

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: „ Дослідження технологій і технічних засобів для розбирання та складання різьбових з'єднань автомобільних двигунів ”

Виконав: студент 6 курсу групи Ат-63  
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”  
(шифр і назва)

Талалай Анатолій Михайлович  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Андрій Шарibuра  
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_  
(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**  
**ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА  
“ 12 ” вересня 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту  
Талалаю Анатолію Михайловичу

1. Тема роботи: „ Дослідження технологій і технічних засобів для розбирання та складання різьбових з'єднань автомобільних двигунів”

Керівник роботи: Рис Василь Іванович, к.т.н., доц.

Затверджена наказом по університету 12.09.2024 року № 616/К-С

2. Строк задачі студентом закінченої роботи 5.12.2024 року.

3. Вихідні дані: Науково-технічна література з питань розбирання різьбових з'єднань. Показники стану охорони праці в базовому підприємстві.

4. Перелік питань, які необхідно розробити

Вступ

1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2. ОБГРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗНІМАЧІВ З ЦИЛІНДРИЧНИМИ ЗАХОПЛЮВАЧАМИ ПІДШИПНИКІВ ДЛЯ ЇХ ДЕМОНТАЖУ З ВАЛІВ

3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

5. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ЛОДАТКИ

Перелік графічного матеріалу: тема – 1-й слайд; мета роботи та завдання дослідження – 2-й слайд; патентний огляд різьбоскладальних засобів – 3-й; схема інваріантної технології розбирання шпилькового з'єднання – 4-й; класифікаційна схема

різьбозагвинчувальних машин – 5-й слайд; порівняльна характеристика гайкокрутів – 6-й слайд; класифікаційна схема адаптивних гайкокрутів – 7-й слайд; адаптивний технологічний процес механізованого складання різьбових з'єднань – 8-й слайд; похибки базування різьбових деталей – 9-й слайди; Обладнання для механізованого розбирання і складання різьбових з'єднань – 10-й слайд; затрати часу на механізоване загвинчування гайок з шайбами (10 комплектів) на шпильки при ручному наживленні -11 слайд; затрати часу на повністю механізоване загвинчування гайок з шайбами (10 комплектів) –12-й слайд; висновки – 13 слайд.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4	Рис В.І. к.т.н., доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича			
5	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 12.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання розділу: «Стан питання і завдання досліджень»</i>	12.09.24-15.09.24	
2.	<i>Виконання розділу «Обґрунтування геометричних параметрів знімачів з циліндричними захоплювачами підшипників для їх демонтажу з валів»</i>	16.09.24-01.10.24	
3.	<i>Виконання розділу «Методика експериментальних досліджень»</i>	15.10.24-30.10.24	
4.	<i>Написання розділу: «Результати експериментальних досліджень»</i>	02.10.24-14.11.24	
5.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	15.11.24-24.11.24	
7.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	25.11.24-30.11.24	
8	<i>Завершення роботи в цілому</i>	01.12.24-5.12.24	

Студент \_\_\_\_\_ Анатолій ТАЛАЛАЙ  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Андрій ШАРИБУРА

УДК 621.43 — 222 (477.83)

Дослідження технологій і технічних засобів для розбирання та складання різьбових з'єднань автомобільних двигунів.

Талалай А.М. Кваліфікаційна робота. — Дубляни: ЛНУП, кафедра агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича, 2024. – 76 стор. текстової частини; 7 таблиць; 40 рисунок; 40 бібліографічних назв.

Наведено основні відомості про різьби. Розглянуто різьбові з'єднання двигунів внутрішнього згоряння і проаналізовано їх придатність для механізованого розбирання та складання. Проведено аналіз сучасного стану механізації процесів розбирання та складання різьбових з'єднань.

Розглянуто структури операцій розбирання та складання різьбових з'єднань під час їх виконання різними засобами. Наведено адаптивні засоби для виконання різьбоскладальних операцій, які забезпечують надійність процесу спряження різьбових деталей. Адаптація полягає в тому, що на заклинення різьби, котре може статися під час наживлення, адаптивний гайкокрут реагує реверсом шпинделя і наступною спробою загвинчування.

Проведено лабораторні випробування розробленого адаптивного гайкокрута і головки для захоплення гайок. Випробування підтвердили їх роботоздатність і більшу продуктивність роботи в порівнянні зі стандартним гайкокрутом. Розроблені гайкокрут і головка захищені патентами України.

Розроблено заходи з техніки безпеки, проведено розрахунок економічної ефективності розробленого гайкокрута в комплекті з головою і касетою для кріпильних виробів.

**Ключові слова:** різьба, з'єднання, різьбові деталі, наживлення, нагвинчування, затягування, механізація, гайкокрут, адаптація, базування, взаємоорієнтування.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ	10
1.1. Основні відомості про різьби	10
1.2 Різьбові з'єднання автотракторних двигунів	13
1.3 Технологічні методи і засоби розбирання і складання різьбових з'єднань машин.	17
1.4. Адаптивні пневматичні гайкокрути	31
1.5. Розробка конструкції адаптивного гайкокрута і головки для утримування кріпильних виробів	34
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ РІЗЬБОСКЛАДАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ	38
2.1. Структура операцій розбирання і складання різьбових з'єднань	38
2.2 Точність базування різьбових деталей	41
2.3 Взаємне орієнтування різьбових деталей	44
2.4 Геометрія західної частини метричної різьби	48
2.5 Початок наживлення і кут наживлення різьби	51
3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ АДАПТИВНИМ ГАЙКОКРУТОМ	54
3.1 Обладнання і методика експериментального дослідження роботоздатності розробленого адаптивного обладнання	54
3.2 Методика і обладнання дослідження технологічних процесів складання різьбових з'єднань адаптивним і стандартним гайкокрутами.	55
4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	60
4.1 Лабораторні випробування роботоздатності розробленого адаптивного гайкокрута і головки для захоплення гайок	60
4.2 Результати дослідження технологічних процесів складання різьбових з'єднань адаптивним і стандартним гайкокрутами.	61

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	64
5.1 Основні причини виробничого травматизму та заходи щодо їх попередження	64
5.2. Структурно-функціональний аналіз технологічних процесів складання та розбирання машин	67
5.3. Вимоги безпеки до території, приміщень, обладнання і виробничих процесів ремонтних підрозділів	69
5.4. Розробка заходів щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях	70
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73

## ВСТУП

Одним із найскладніших елементів автотранспортної техніки, який ремонтується в умовах ремонтних майстерень автотранспортних, сільськогосподарських та інших підприємств, є двигун. Сучасні вантажні автомобілі, а також енергонасичені трактори, які експлуатуються як в Україні, так і за її межами, обладнуються двигунами як рядного, так і V-подібного типу. Ці агрегати характеризуються значною масою, великими габаритами та складною конструкцією. Від їх технічного стану залежить економічна витрата пального та мастильних матеріалів, продуктивність транспортного засобу, його екологічність та безпека експлуатації. Підтримання технічної справності двигуна та автомобіля загалом значною мірою визначається своєчасним проведенням планового технічного обслуговування і поточних ремонтів. Висока якість цих робіт можлива лише за умови дотримання встановлених технологічних процесів, що залежить від оснащеності ремонтних майстерень необхідним обладнанням, інструментами та пристроями для діагностики і ремонту.

Під час ремонту двигунів внутрішнього згорання, як і машин у цілому, значна частина робіт припадає на розбирально-складальні операції, зокрема на роботу з різьбовими з'єднаннями (РЗ). Різьбові з'єднання становлять близько 70-80% усіх з'єднань у конструкції автомобіля. За даними [5], трудомісткість операцій відгвинчування і загвинчування болтів, гвинтів та гайок під час капітального ремонту автомобілів, тракторів і дорожньої техніки може досягати 25-64% від загальної трудомісткості розбирально-складальних робіт. Водночас інші джерела [64] зазначають, що частка таких робіт становить близько 45% від загальної трудомісткості ремонту машин.

Підвищення продуктивності праці та якості виконання розбирально-складальних операцій дозволить суттєво скоротити тривалість ремонту двигунів внутрішнього згорання і зменшити втрати через простій техніки. Основним резервом для досягнення цього є механізація і автоматизація технологічних процесів розбирання та складання машин і агрегатів

сільськогосподарської техніки. При цьому необхідно забезпечити надійне виконання підготовчих, основних і завершальних операцій розбирально-складальних робіт.

Особливістю ремонтного виробництва є дрібносерійний характер робіт, широка спеціалізація, недостатній рівень механізації складальних операцій (близько 35%) і неоднорідність складу деталей, що обробляються [17]. Серед рекомендацій з вибору засобів механізації та технологічного оснащення для виконання розбирання і складання РЗ залежно від виробничої програми робіт [17], представлені економічні розрахунки для різьбових з'єднань М12 із довжиною загвинчування 20 мм (табл. 1.1).

За даними [40], на підприємствах із річною програмою 4-5 тис. капітальних ремонтів багато розбирально-складальних операцій можуть бути механізованими, що значно підвищує ефективність виробництва..

Таблиця 1.1 – Засоби механізації розбирання-складання РЗ

Засоби механізації і оснащення	Річні об'єми розбирання РЗ, тис. шт.			
	до 1,5	1,5-4,0	4,0-65,0	більше 65
Гайковий ключ	+	-	-	-
Гайковий ключ з коловоротом	-	+	-	-
Одношпindelний гайкокрут	-		+	-
Багатошпindelний гайкокрут (10 шпильок)	-	-	-	+

Втрати продуктивності під час розбирання різьбових з'єднань (РЗ) найбільше виникають на першому етапі — послабленні затягування деталей. Особливо це характерно для з'єднань, що працюють у складних умовах, таких як ходова частина автомобіля чи трактора, де розбирання без пошкодження кріпильних елементів іноді є неможливим.

Під час складання РЗ найбільша кількість збоїв у роботі механізованого та автоматизованого обладнання спостерігається на початковому етапі загвинчування, який називається наживленням. Часто цю операцію виконують



вручну, тоді як подальші етапи загвинчування та затягування здійснюються за допомогою засобів механізації. Основною причиною є неможливість забезпечити необхідну точність взаємного розташування деталей перед спряженням, що може призвести до неможливості з'єднання або заклинювання й пошкодження початкових витків різьби.

Для механізованого складання і розбирання різьбових з'єднань необхідно організувати подачу й вилучення кріпильних виробів. У дрібносерійному ремонтному виробництві для цього використовуються спеціальні касети. Головка гайкокрута повинна утримувати кріпильні елементи для їх захоплення з касети, подачі до місця монтажу, а також для зворотних операцій при демонтажі.

Використання механізованих і автоматизованих методів розбирання й складання РЗ під час ремонту машин має певні обмеження через наступні фактори:

1. Недоступність механізованих інструментів і обладнання для певних місць розташування РЗ.

2. Наявність складних для демонтажу РЗ, які потребують попередніх операцій для ослаблення затягування або навіть руйнування кріпильних виробів.

З урахуванням цих чинників, а також частоти технічного обслуговування та ремонтних робіт, найбільш перспективним є застосування одно- та багатошпindelних адаптивних гайкокрутів для таких агрегатів автомобілів і тракторів, як: головка блока циліндрів; кріплення кришок корінних і шатунних шийок колінчастого вала; піддон картера; коробка передач; розподільна коробка; редуктор заднього моста; муфта зчеплення; кріплення маховика; кріплення коліс автомобіля тощо.

Застосування механізованих засобів у цих агрегатах дозволяє підвищити продуктивність робіт і зменшити загальні витрати часу на ремонт.

**Мета і завдання досліджень.** *Мета роботи* – підвищення продуктивності і якості різьбоскладальних операцій на основі адаптивних

високоєфективних технологій в умовах механоскладального і ремонтного виробництва.

Відповідно до поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- проаналізувати відомі технології, способи і засоби механізованого і автоматизованого складання різьбових з'єднань, проаналізувати вплив конструктивних і геометричних елементів різьбових деталей на можливість їх спряження;

- проаналізувати режими механізованого і автоматизованого складання різьбових з'єднань і необхідну для цього точність взаємного розташування різьбових деталей;

- диференціювати процес механізованого і автоматизованого складання різьбових з'єднань до елементарних операцій, встановити режими їх виконання і можливість використання існуючого обладнання.

*Об'єкт досліджень* – адаптивні технологічні процеси складання різьбових з'єднань та технічні засоби для їх реалізації.

*Предмет досліджень* – можливість спряження різьбових деталей залежно від точності взаємного розташування, режимів загвинчування, параметрів різьби і умов податливого базування.

## 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ

Обладнання для різьбоскладальних робіт, яке застосовується для механізованих, автоматизованих та автоматичних методів розбирання і складання різьбових з'єднань (РЗ), часто не забезпечує достатньої надійності спряження різьбових елементів. Виникаючі відмови в роботі обладнання можуть спричинити пошкодження різьби, що негативно впливає на продуктивність процесу.

Для створення надійного обладнання, яке буде ефективно виконувати ці операції, необхідно провести аналіз існуючих методів і засобів аналогічного призначення. Це включає вивчення технологічних та конструктивних чинників, що стають причиною відмов у роботі. На основі цього аналізу слід визначити основні напрями досліджень і розробок, які дозволять створити обладнання з покращеними характеристиками, здатне забезпечувати стабільну та якісну роботу під час виконання різьбоскладальних операцій.

