зараження території та повітря, стан людей у зоні зараження, кордони зон забруднення, напрям і швидкість вітру в приземному шарі, напрям поширення зараженого повітря. Уражених після надання їм допомоги доставляють у незаражений район, а в разі необхідності — до лікувального закладу.

Дії населення при радіоактивному забрудненні місцевості. Радіоактивне зараженою може виявитися місцевість не тільки після ядерного вибуху, а й внаслідок аварії на атомній електростанції, на інших об'єктах, що виробляють або використовують розщеплені матеріали. Характерна особливість радіоактивного зараження місцевості після ядерного вибуху — швидкий спад рівнів радіації через безперервний розпад радіоактивних речовин. Так, через 7 годин після вибуху рівень радіації на місцевості зменшується у 10 разів, через добу — приблизно у 40 разів, через 49 годин — у 100 разів. У тих населених пунктах і районах, де виявлено радіоактивне зараження, усі мешканці повинні надягнути респіратори, протипилові тканинні маски, ватно-марлеві пов'язки або протигази, взяти документи, запас їжі і води, медикаменти, предмети першої необхідності й піти до захисної споруди.

Виведення населення у безпечні місця проводиться організовано, з урахуванням обстановки. Із службових приміщень і житлових будинків треба виходити швидко, не заважаючи іншим.

Дії населення під час землетрусу. Якщо сильні підземні поштовхи застали вас на вулиці, слід якнайдалі відійти від будинків. Не можна залишатися поблизу об'єктів, що мають легкозаймисті і сильнодіючі отруйні речовини, на мостах і шляхопроводах. Не можна триматися за високі стовпи і паркани, ховатись на нижніх поверхах і в підвальних приміщеннях будинків. Усі транспортні засоби зупиняються, пасажирів залишають їх і відходять на безпечну відстань. Особливу організованість слід проявити, виходячи з вокзалів, театрів, магазинів.

## ВИСНОВКИ

1. З метою оптимізації процесу розбирання об'єктів ремонту за критерієм мінімізації тривалості виконання операцій потрібно розглядати всі варіанти можливої послідовності виконання операцій на підставі рівнів доступності до деталей. За умови різного технічного стану об'єкту ремонту такий аналіз дасть змогу уникнути виконання зайвих операцій і правильно підібрати потрібні інструменти і технологічне оснащення.

2. Аналіз зовнішнього вигляду сучасних вказує на те, що у всіх моделей є різні їх складові змонтовані з кожного боку двигуна. Кількість таких елементів є різною і вони різні за конструкцією, геометрією та способом кріплення. Очевидно, що послідовність їх демонтажу буде різною, залежно від рівнів доступності. Тому для кожної моделі об'єкту ремонту потрібно переглянути і впорядкувати послідовність і зміст виконання операцій та підібрати технологічне оснащення, що забезпечить максимальну ефективність.

3. Наявна номенклатура технологічного оснащення, пристроїв та інструментів як універсальних так і спеціальних не завжди дає можливість мінімізувати тривалість виконання операцій розбирання і складання агрегатів машин. Тому особливу увагу потрібно звернути на розробку технологічного оснащення яке дасть можливість виключити певні операції, наприклад встановлення демонтованих деталей на проміжну позицію з наступним її захопленням для встановлення.

4. Під час нормування операцій розбирання складання об'єктів ремонту доцільно враховувати багатоваріантні структурні схеми процесів з різною

послідовністю та змістом операцій при використанні різного технологічного оснащення пристроїв та інструментів.