### 1.1. Основні відомості про різьби

Гвинтові поверхні, у яких твірними є прямі лінії, називаються гелікоїдами [4]. Гелікоїди задаються гелісами (гвинтовими лініями) і твірними (рис. 1.1).

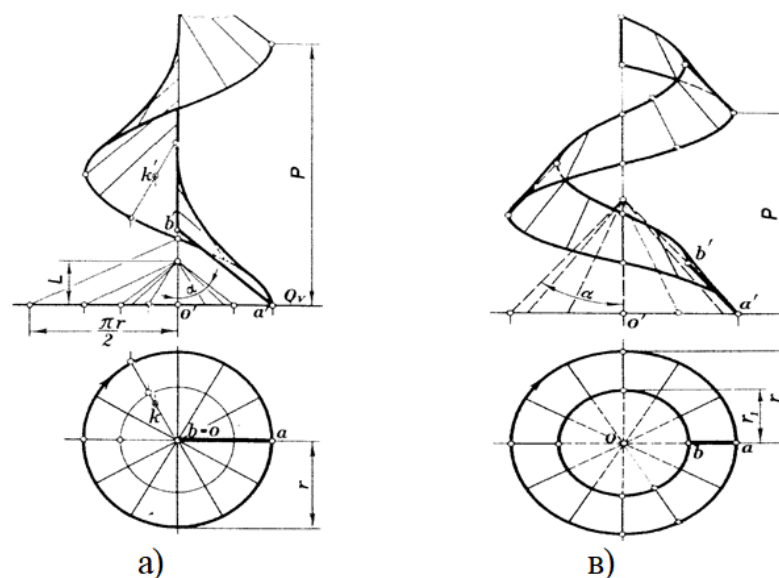


Рисунок 1.1 – Скісні гелікоїди правого ходу: а – закритий; б- закритий кільцевий;  $\epsilon$  - кут нахилу твірної  $ab$  до осі;  $P$  – крок;  $L$  – висота напрямного конуса поверхні.

Якщо твірна гвинтової поверхні утворює прямий кут із віссю, то її називають прямим закритим гелікоїдом або гвинтовим коноїдом. У випадках, коли твірна перетинає вісь під гострим або тупим кутом, таку поверхню називають скісним закритим гелікоїдом.

Різьба є частковим випадком гвинтової поверхні, яка може мати прямолінійну (гелікоїди) або криволінійну (гвинтові стовби, гвинтові пари) форму твірної. Залежно від геометрії поверхні, на якій утворюється різьба, а також напрямку гвинтового руху, вона поділяється на циліндричну й конічну, зовнішню й внутрішню, праву й ліву.

Різьбові з'єднання належать до групи рознімних і можуть бути як нерухомими, так і рухомими. За своїм призначенням різьби поділяються на кріпильні (для нерухомих з'єднань) і ходові або кінематичні (для рухомих з'єднань). У багатьох випадках кріпильні різьби також виконують додаткову функцію — забезпечують герметичність і ущільнення з'єднання.

Залежно від форми профілю, розрізняють різьби трикутні, трапецієподібні, прямокутні, круглі та спеціальні.

За розміром кроку різьби класифікують як крупні, дрібні та спеціальні. За кількістю заходів — на однозахідні й багатозахідні.

Також різьби поділяються на стандартні й спеціальні. До стандартних відносяться метрична, трубна циліндрична, трубна конічна, дюймова конічна, дюймова, трапецієподібна, упорна та кругла різьби.

Існує два типи спеціальних різьб:

1. Різьба зі стандартним профілем, але нестандартними розмірами діаметра або кроку. У таких випадках перед стандартним позначенням різьби додається маркування  $S_p$ .

2. Різьба з нестандартним профілем. На кресленнях профіль такої різьби зображується відповідно до стандартів креслення деталей, із зазначенням усіх необхідних розмірів.

Номинальний профіль метричної циліндричної різьби (рис. 1.2) і параметри її елементів визначаються стандартом ДСТУ ISO 1502:2006. Основні розміри

метричної різьби для діаметрів у діапазоні від 0,25 мм до 600 мм також передбачені цим стандартом. Крім того, виходи різьби, збіги, недорізи, проточки та фаски (рис. 1.3, таблиця 1.2) регламентовані згідно з ДСТУ ISO 1502:2006.

Форма западин у різьбі болтів може бути або закругленою, або плоскозрізаною. Закруглена форма вважається більш переважною через підвищену міцність. Водночас форма западин різьби гайок не стандартизується і може бути будь-якою.

Мінімальний крок різьби для метричної системи становить  $P = 0,075$  мм для діаметра  $d = 0,25$  мм.

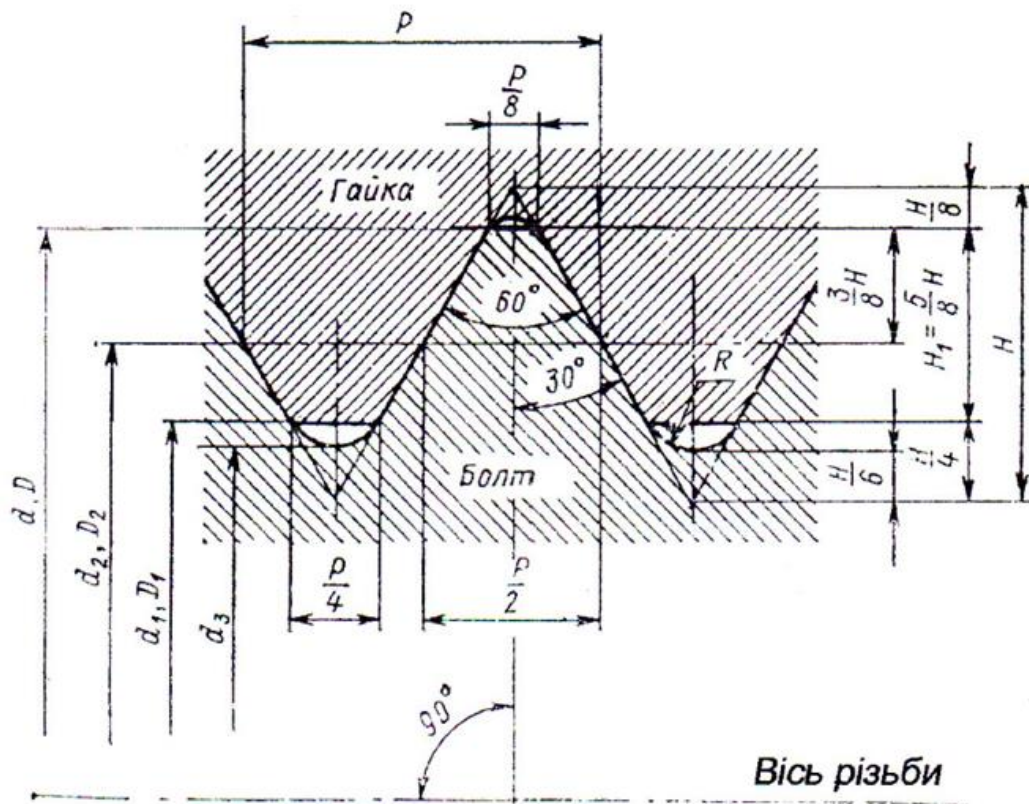
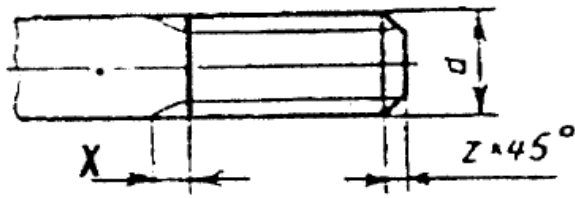


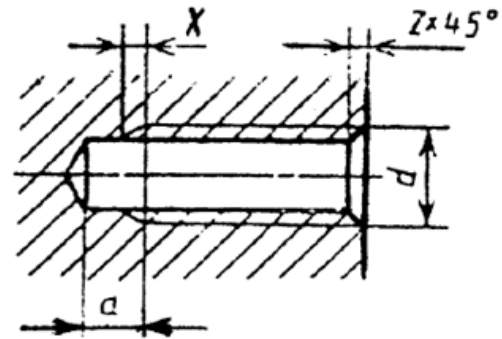
Рисунок 1.2 – Профіль метричної циліндричної різьби:  $d$  - зовнішній діаметр зовнішньої різьби (болта, гвинта шпильки);  $D$  - зовнішній діаметр внутрішньої різьби (гайки);  $d_2$  - середній діаметр різьби РС;  $D_2$  - середній діаметр різьби гайки;  $D$  - внутрішній діаметр різьби гайки;  $P$  - крок різьби;  $H$  - висота вихідного трикутника;  $R$  - номінальний радіус заокруглень западин зовнішньої різьби ( $R=H/6$ );  $H_1$  - робоча висота профілю;  $d$  - внутрішній діаметр зовнішньої різьби по дну западини.

Найбільший крок  $P=6$  мм встановлений з діаметра  $d = 64$  мм аж до  $d = 600$  мм, за винятком  $d — 65, 75, 78, 82$  мм.



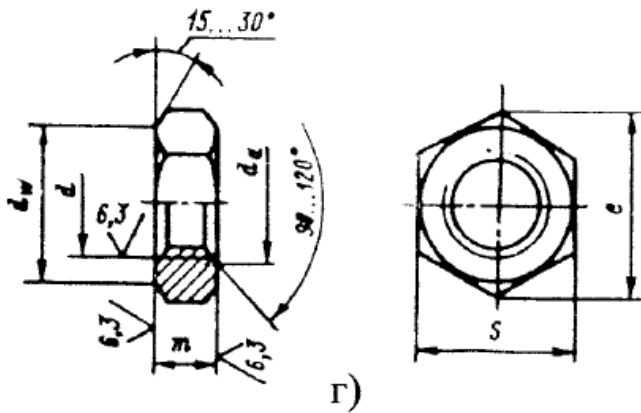
Допускається застосовувати кут  $60^\circ$

а)



Допускається застосовувати кут  $60^\circ$

б)



г)

Рисунок 1.3 – Фаски на різьбах: а) - на зовнішній різьбі; б) - на внутрішній різьбі; в) - на різьбі шестигранної гайки

Таблиця 1.2 Розміри фасок зовнішньої і внутрішньої метричної різьби

Крок різьби, мм	0,5	0,6	0,7	0,75	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Фаска Z, мм	0,5		1,0			1,6			2	2,5		3,0		4,0		4,0		

## 1.2 Різьбові з'єднання автотракторних двигунів

Різьбові з'єднання двигунів внутрішнього згорання складають значну частину їх з'єднань і під час поточних і капітальних ремонтів потребують певних матеріальних затрат для виконання розбирально-складальних операцій. Ці затрати можна зменшити підвищенням продуктивності виконання операцій розбирання і складання різьбових з'єднань, використовуючи механізовані інструменти, наприклад пневматичні гайкокрути. Проте їх

застосування обмежене недоступністю до окремих місць розташування різьбових з'єднань. Тому слід суміщати застосування універсальних і спеціальних ручних інструментів з механізованими. Нижче на рис. 1.4 — рис. 1.8 [1,3,4,32] подаємо деякі вузли дизельних і бензинових двигунів і перелік їх кріпильних виробів, які можна розбирати і складати механізованими інструментами.

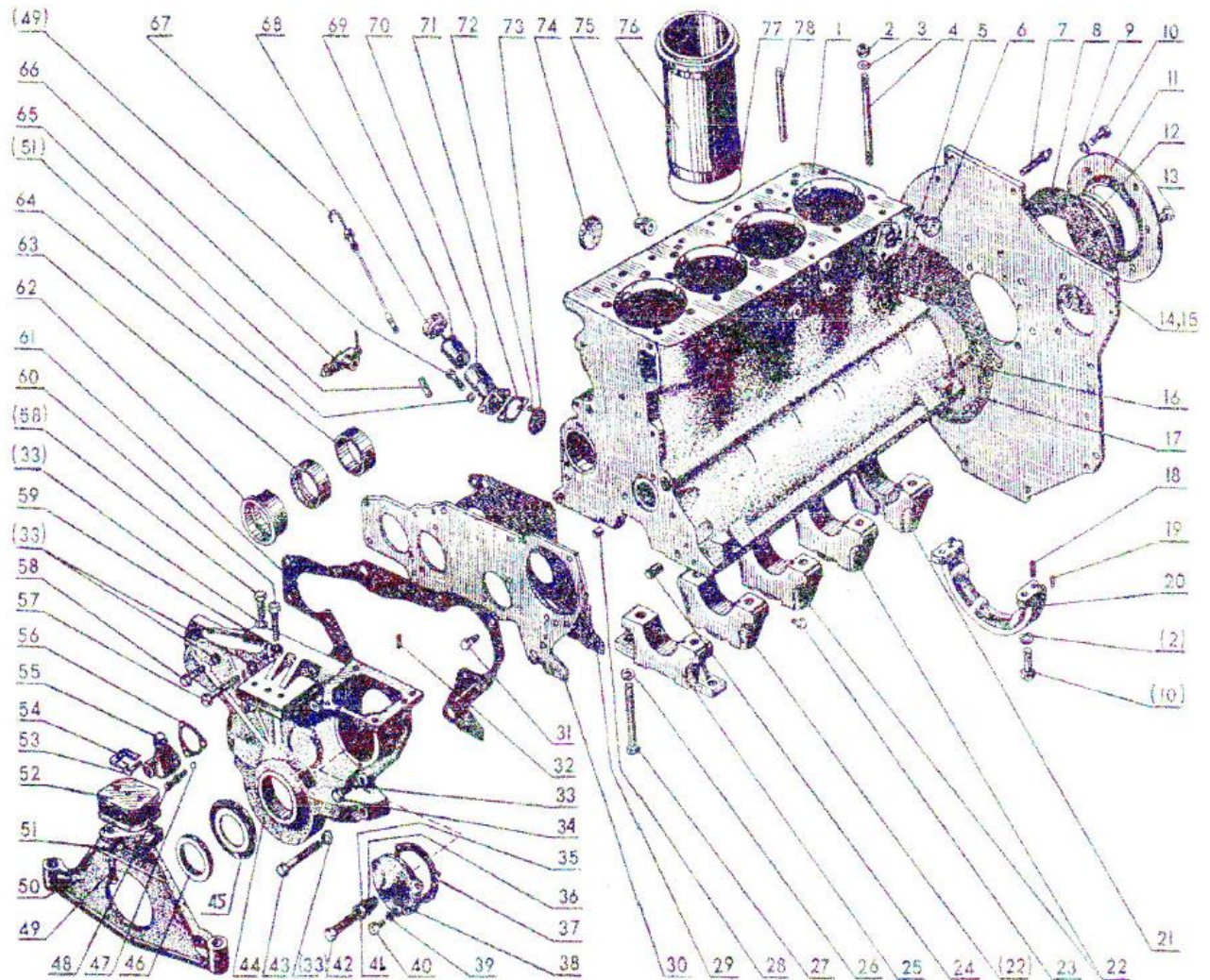


Рис. 1.4. Підвіска і блок циліндрів двигуна Д-240: 2 – Гайка М14х1,5 – 16 шт.; 3 – Шайба 14 – 16 шт.; 4 – Шпилька М14х1,5 – 12 шт.; 10 – Болт М12-6g х 35 – 9 шт.; 13 – Болт М10-6g х 35 – 8 шт.; 78 – Шпилька М14х1,5 – 4 шт.;

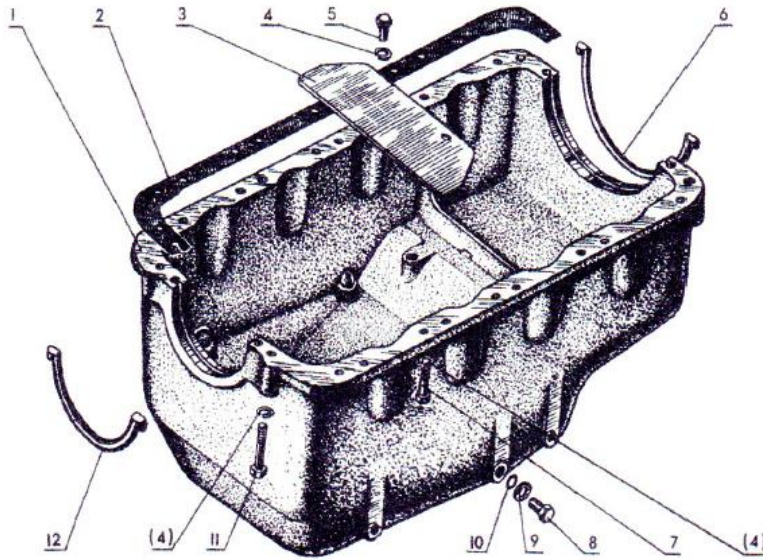


Рисунок 1.5 – Оливний картер двигуна Д-240: 7 — Болт М8-6gx25 — 18 шт.; 8 — корок — 1 шт.; 11 — Болт М8-dgx55 — 4 Шт.

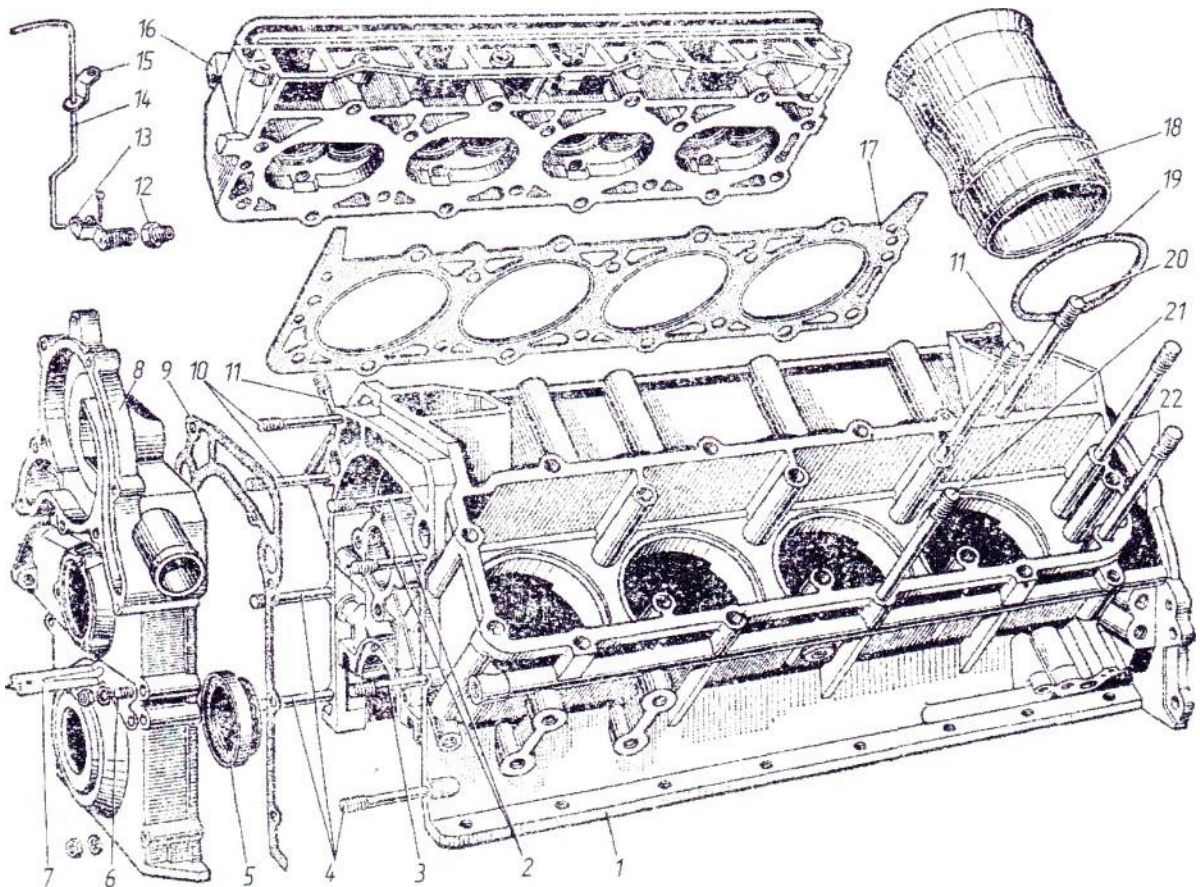


Рисунок 1.6 – Блок і головка циліндрів V-подібного двигуна автомобіля: 11 Шпилька М11х1х208 кріплення головки циліндрів - 9 шт.; 20 - Шпилька М11х1х170 кріплення головки циліндрів - 9 шт.; 21 - Шпилька М11х1х108 кріплення головки циліндрів - 8 шт.; 22 - Шпилька М11х1х195 кріплення головки циліндрів - 10 шт.; Гайка М11х1 - 36 шт.; Шайба 11,5 - 35 шт.



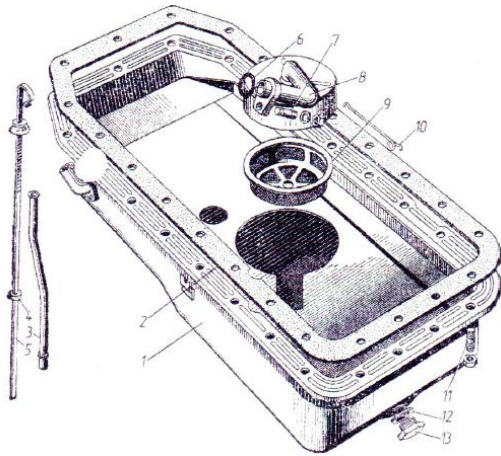


Рисунок 1.7 – Оливний картер двигуна автомобіля: 11 - Шпилька М8х1х14 кріплення оливного картера - 23 шт.; Гайка М8х1 - 23 шт.

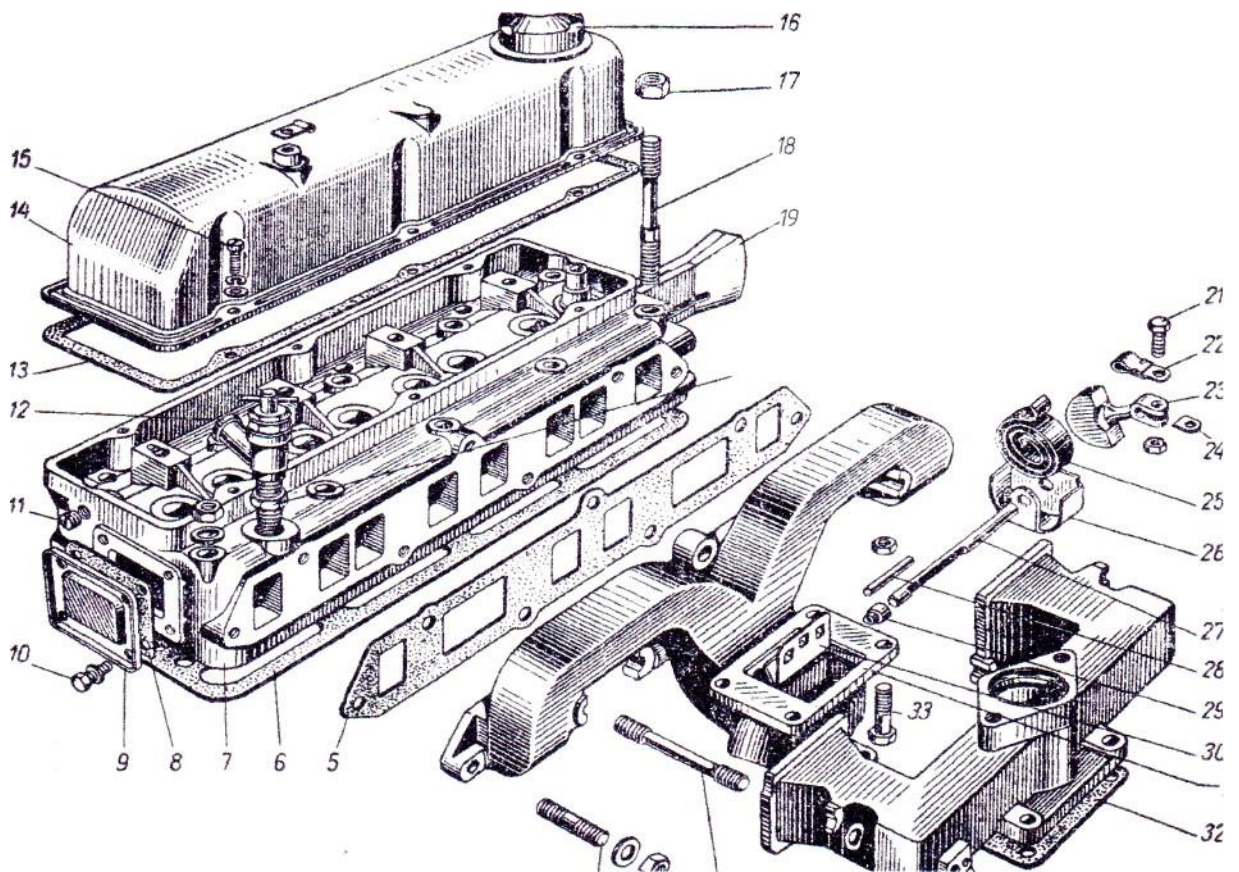


Рисунок 1.8 – Головка блока циліндрів рядного двигуна автомобілів: 10 - болт М8х1 8 - 4 шт.; болт М6х16 - 6 шт.; 17 - гайка М11х1 - 10 шт.; 18 - шпилька М11х1 х102 кріплення головки циліндрів - 10 шт.

### **1.3 Технологічні методи і засоби розбирання і складання різьбових з'єднань машин.**

Під час процесу розбирання різьбових з'єднань (РЗ) важливо забезпечити збереження придатності як самих різьбових деталей, так і елементів з'єднання, якщо це економічно виправдано [20]. Основною умовою для досягнення цієї мети є контроль і обмеження величини крутного моменту при відгвинчуванні, щоб уникнути пошкодження різьбового стержня (РС), особливо у випадках, коли з'єднання стало складним для розбирання.