5. Результати проведених досліджень вказують на те, що максимального результату у підвищенні ефективності процесів розбирання об'єкту ремонту, за критерієм мінімізації тривалості, можна досягнути впорядкуванням послідовності і змісту операцій виконання операцій з використанням правильно підібраного технологічного оснащення пристроїв та інструментів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білоконь Я.Ю. Трактори і автомобілі: Підр. для вищ. агр. закл. освіти II-IV рівнів акредитації за напрямом "Агрономія" / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча. – К.: Урожай, 2002. – 324с.
2. Васильків І. М. Основи теорії ймовірностей і математичної статистики : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 184 с.
3. Гранкін С. Г., Малахов В. С., Черновол М. І., Черкун В. Ю. Надійність сільськогосподарської техніки. Київ: Урожай, 1998. 208 с.
4. Єременко В. С., Куц Ю. В., Мокійчук В. М., Самойліченко О. В. Статистичний аналіз даних вимірювань: навч. посіб. Київ: НАУ, 2013. 320 с.
5. Жирецький В.Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. - Львів: Афіша, 2000. - 349 с.
6. Захарчук О.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / Олег Вікторович Захарчук. – Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2017. – 140 с.
7. Кисликов В.Ф., Луцик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. К. : Либідь, 2018. 400 с.
8. Костюк В. О. Прикладна статистика: навч. Посібник. Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 191 с.
9. Лехман С.Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 220 с.
10. Охорона праці. Методичні рекомендації до виконання розділу з охорони праці у дипломних проектах. Львівський національний аграрний університет, 2012 р.
11. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2/ Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., та



інші./ За ред. О.І.Сідашенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. – Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018 – 491с.

12. Порівняльний аналіз технологічних можливостей комбінованих гайкових ключів. Чухрай В.Є. Автомайстер №11(16) – листопад 2005– С. 7-11.

13. Ремонт машин і обладнання : підруч. / Сідашенко О. І. та ін.; за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Київ : Аграр Медіа Груп, 2014. 632 с.

14.Ремонт машин. Моделювання процесів розбирання і складання об'єктів ремонту. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічних, курсових та дипломних робіт для студентів факультету механіки та енергетики спеціальностей 7.091902, 8.091902 “Механізація сільського господарства” / Чухрай В.Є. - Львівський нац. аграр. ун-т, 2008.–31 с

15. Стеблюк М.І. Цивільна оборона. Київ: Урожай. 1994. 360 с.

16. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. / Сідашенко О.І. та інші. Навч. посібник. Харків: ХНТУСГ, 2017. 361 с.

17. Тищенко Л. М. Т 11 На допомогу фермерам. Практичні поради сервісу двигунів сільгосптехніки. / Л. М. Тищенко, А. Т. Лебедєв, О. І. Сідашенко, С. О. Харченко, А. М. Антипенко, М. Г. Макаренко, О. М. Макаренко, Ю. М. Кулаков, П. С. Сиромятников, С. П. Сорокін, І. О. Шевченко, М. Л. Шуляк. За ред. Л. М. Тищенко - Харків.: «Міськдрук», 2014, - 224 с.

18. Ткач Є. І., Сторожук В. П. Загальна теорія статистики: підручник [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 645 с.

19. Чухрай В. Чибіряк Я., Ващенко С., Єрмоленко В. Синтез раціональної послідовності складання виробів Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження, 2011. – № 15. – С. 285-297.

20. Чухрай В.Є. Ремонт машин. Моделювання процесів розбирання і складання об'єктів ремонту. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічних, курсових та дипломних робіт для студентів факультету механіки та енергетики спеціальностей 7.091902, 8.091902 “Механізація сільського господарства” /. - Львівський нац. аграр. ун-т, 2008.– 31 с