Для розбирання складних РЗ застосовуються додаткові засоби і методи, які включають як механічний, так і хімічний вплив на окислені або заржавілі деталі. У разі неможливості розбирання без пошкодження, може бути прийняте рішення про часткове або повне руйнування лише однієї із деталей з'єднання.

Як приклад, на рисунку 1.9 представлено один із відомих способів розбирання складних для роз'єднання різьбових з'єднань [20]..

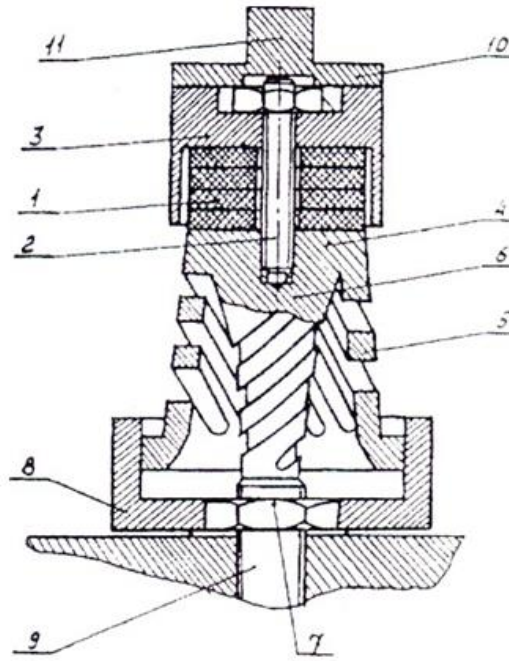


Рисунок 1.9 – Спосіб розбирання різьбових з'єднань: 1 - п'єзокерамічний перетворювач; 2 - шпилька; 3- корпус; 4 – частотно-понижувальний елемент разом з торсіоном 5 і концентратором 6; 7- відгвинчувальна гайка; 8 - наконечник; 9- болт; 10, 11- перехідник і квадрат.

Ефективність розбирання різьбових з'єднань значно зростає завдяки комплексному впливу на елементи з'єднання. Зокрема, на гайку спрямовуються однонаправлені крутильні коливання, на болт — подовжні механічні коливання, доповнені додатковими крутильними коливаннями, які можуть бути синфазними або протилежними відносно коливань гайки.

Основний метод складання різьбових з'єднань базується на досягненні контакту співвісно розташованих деталей різьбової пари та обертанні однієї з них у напрямку загвинчування. Цей підхід широко використовується в більшості відомих пристроїв і інструментів для складання різьбових з'єднань. Крім того, існують альтернативні методи, які передбачають використання різнопрямого обертання деталей різьбової пари [24]. Такі методи сприяють підвищенню надійності складання різьбових з'єднань. Їх суть полягає в тому, що одну із різьбових деталей обертають у напрямі протилежному загвинчуванню, щоб сумістити гвинтові поверхні початкових витків різьби в положенні, з якого починається наживлення. Таке суміщення відбувається в

момент різкого переміщення вниз РС, що фіксується візуально або спеціальним давачем, який подає сигнал на ввімкнення обертів шпинделя в напрямі загвинчування. Цей спосіб реалізовано за допомогою складальної головки [15], що має осьове і радіальне податливе базування і закріплена в руці робота - маніпулятора. Головка випробувана під час автоматичного наживлення і затягування різбових деталей з діаметром різби 20-30 мм при початковій неспівісності 3-4 мм і перекосі осей  $3-5^0$ .

За іншим способом [18], щоб забезпечити самоустановлення спряжуваних поверхонь різб, установлення мінімального перекоосу осей різбових деталей і плавного суміщення місця входу різб одної в іншу, деталі обертають в одному напрямі навколо їх осей але з різною швидкістю.

Фрикційно-інерційний метод складання різбових з'єднань [36] базується на передачі обертального руху різбовій деталі через сили тертя від пружно-еластичного елемента. У цьому способі гайка 1 (рис. 1.10 а) орієнтується по відношенню до болта 2 завдяки вертикальному стержню 3, на якому вона базується внутрішнім діаметром [18]. Вісь обертання фрикційного диска 4 нахилиється до вертикалі на кут  $\alpha$ . У процесі спуску гайка контактує з диском, отримуючи від нього обертальний рух, що забезпечує її нагвинчування на болт 2.

Цей спосіб ефективний лише для виконання наживлення та попереднього загвинчування, оскільки сили тертя між різбовою деталлю та пружним елементом недостатньо для досягнення необхідного моменту затягування.

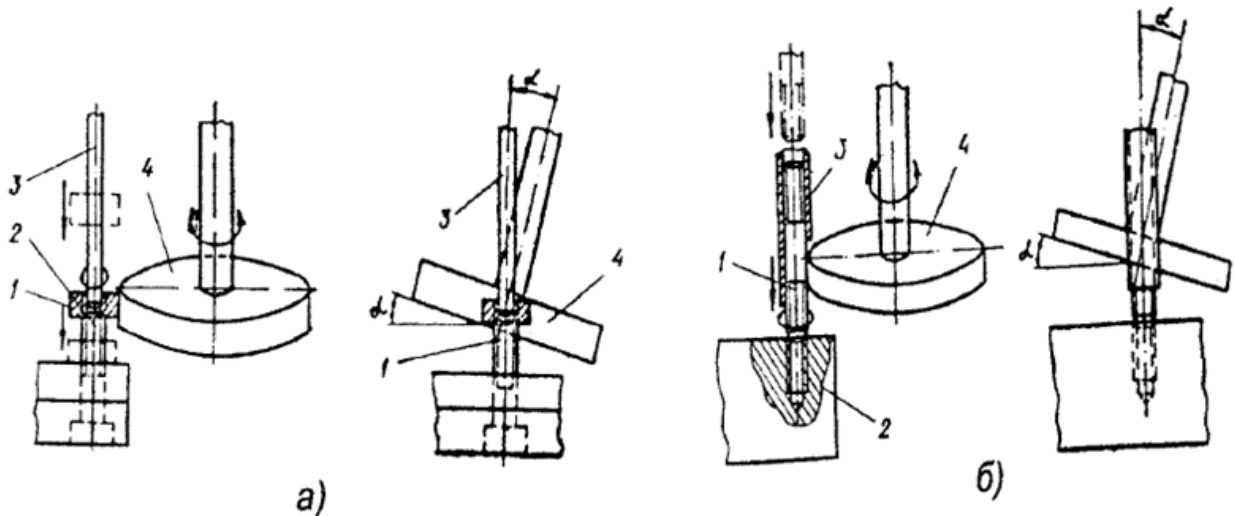


Рисунок 1.10 – Фрикційно-інерційний спосіб загвинчування: а- гайок: 1- гайка; 2- болт; 3- напрямний стержень; б-шпильок: 1- шпилька; 2- корпус; 3- напрямна втулка.

У пристроях [15] для орієнтації, наживлення та нагвинчування кріпильних елементів (рис. 1.11) використовується робоча головка 12, яка з'єднана з хвостовиком 11. Процес наживлення гайки 34 відбувається через несамогальмівну різьбову пару між хвостовиком 11 та гайками 18 і 19, які мають різнонаправлену гвинтову нарізку (ліву і праву). Хвостовик 11 також оснащений гвинтовими нарізками обох напрямів. Перемикання гайок 18 і 19 здійснюється через електромагнітні муфти 20 і 21, що активуються кулачком 7 через перемикач.

Коли пристрій опускається, гайка 34, утримувана механізмом 32, потрапляє у гніздо головки 12 та впирається в торець РС 33, після чого хвостовик 11 зупиняється. Шпиндель 4 продовжує рухатися вниз, змушуючи гайку 18 ковзати по лівій нарізці хвостовика 11, який у цей момент підключений до підгальмованого шпинделя 4 через муфту 20. Це призводить до обертання хвостовика 11 разом із головою 12, що забезпечує наживлення гайки 34 на РС 33.

Після завершення наживлення активується привід шпинделя 4 для виконання загвинчування та затягування гайки 34. Якщо під час цього процесу гайка 34 перекошується або її різьба забита, крутний момент наживлення перевищує момент гальмування. У цьому випадку шпиндель 4 починає обертатися у зворотному напрямку (відгвинчування), і через гайку 19 з правою нарізкою хвостовик 11 разом із головою 12 повертається, виводячи гайку 34 із заклиненого стану. Після цього пристрій здійснює повторну спробу загвинчування.

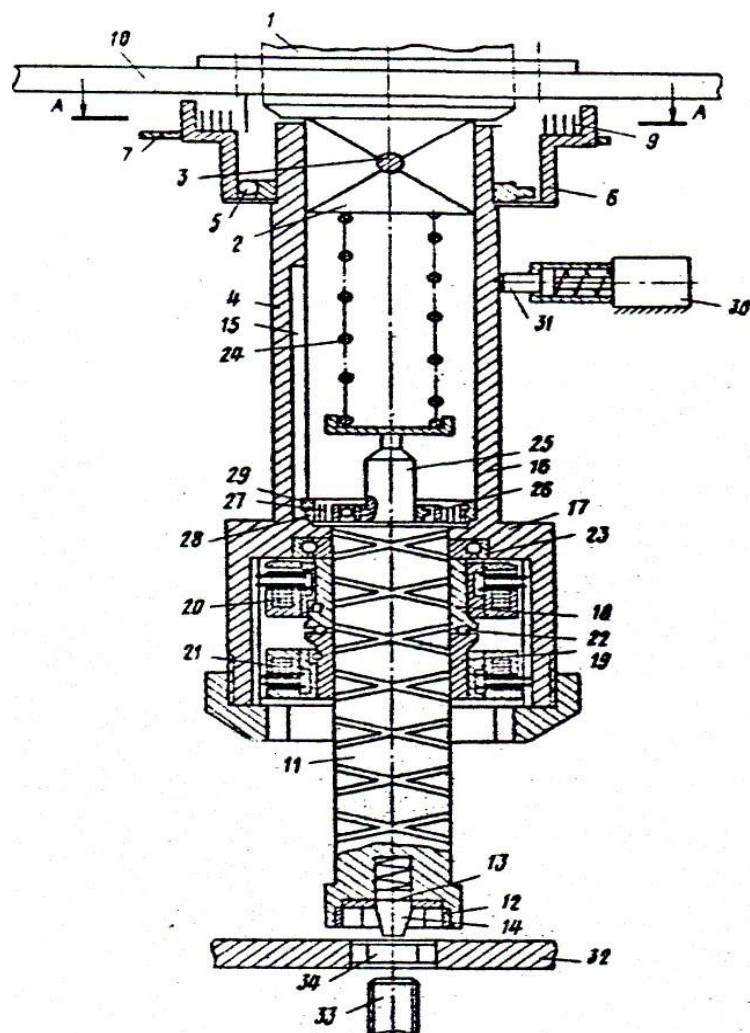


Рисунок 1.11 – Пристрій для орієнтування, наживлення і нагвинчування кріпильних деталей.

Під час механізованого наживлення гайок вони повинні мати можливість

компенсувати, більші від допустимих, похибки їх розташування відносно РС. Для цього використовуються різноманітні конструкції головок [16], які утримують гайки підпружиненими або пружними елементами, що забезпечує умови для їх орієнтування відносно РС за рахунок взаємодії фасками. Якщо величина не співвідносно перевищує сумарну величину фаски гайки і РС використовують інші засоби її компенсації, наприклад робочу головку стаціонарного пристрою для складання різьбових з'єднань.

В податливій головці гвинти 35 подаються боковим нахиленим лотком 11с і утримуються важелями 15, що мають здавачі зміщення 15j (рис. 1.12.). Якщо різьбовий отвір 36а розташований не співвідносно з головкою, то при початковому контакті з ним гвинта 35 важіль 15 повертається і датчик 15j подає сигнал на переміщення головки в необхідному напрямі.

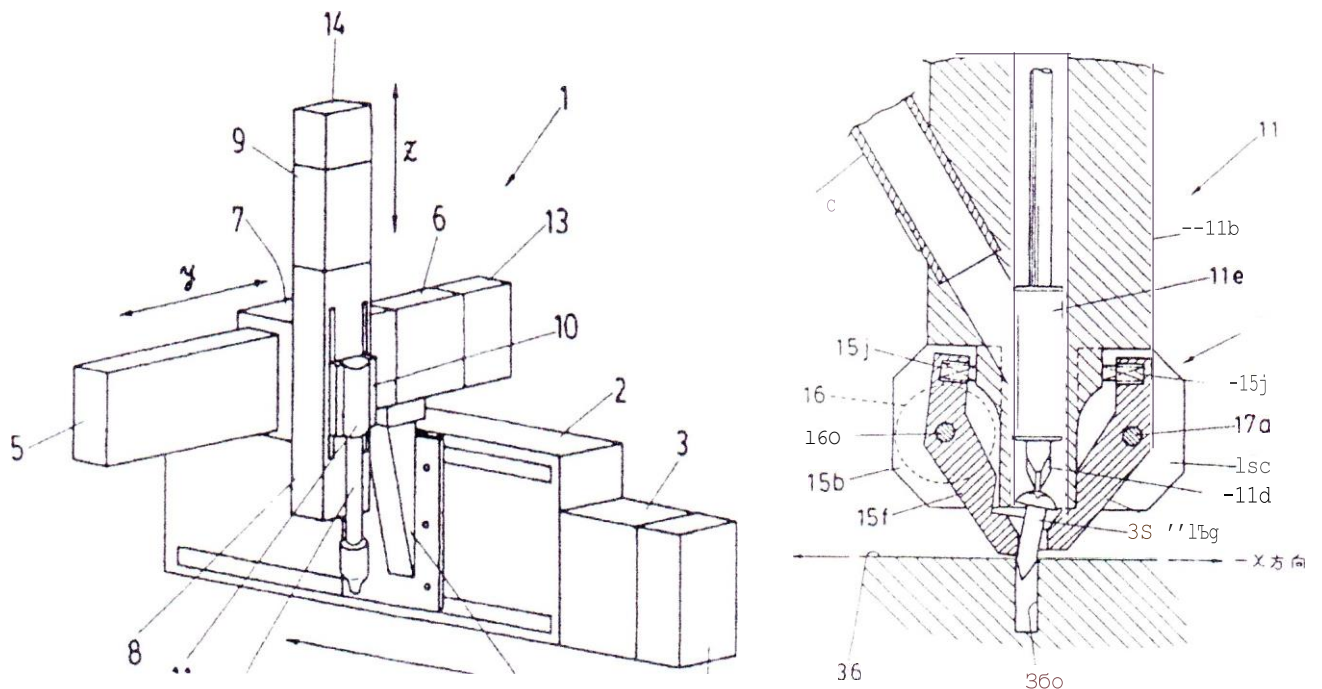


Рисунок 1.12 – Податлива головка для загвинчування гвинтів: 1- зовнішній вигляд; 11- головка; 11с- лоток подачі гвинтів; 11d- викрутка; 15- важелі (тримачі гвинтів); 15j- здавачі зміщення; 35- гвинт; 36а- різьбовий отвір.

Автоматичний пристрій для загвинчування гайок [15] забезпечує контроль правильного положення гайки на початковому етапі загвинчування,

який виконується із застосуванням невеликого крутного моменту (рис. 1.13). У разі виявлення перекосу гайки 7 у головці 6, двигун автоматично зупиняється і запускається у зворотному напрямку (реверсується).

Перекос гайки визначається за зміною розрідження в повітряних каналах 10 і 12. Після фіксації помилки пристрій автоматично розпочинає повторний цикл загвинчування. Такий алгоритм роботи пристрою включає елементи адаптації, що дозволяють забезпечувати більш надійне виконання процесу.

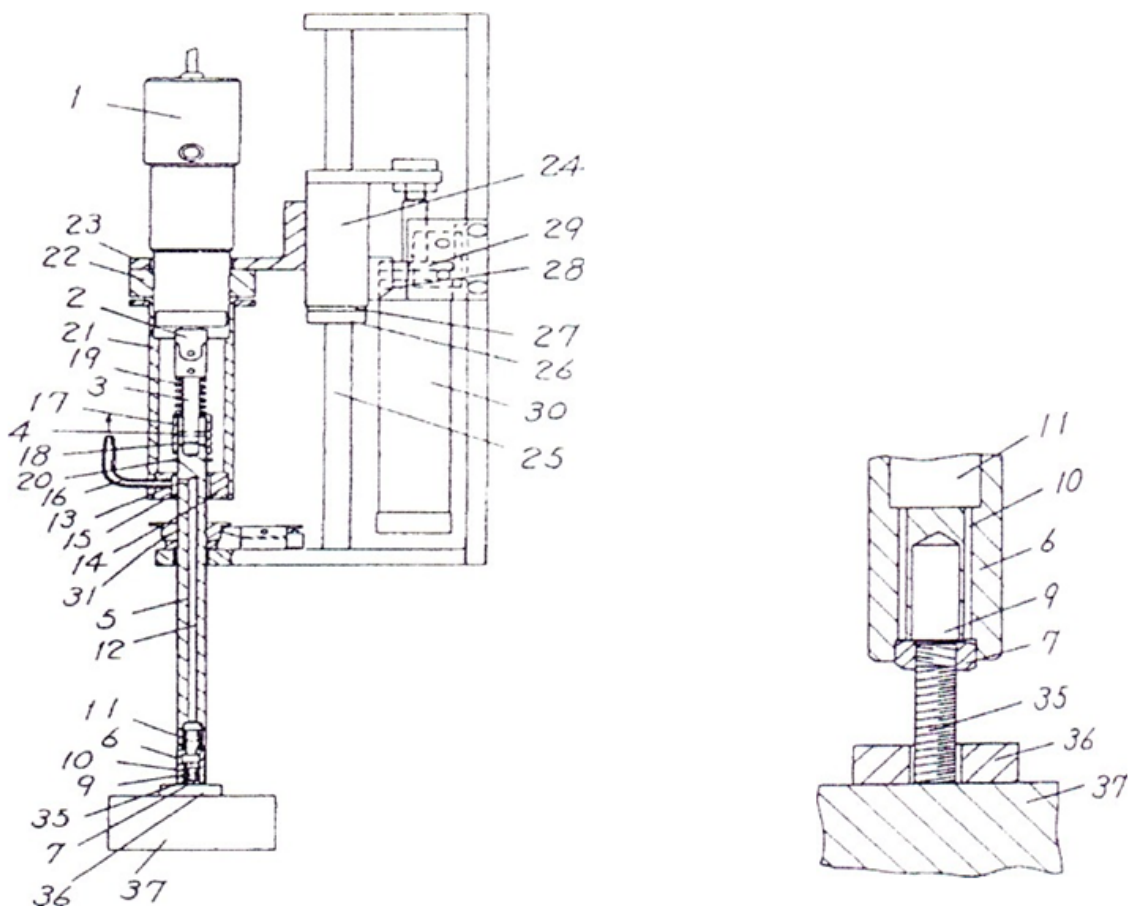


Рисунок 1.13 – Автоматичний пристрій для загвинчування гайок: 1- електропривод; 5- шпindelь; 6- головка; 7- нагвинчувана гайка; 10, 11, 12- повітрянi канали; 16- відсмоктувальний штуцер; 35- шпилька.

В роботах [15,16] започаткована і розвинена ідея адаптації різьбоскладальних пристроїв, яка полягає в тому, що при заклинюванні різьби автоматично вмикається короткочасний реверс шпинделя, а потім знову



починається спроба загвинчування.

В роботах [14,15] сформульовано технологічні і конструктивні вимоги до адаптивного різьбоскладального обладнання, наведено приклади їх застосування і подано опис їх конструкцій.

Складання РЗ залежно від механізації можна розділити на п'ять ступеней:

1) складання з'єднань за допомогою ручних інструментів (ключів, викруток, головок) універсальних і спеціальних, що враховують специфіку вузла;

2) складання різьбових з'єднань за допомогою різьбозагвинчувальних машин, керування якими і допоміжні роботи виконуються вручну;

3) складання з'єднань за допомогою ручних машин, коли всі допоміжні операції включно із подачею різьбових деталей живильниками, виконуються автоматично, а ручним способом — тільки керування різьбозагвинчувальною машиною;

4) складання з'єднань на спеціальному стаціонарному обладнанні із ручною подачею різьбових деталей;

5) складання з'єднань і всі допоміжні операції виконують складальні автомати.

Розбирання РЗ також можна поділити на аналогічні складанням рівні механізації, за винятком останнього. Інформацію про повну автоматизацію розбирання РЗ під час ремонту машин в доступних нам літературних джерелах немає. Хоч для створення розбиральних автоматів і напіваавтоматів якихось технічних перепон ми не бачимо, якщо це стосується серійних об'ємів ремонту і вигідно із економічних міркувань.

Для умов ремонтного виробництва механізоване (автоматизоване) і автоматичне обладнання повинно бути пристосовано як для розбирання так і для складання виробів шляхом простого переналагодження. Аналогією можуть бути ручні електро-пневмагайкокрути, що мають реверсивні двигуни і використовують в обох варіантах.

Отже, розбирання і складання РЗ виконується однаковими інструментами

і обладнанням і основними із них для ремонтного і інших виробництв є ручні ключі і викрутки. Їх широке застосування обумовлене економічними причинами. Асортимент цих інструментів надзвичайно різноманітний — від універсального до спеціального виконання і призначення. Наприклад,

- ключі кільцеві з відкритим зівом;
- ключі гайкові комбіновані (з відкритим зівом і кільцеві);
- ключі кільцеві двосторонні колінчасті;
- ключі ріжкові;
- ключі гайкові розвідні;
- змінні головки з внутрішнім шестигранником.

За способом контролю моменту затягнення ключі можна розділити на:

- ключі динамометричні, які безперервно показують зміну крутного моменту під час затягнення;
- ключі граничні, які відключаються при досягненні заданого моменту затягнення;
- ключі, в яких не передбачено обмеження крутного моменту.

Підвищення продуктивності праці під час розбирання і складання РЗ досягається за рахунок широкого застосування різноманітних механізованих інструментів. Їх застосування під час розбирання РЗ сприяє також збереженні значної кількості кріпильних виробів, які придатні для повторного використання [16].

Принцип роботи, конструктивні особливості, технічні характеристики та інші деталі щодо механізованих інструментів для розбирання та складання різьбових з'єднань (РЗ) висвітлені у багатьох джерелах [8,9,14,15,18,19], які розглядають механізацію та автоматизацію технологічних процесів ремонту й виготовлення машин. Ці інструменти включають ручні й автоматизовані, однак багатошпindelні гайкокрути з пневматичними, електричними, гідравлічними приводами, а також електромеханічні гайкокрути (рис. 1.14).

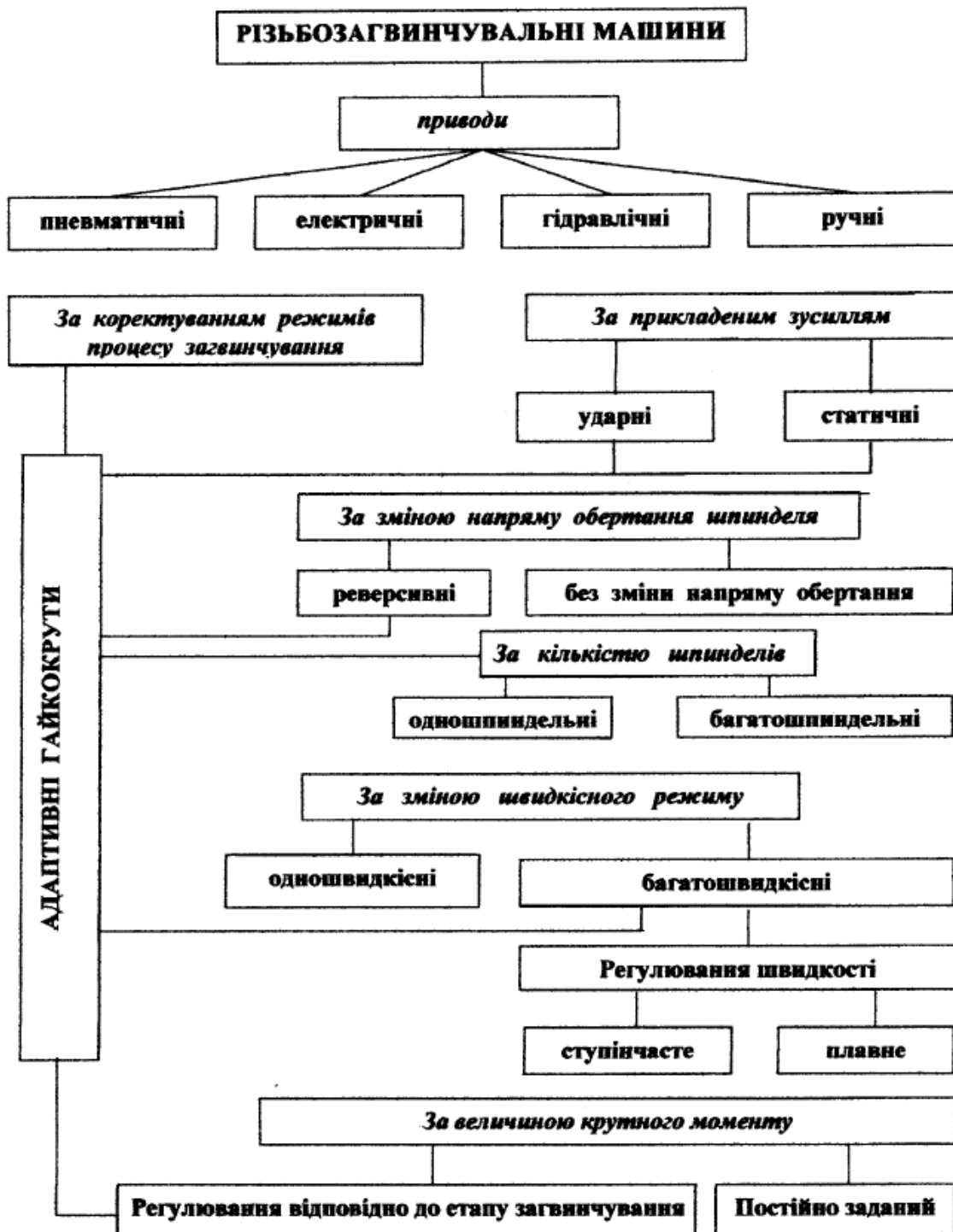


Рисунок 1.14 – Класифікаційна схема різьбозагвинчувальних машин

За принципом дії перетворювача моменту гайкокрути поділяються на три основні групи [16]:

1. Гайкокрути з редуктором і муфтою обмеження крутного моменту. У них

обертання двигуна передається на шпindel через редуктор, що забезпечує контрольований момент затягування.