21. Чухрай В.Є. Моделювання процесів розбирання і складання об'єктів ремонту / Вісник Львів. держ. аграр. університету: Агроінженерні дослідження. – Львів: Львів. держ. аграр. ун-т. 2005. – № 9. – С. 326–343.
22. Чухрай В.Є. Визначення кількості можливих варіантів послідовностей виконання операцій розбирання об'єкта ремонту / Інженерія аграрного виробництва у вимірах бережливості. Колективна монографія / За ред. О.Д. Семковича, О.В. Сидорчука, І.М. Флиса, С.Й. Ковалишина. – Львів: Львів. держ. аграр. університет, 2006. – С. 267–290.
23. Чухрай В.Є. Визначення кількості можливих варіантів послідовностей виконання операцій розбирання об'єкта ремонту/Інженерія аграрного виробництва у вимірах бережливості. Колективна монографія / За ред. О.Д.Семковича, О.В.Сидорчука, І.М. Флиса, С.Й.Ковалишина. Львів: Львів. держ. аграр. університет. 2006. – С. 267-290
24. Чухрай В.Є. Диференціювання механізованого виконання операцій складання різьбових з'єднань / Чухрай В.Є., Кулинич І.Я./ Еколого-економічні проблеми розвитку АПК: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 10-й річниці конференції ООН з питань охорони навколишнього середовища та розвитку, 25-27 вересня 2002р. С 229-235
25. Чухрай В.Є. Обґрунтування технологічних параметрів обладнання для операцій розбирання-складання машин в умовах ремонтної бази їх власників. Механізація та електрифікація сільського господарства. Випуск №83. Наукове видання. Глеваха, 2000. – 234-238с.
26. Чухрай В.Є. Організаційно-технологічні схеми усунення відмов техніки аграрних підприємств / Вісник Львівського нац. аграрного ун-ту: Агроінженерні дослідження. – 2009. – № 13. – Т.2. – Львів, 2009. – С. 253 - 262
27. Чухрай В.Є., Білань О.В., Юхимчук О.В., Шура М.Б. Знімач для підшипників з обмеженим доступом. Сучасна авто майстерня 2012.- №12 (1273).- с.38

28. Чухрай В.Є., Кулинич І.Я. Мінімізація тривалості складання різьбових з'єднань. Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2009. - №1. – С. 88-93.
29. Чухрай В.Є., Рис В.І. Аналіз обладнання для розбирання підшипникових вузлів / Вісник Львівського держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження. – 2004. – № 8. – С. 348–357.
30. Чухрай В.Є., Рис В.І., Білань О.В., Юхимчук О.В. Обґрунтування принципів схем конструкцій знімачів для розбирання підшипникових вузлів / Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. - 2012.
31. Чухрай В.Є., Рис В.І., Ніщенко І.О. Визначення впливу геометричних параметрів деталей підшипникових вузлів на режими процесів розбирання та складання / Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. - 2005, - №9. Каталог обладнання, інструментів та пристроїв фірми FORCE. 2003/2004-296 с.
32. Чухрай Л.В. Чухрай В.Є. Методика впорядкування послідовності виконання операцій складання та розбирання машин / В. Чухрай, Л. Чухрай // MOTROL : Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Том 13. – Lublin, 2011. – С. 70 – 80.
33. <https://vidi.ua/ua/new-truck/all/?page=2> (Вантажні автомобілі, нові моделі - Київ)
34. <https://www.autokraz.com.ua/index.php/uk/produktsiya/automobile/civil> (автомобілі КрАЗ)
35. <https://man-ag.com.ua/uk/main/truck/> (ВАНТАЖІВКИ MAN)
36. Національна академія аграрних наук України [Електронний ресурс] . – Режим доступу до статті : <http://naas.gov.ua/>.
37. Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» [Електронний ресурс] . – Режим доступу до статті : <http://imesg.gov.ua>.

# ДОДАТКИ

## Додаток А

Таблиця А.1 Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу тривалості  $t_1$  структурної схеми процесу КК

№	Униз	Уверх	У <sub>i</sub>	М(i)	P <sub>i</sub>	У <sub>i</sub> *P <sub>i</sub>	(У <sub>i</sub> -У <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> *P <sub>i</sub>	f(y)
1	3024,0	3323,3	3173,7	17	0,347	1101,068	56397,352	0,001166
2	3323,3	3622,7	3473,0	13	0,265	921,408	2861,298	0,001044
3	3622,7	3922,0	3772,3	10	0,204	769,864	7798,694	0,000643
4	3922,0	4221,3	4071,7	5	0,102	415,476	24984,000	0,000332
5	4221,3	4520,7	4371,0	2	0,041	178,408	25741,783	0,000152
6	4520,7	4820,0	4670,3	2	0,041	190,626	48804,288	0,000063
				49	1	3576,850	166587,415	