2. Прямі гайкокрути. Обертання від двигуна безпосередньо передається на шпindel, що робить ці інструменти надійними при роботі з пневматичними приводами, стійкими до перевантажень.

3. Гайкокрути ударно-імпульсної дії. У таких інструментах спеціальна муфта перетворює безперервний обертальний рух у серію обертово-ударних імпульсів. Ця група є найбільш поширеною завдяки невеликій масі та відсутності реактивного моменту, що значно полегшує роботу оператора.

Гайкокрути ударно-імпульсної дії широко застосовуються в практиці через їх універсальність та ефективність, особливо при роботі з різбовими з'єднаннями, що потребують точного моменту затягування.

В таблиці 1.3. [18] подано порівняльну характеристику відомих гайкокрутів залежно від типу двигуна.

Таблиця 1.3 – Порівняльна характеристика гайкокрутів

Показники	Електричні	Гідравлічні	Пневматичні
Питомий крутний момент, Нм.	0,7-1,0	2,5-3,5	2,0-2,5
К.к.д.	40-50	55-65	7-11
Вага інструмента при однаковій потужності, кг	8-10	2,5-3,0	2,0-2,5
Споживана потужність електроенергії в кВт при $M_{кр} = 30$ Нм	0,75-1,0	0,7-0,8	4,0-6,0
Шумність роботи	Шум середн. сили і високої частоти	Шум відсутній	Різкий шум сили і високої частоти

Ефективність використання ручних механізованих інструментів невисока, коли попереднє нагвинчування кріпильних виробів на 1,5-2 витки виконують

вручну. Цей недолік усувається застосуванням пристроїв для автоматичної подачі гайок, гвинтів, болтів. Деякі з них зображені на рис. 1.14, 1.15, 1.16.

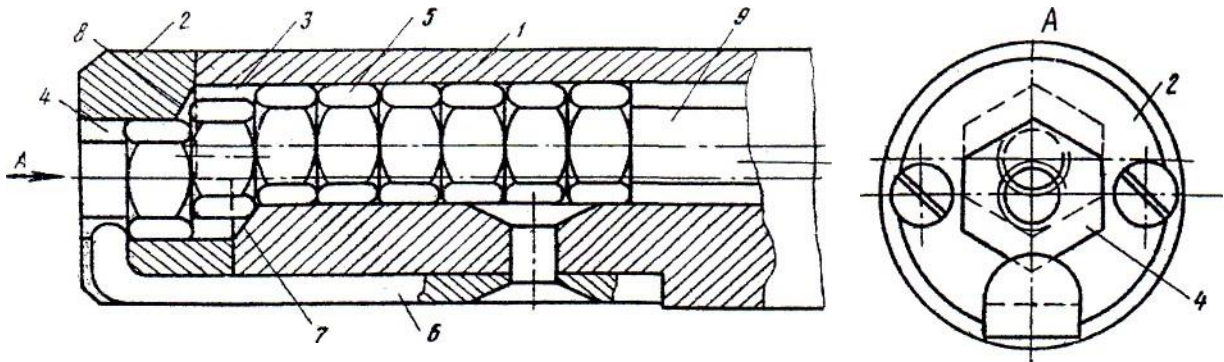


Рисунок 1.15 – Магазинний пристрій до гайковерта: 1 - корпус; 2 - головка; 3 - канал; 4 - приймальний канал; 5 - гайки; 6 - пружний упор; 7, 8 - скоси; 9 - поршень.

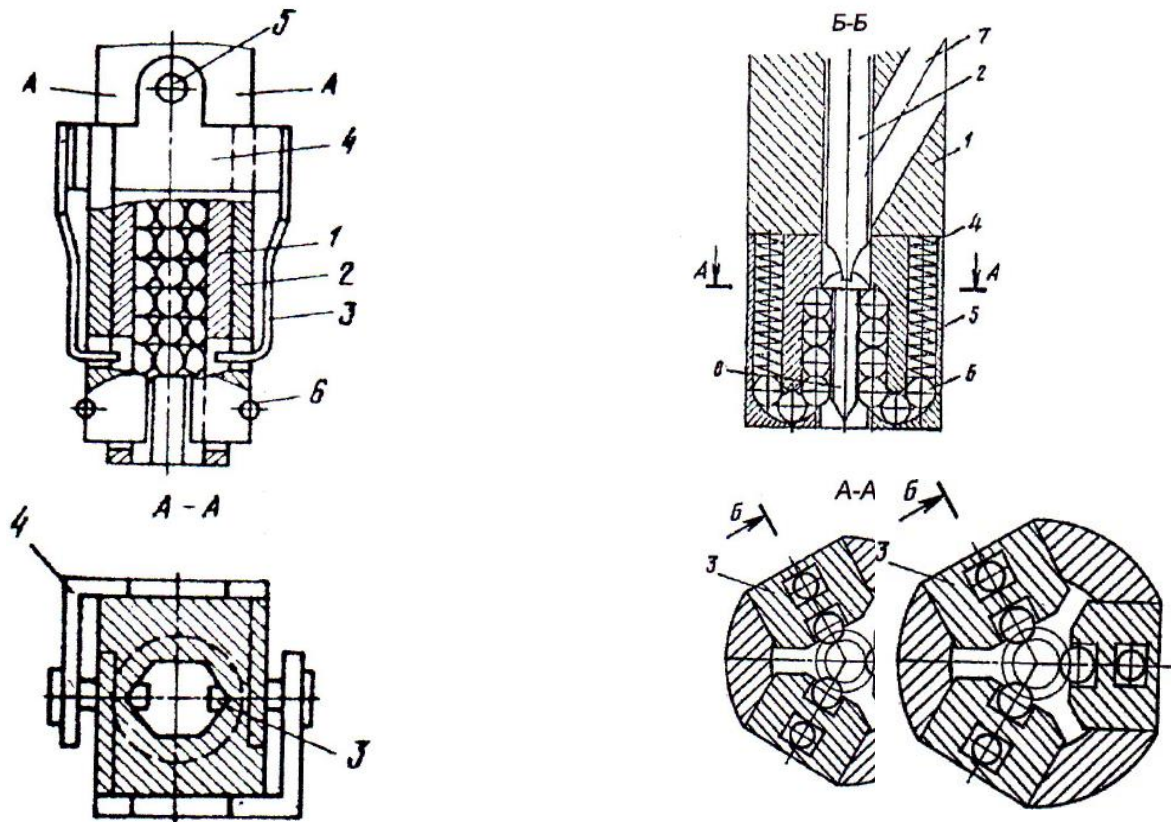


Рисунок 1.16 – Гайковерт: 1- корпус; 2- підпружинені собачки; 3- відсікачі; 4- двоплечі важелі; 5- вісі важелів; 6- пружина кільцева.

Рисунок 1.17 – Головка адаптивного гайковерта: 1- корпус; 2- викрутка; 3- вкладиш; 5- пружина; 6- кульки, 7- канал для гвинтів.

Важливе значення для забезпечення експлуатаційних показників роботи

різьбових з'єднань має осьова сила їх затягування. Цьому присвячено багато досліджень, зокрема точності затягування і розробки ударних гайкокрутів з підвищеною енергомісткістю.

Для підвищення продуктивності праці складальників і покращення умов роботи ручні механізовані інструменти закріплюють на балансирних підвісках над робочим місцем. Після закінчення механізованої операції руки робітника звільняються і він може виконувати інші роботи.

В багатьох випадках для розбирання і складання окремих вузлів і агрегатів машин застосовують електромеханічні гайкокрути різних конструкцій: підвісні, стаціонарні, рухомі, одно- і багатошпindelні. Їх кінематична схема однотипна: шпindel одержує обертання від електродвигуна через шестеренчастий редуктор, муфту і конічну або черв'ячну передачі. Вони дозволяють одержати на шпindelі великий крутний момент — 5000 Нм і більше. Такий гайкокрут і стелд, що застосовуються для технічного обслуговування і ремонту автомобілів і тракторів зображено на рисунках 1.17.

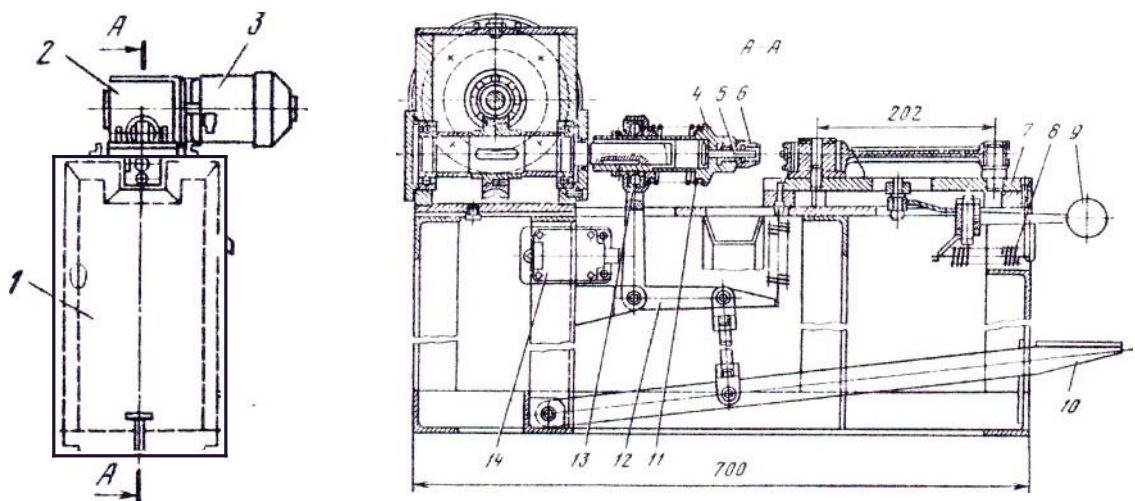


Рисунок 1.18 – Стелд для загвинчування і відгвинчування гайок шатуна:  
 1- станина; 2- черв'ячний редуктор 3- електродвигун; 4- головка; 5- виштовхувач; 6- торцевий ключ; 7- повзун базування шатуна; 9- ручка; 8- пружина; 10- педаль; 11- пружина; 12- важіль; 13- натискний підшипник; 14- кінцевий перемикач.

Механізм гайкокрута для гайок коліс автомобіля (рис 1.17 а) змонтований на візку із двома котками 2, що дозволяє переміщати його по підлозі гаражу, і має упор, який є третьою опорою візка в робочому положенні. Принцип роботи гайкокрута ударний і базується на використанні моменту інерції від обертання маховика (рис. 1.17 б), що передається на шпindel в момент вмикання муфти. За перший удар момент затягування дорівнює 350-400 Нм і з кожним наступним вмиканням муфти момент збільшується на 50-70 Нм.

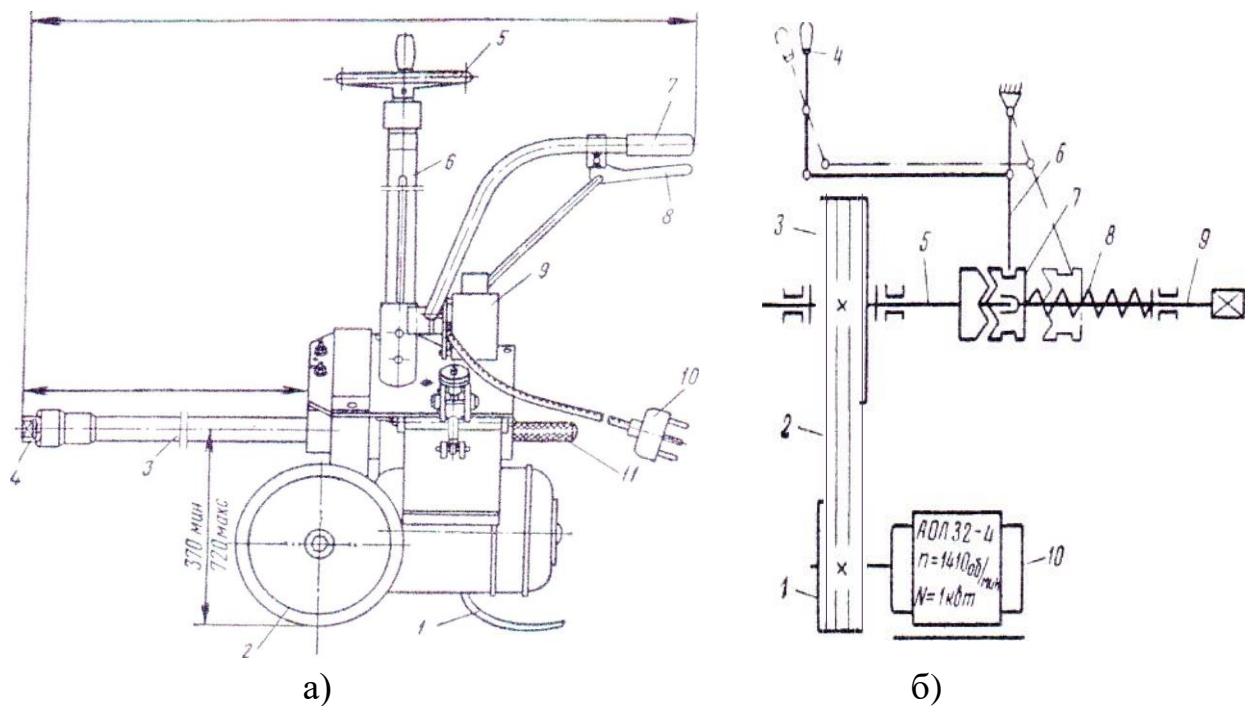


Рисунок 1.19 – Електромеханічний гайкокрут для гайок коліс автомобіля:  
 а- вигляд збоку: 1- упор; 2- котки; 3- шпindel; 4- головка; 5- маховик гвинта вертикального переміщення шпинделя; 6- стійка гайки гвинта; 7- ручка; 8- ручка вмикання муфти шпинделя; 9- перемикач; 10- вилка; б - кінематична схема механізму гайкокрута: 1- шків електродвигуна; 2- клинопасова передача; 3- маховик; 5- вал маховика; 6- вилка вимкнення муфти; 7- муфта; 8- пружина вмикання муфти; 9- шпindel; 10- електродвигун.

Багатошпindelні механізовані інструменти компонують на основі

різьбоzagвинчувальних головок, які спорядженні двигунами: пневматичними, електричними, гідравлічними. Щоб забезпечити заданий момент затягнення головки оснащуються пристроями, які від'єднують шпиндель від приводу після досягнення необхідної величини крутного моменту. В пневматичних головках величину крутного моменту можна регулювати тиском повітря.

#### **1.4. Адаптивні пневматичні гайкокрути**

Адаптація складального обладнання передбачає наявність органів відчуття, які реагують на зміни технологічного процесу і виробляють команди на усунення перешкод виконання процесу складання. Адаптація різьбоскладального обладнання до умов виконання операцій загвинчування обумовлена відмова ми в його роботі, які найчастіше трапляються на початковому етапі спряження різьбових деталей. Ці відмови проявляються наступним чином:

1. Відсутність наживлення.
2. Заклинювання і пошкодження західних витків різьби.

Щоб усунути заклинювання різьби загвинчувальний пристрій повинен розпізнати його і зреагувати на це короткочасним реверсом шпинделя з наступною спробою наживлення. Крутний момент під час наживлення повинен бути незначним, щоб не пошкодити західні витки різьби, якщо станеться заклинювання. Кутова швидкість шпинделя і осьове зусилля під час наживлення повинні відповідати умовам взаємного орієнтування різьбових деталей. Після наживлення кутова швидкість повинна збільшуватися до найбільшого значення приводу, щоб забезпечити високу продуктивність загвинчування. На кінцевому етапі крутний момент на шпинделі має зрости і забезпечити задану степінь затягнення різьбового з'єднання.

Підсумовуючи вище сказане можна сформулювати наступні технічні і технологічні вимоги до адаптивного обладнання для складання різьбового з'єднання типу гайка - шпилька:

1. Гайка повинна мати податливе базування, що забезпечує їй чотири



степені вільності.

2. Система керування приводом різьбоскладального пристрою забезпечує:

2.1. Незначний крутний момент, котрий здатний здійснити наживлення і не пошкодити західні витки різьби при заклинюванні.

2.2. Осьове зусилля і частоту обертання шпинделя, що відповідають умовам самоорієнтування різьбових деталей на початковому етапі.

2.3. Автоматичне вмикання короткочасного реверсу у відповідь на заклинювання різьби з наступною спробою загвинчування.

2.4. Крутний момент, котрий під час реверсу повинен розклинити різьбу.

2.5. Максимально допустимі приводом оберти шпинделя під час загвинчування.

2.6. Крутний момент необхідний для затягнення різьбового з'єднання.

2.7. Можливість переналагодження початку загвинчування з короткочасного реверсу шпинделя.

2.8. Можливість переналагодження на постійний реверс шпинделя для розбирання різьбових з'єднань.

3. Захоплення кріпильних виробів із касети і утримування головкою, механізовану подачу із касети-ключа, безперервне живлення від бункерного завантажувального пристрою.

Відомі адаптивні гайкокрути з вказаними адаптивними властивостями (рис. 1.20). Щоб забезпечити такі властивості, типовий стандартний пневмогайкокрут доукомплектується спеціальною системою керування (рис. 1.21.). Загалом ця система керування повинна містити: давач (заклинювання різьби) зупинки шпинделя, механізм реверсу шпинделя, блок перетворення і передачі сигналу від давача зупинки до механізму реверсу шпинделя, блок регулювання тривалості реверсу, блок початкового реверсу, блок попередження реверсу під час затягування, блок регулювання величини крутного моменту і частоти обертання шпинделя, давачі початку і закінчення операцій загвинчування.

Зазвичай кількість блоків такої системи керування менша від вказаного тут переліку, тому що часто один блок може виконувати декілька функцій.

Система керування адаптивного різьбоскладального пристрою базується на стандартних елементах електроавтоматики, електроніки, пневмоавтоматики високого і низького тисків, зчіпних муфт, муфт граничного моменту, упорів тощо. Будова адаптивної системи керування та її елементна база залежать від багатьох виробничих і технологічних чинників, а також від вимог щодо ступені адаптації.

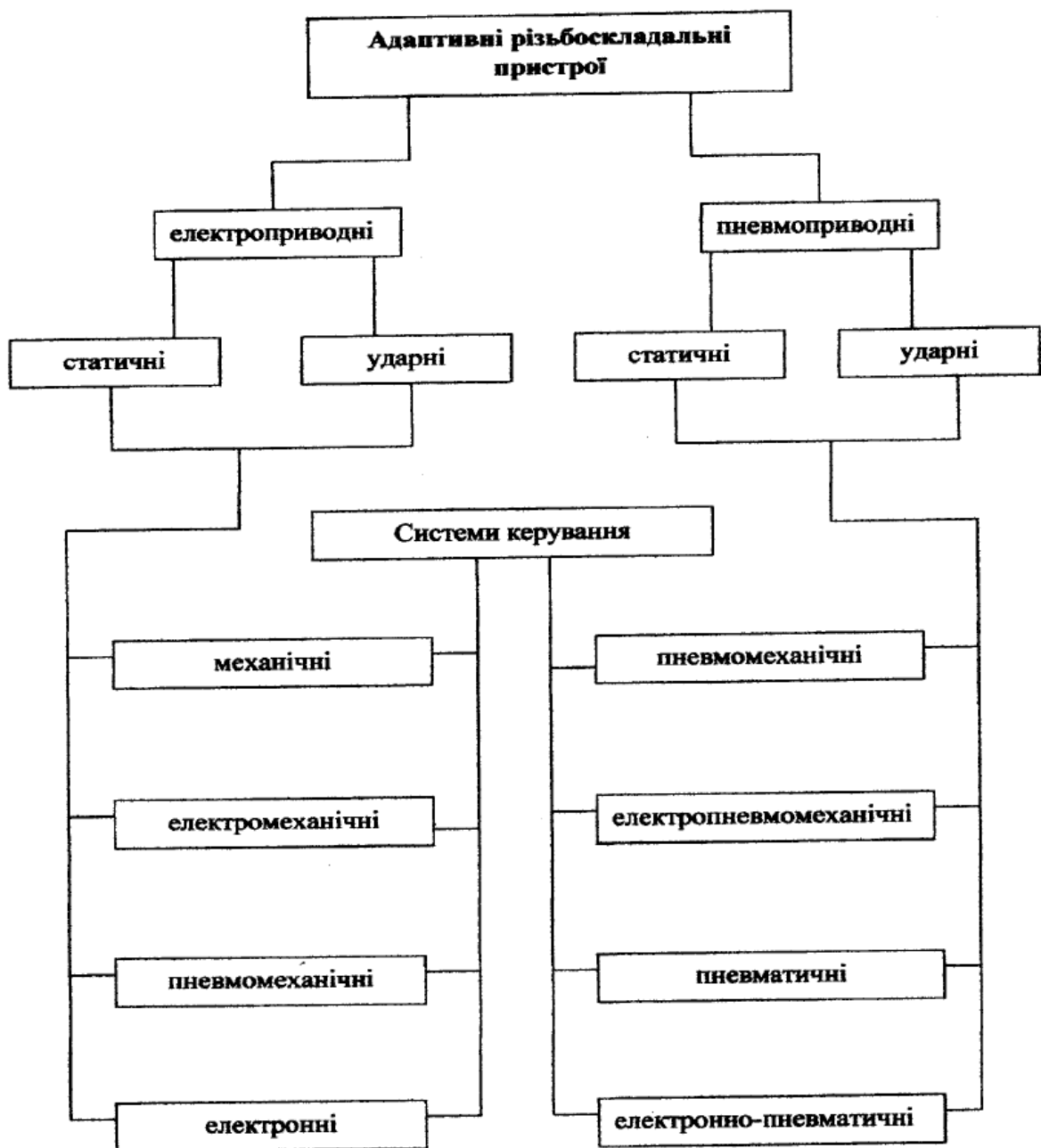


Рисунок 1.20 – Класифікаційна схема адаптивних гайкокрутів

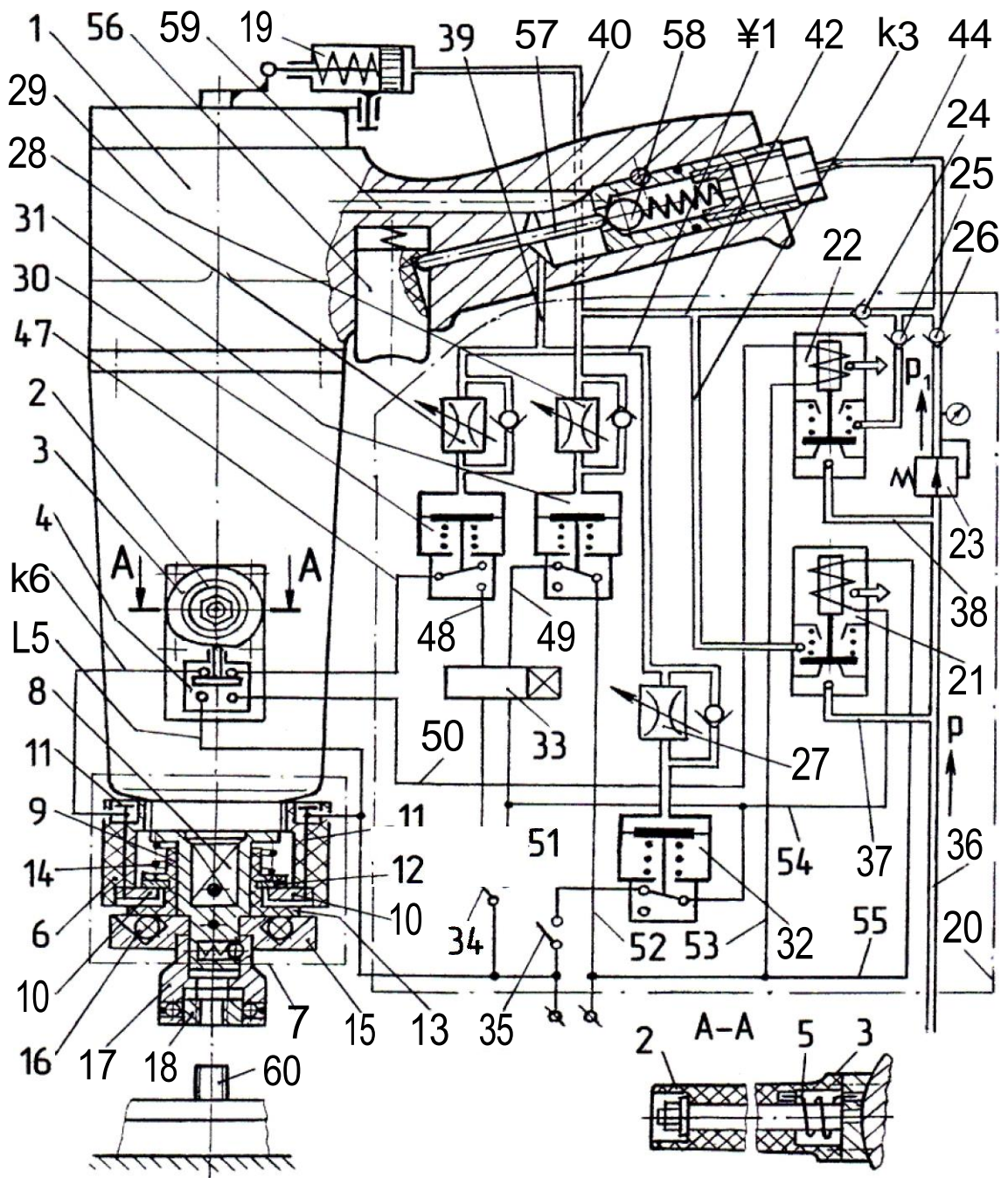


Рисунок 1.21 – Принципова схема адаптивного ручного пневмогайкокрута.