Закон розподілу - *Вейбулла*

Математичне сподівання	У <sub>c</sub>	3576,850	Число ступенів вільності	<i>r</i>
Дисперсія	<i>D</i>	166587,415	Рівень значимості	$\alpha$
Серед.-квадр. відхилення	$\sigma$	408,151	Хі-квадрат розрахункове	$X^2$
Коефіцієнт варіації	<i>v</i>	0,738	Хі-квадрат табличне	$(X^*)^2$
Параметр мірила	<i>a</i>	604,464	Коефіцієнт	<i>Kb</i>
Параметр форми	<i>b</i>	1,371	Коефіцієнт	<i>Cb</i>
			Коефіцієнт	<i>b/a</i>

Таблиця А.2 Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу тривалості  $t_2$  структурної схеми процесу ККГ

№	Униз	Уверх	У <sub>i</sub>	М(i)	P <sub>i</sub>	У <sub>i</sub> *P <sub>i</sub>	(У <sub>i</sub> -У <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> *P <sub>i</sub>	f(y)
1	2873,0	3045,8	2959,4	6	0,122	362,378	16161,902	0,000497
2	3045,8	3218,7	3132,3	11	0,224	703,158	8144,173	0,001232
3	3218,7	3391,5	3305,1	14	0,286	944,310	88,866	0,001733
4	3391,5	3564,3	3477,9	10	0,204	709,779	4915,550	0,001383
5	3564,3	3737,2	3650,8	6	0,122	447,031	13176,010	0,000626
6	3737,2	3910,0	3823,6	2	0,041	156,065	10239,375	0,000161
				49	1	3322,719	52725,876	

Закон розподілу - *Нормальний*

Математичне сподівання	У <sub>c</sub>	3322,719	Число ступенів вільності	<i>r</i>
Дисперсія	<i>D</i>	52725,876	Рівень значимості	$\alpha$
Серед.-квадр. відхилення	$\sigma$	229,621	Хі-квадрат розрахункове	$X^2$
Коефіцієнт варіації	<i>v</i>	0,511	Хі-квадрат табличне	$(X^*)^2$
Параметр мірила	<i>a</i>	507,589	Коефіцієнт	<i>Kb</i>
Параметр форми	<i>b</i>	2,044	Коефіцієнт	<i>Cb</i>
			Коефіцієнт	<i>b/a</i>

Таблиця А.3 Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу тривалості  $t_3$  структурної схеми процесу ККГПО

№	Униз	Уверх	Уі	М(і)	Рі	Уі*Рі	(Уі-Ус)^2*Рі	f(y)
1	2384,0	2584,3	2484,2	9	0,184	456,276	21150,317	0,000903
2	2584,3	2784,7	2684,5	13	0,265	712,214	5126,481	0,001648
3	2784,7	2985,0	2884,8	16	0,327	941,986	1228,063	0,001366
4	2985,0	3185,3	3085,2	7	0,143	440,738	9780,841	0,000750
5	3185,3	3385,7	3285,5	3	0,061	201,153	13067,615	0,000298
6	3385,7	3586,0	3485,8	1	0,020	71,139	8952,580	0,000089
				49	1	2823,507	59305,898	

Закон розподілу - *Вейбулла*

Математичне сподівання	$Ус$	2823,507	Число ступенів вільності	$r$
Дисперсія	$D$	59305,898	Рівень значимості	$\alpha$
Серед.-квадр. відхилення	$\sigma$	243,528	Хі-квадрат розрахункове	$X^2$
Коефіцієнт варіації	$v$	0,554	Хі-квадрат табличнее	$(X^*)^2$
Параметр мірила	$a$	494,923	Коефіцієнт	$Kb$
Параметр форми	$b$	1,860	Коефіцієнт	$Cb$
			Коефіцієнт	$b/a$