### 1.5. Розробка конструкції адаптивного гайкокрута і головки для утримування кріпильних виробів

Під час роботи адаптивних гайковерт за рис. 1.21 складальник не завжди має можливість вчасно зреагувати на автоматичний реверс шпинделя і,

маніпулюючи гайковертом, поправити співвісність розташування з'єднаних різьбових деталей. Тому реверс шпинделя може повторюватися декілька разів і створюється враження, що різьбові деталі не з'єднуються через наявність у них браку. Це вимагає підвищеної кваліфікації робітника- складальника і надійної роботи всіх елементів системи керування.

Тому нами розроблено адаптивний гайкокрут зі зручним ручним вмиканням реверса і прямого ходу шпинделя під час її заклинювання. Це спрощує систему керування пневматичного гайкокрута і підвищує надійність її функціонування.

Гайкокрут побудований на основі стандартного пневматичного ударного гайкокрута 1, який доповнено системою керування. Основні елементи системи це електропневмоклапани 17, 18, редуктор тиску 19, пневмопривід перемикачання ручки напряму обертання шпинделя, додаткова бокова ручка 27 з кулачком 28. Різьбові кріпильні деталі 22, 23 захоплюються із касети і утримуються головкою 24. Під час роботи складальник утримує гайкокрут за штатну і додаткову бокову ручку 27. Стиснене повітря з тиском  $p = 0,5...0,6$  МПа з повітропроводу 13 проходить через редуктор тиску 19 і з пониженим тиском, наприклад 0,2 МПа, через повітропроводи 9, 6 і клапан 4 поступаю в гайкокрут і обертає шпиндель разом з головкою 24. Під час роботи складальник утримує гайкокрут за штатну і додаткову бокову ручку 27. Стиснене повітря з тиском  $p=0,5...0,6$  МПа з повітропроводу 13 проходить через редуктор тиску 19 і з пониженим тиском, наприклад 0,2 МПа, через повітропроводи 9, 6 і клапан 4 поступаю в гайкокрут і обертає шпиндель разом з головкою 24. Після нормального наживлення ручку 27 необхідно повернути за годинниковою стрілкою. При цьому кулачок 28 через мікроперемикач 26 і електропневмоклапан 17 вмикає подачу стисненого повітря з тиском  $p=0,5...0,6$  МПа по повітропроводах 10, 8, 6 в гайкокрут. Відбувається загвинчування і затягування різьби.

При заклиненні різьби під час наживлення необхідно повернути ручку 27 проти годинникової стрілки. При цьому кулачок 28 через мікроперемикач 25 і

електропневмоклапан 18 вмикає подачу стисненого повітря з тиском  $p=0,5...0,6$  МПа по повітропроводах 12, 11, 8, 5 в пневмопривід 3, який ввімкне реверс шпинделя. Одночасно по повітропроводах 7, 6 повітря поступаю в гайкоокрут і здійснює реверсивні оберти. Щоб усунути заклинення різьби ці оберти мають бути короткочасними. При відпусканні ручки 27 вона займає нейтральне положення і знову починається наживлення.

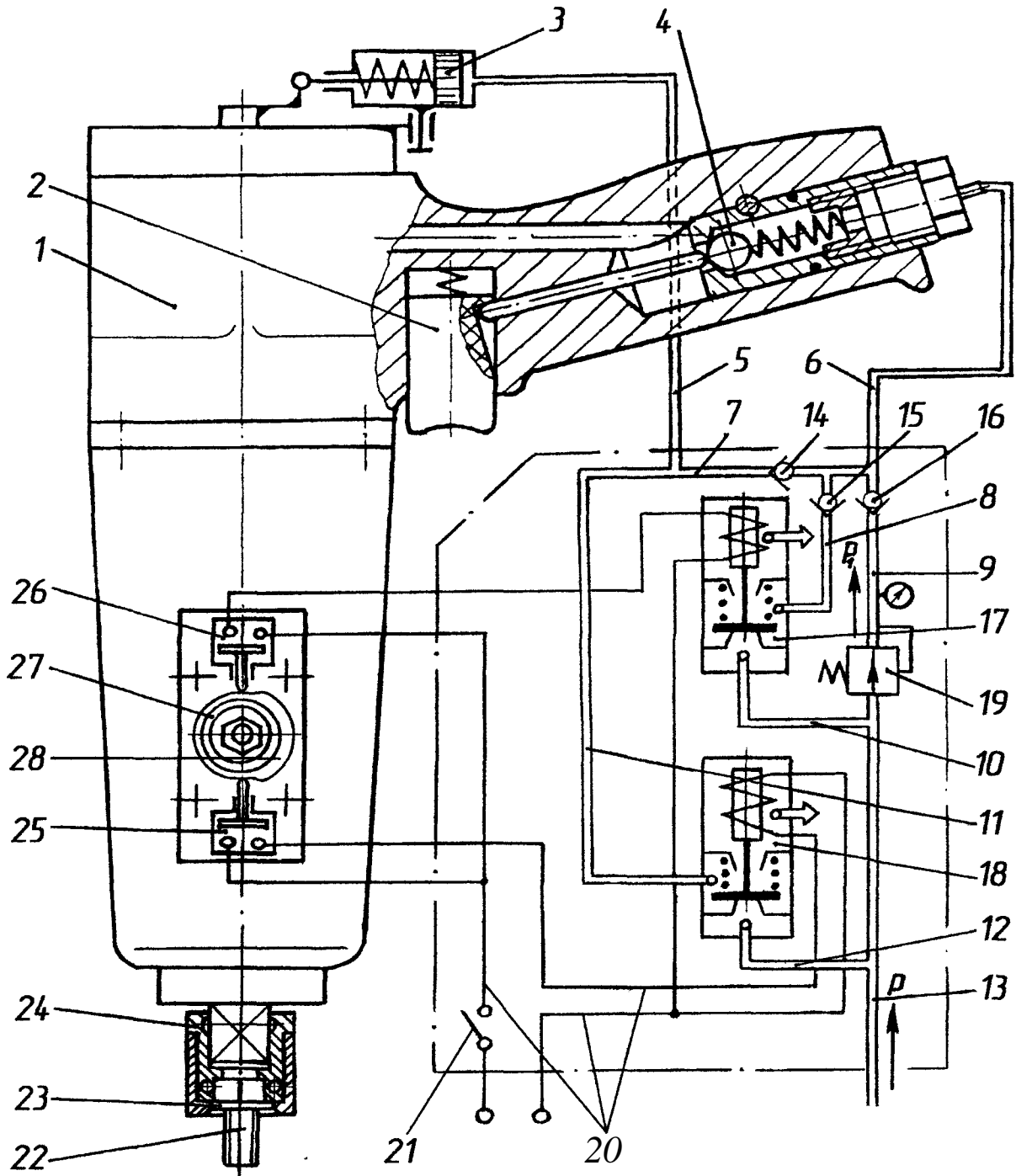


Рисунок 1. 22 – Ручний пневматичний адаптивний гайкоокрут

Головка для захоплення і утримування гайок з шайбами повинна забезпечувати їх захоплення з касети або з іншого живильника й утримування під час подачі гайкокрута до місця складання різьбового з'єднання (рис. 1.23).

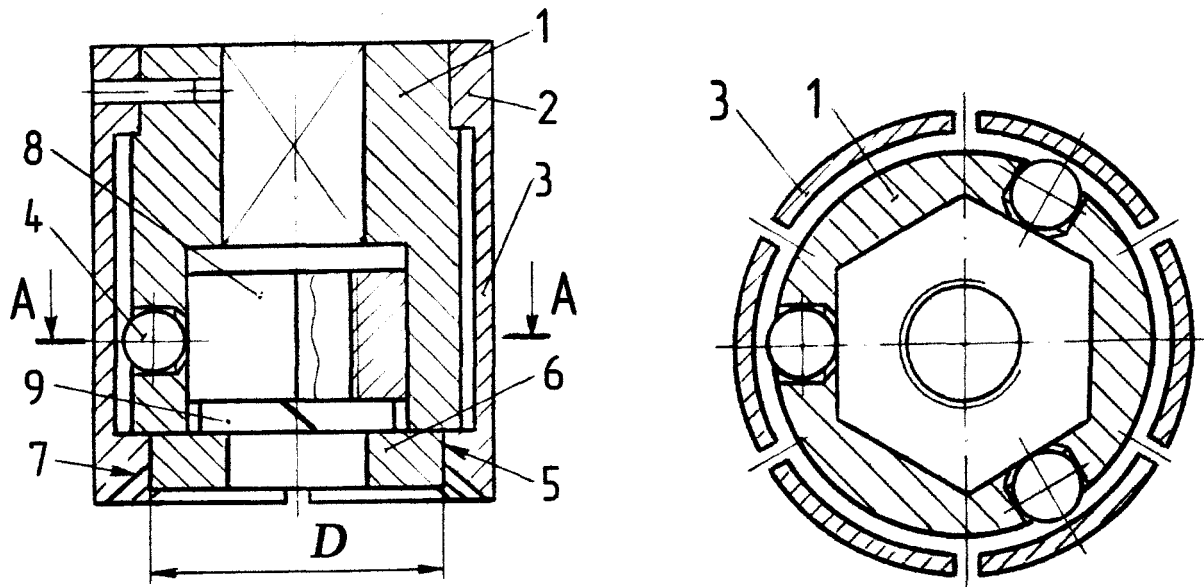


Рисунок 1.23 – Головка для захоплення гайок у комплекті з шайбами або без них: 1– торцева головка; 2– цанга; 3 – пелюстки цанги; 4 – кульки; 5– отвір під плоску шайбу 6 діаметром  $D$ ; 7– західна фаска; 8 – захоплена гайка; 9 – пружинна шайба.

Щоб захопити гайку (болт) під пас механізованого загвинчування ручним гайкокрутом, необхідно, щоб ці кріпильні вироби в комплекті з шайбами, або без них, надходили на робоче місце у спеціальних касетах. Робітник вручну підводить гайкокрут до касети суміщає головку із захоплюваною гайкою 8, натискає на неї головою 1, і гайка 8 заходить у її шестигранне гніздо разом із пружинною шайбою 9, а плоска шайба 6 — в отвір 5 цанги 2. Після цього переносить захоплені кріпильні вироби до місця складання різьбового з'єднання і виконує операцію загвинчування.

Розроблений адаптивний гайкокрут і головка захищені патентами [18] України.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ РІЗЬБОСКЛАДАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

### 2.1. Структура операцій розбирання і складання різьбових з'єднань

Основну частину операцій розбирання різьбових з'єднань (РЗ) можна розділити на два етапи: звільнення різьбової деталі від затягування і її відгвинчування. Звільнення різьбової деталі від затягнення є складним етапом розбирання РЗ. Якщо РЗ працюють у важких умовах — вологості, забруднень, агресивних середовищах вони при окисленні можуть стати трудно розбірними. Тоді для їх розбирання необхідно застосувати додаткові засоби і методи механічної і хімічної дії на окислені (заржавілі) різьбові деталі (РД), аж до їх руйнування.

В автотракторних двигунах основна частина РЗ працює в нормальних умовах. Виняток складають лише з'єднання кріплення двигунів до рами, які після тривалої експлуатації можуть стати трудно розбірними.

Труднорозбірність РЗ можна встановити за зовнішнім виглядом кріпильних деталей і за величиною прикладеного крутного моменту. Якщо крутний момент наближається до критичного, який може зруйнувати різьбову деталь слід застосувати згадані додаткові заходи. Для нормально розбірних РЗ процес розбирання складається з таких основних і допоміжних етапів (переходів):

1. підвід інструмента;
2. захоплення головки РД;
3. звільнення РД від затягування;
4. відгвинчування РД;
5. відвід інструмента;
6. укладання роз'єднаних РД у тару.

Незалежно від методу виконання (ручний, механізований, автоматизований, автоматичний) технологічної операції складання РЗ її

розділяють на дві частини — основну (основний час) і допоміжну (допоміжний час).

В багатьох дослідженнях основну частину операції складання РЗ диференційовано на три етапи: наживлення, загвинчування і затягування.

Наживленням різьбової деталі вважається її загвинчування (нагвинчування на 1-2 витки).

У праці [31] складання РЗ розділено на два основних етапи:

- 1) наживлення і попереднє затягування з крутним моментом рівним приблизно 20% заданого;
- 2) кінцеве затягування.

У роботі [36] вся операція складання РЗ поділена на чотири етапи: початковий, підготовчий, безпосереднє загвинчування, кінцевий.

Найбільша частина трудомісткості припадає на основну частину операції складання РЗ, яка розділена на чотири переходи: попереднє нагвинчування, затягування і дотягування.

В загальному випадку, з врахуванням основних і допоміжних переходів, процес складання виробу, що має РЗ, може складатися із наступних етапів:

1. подача деталей складуваного вузла;
2. їх установка;
3. подача кріпильних виробів;
4. їх установка;
5. підвід інструмента;
6. попереднє спряження різьбових деталей (наживлення, закручування, затягування);
7. відвід інструмента;
8. відвід інструмента;
9. стопоріння;
10. відвід інструмента;
11. контроль;
12. маркування;



13. транспортування складеного вузла на іншу позицію (склад).

У вказаному процесі тільки етапи 6, 9, 11 і 12 є власне робочим процесом складання, а решту — транспортні (переміщення, орієнтування).

При використанні адаптивних механізованим інструментів структура процесу складання РЗ матиме вигляд зображений на рис. 2.1.

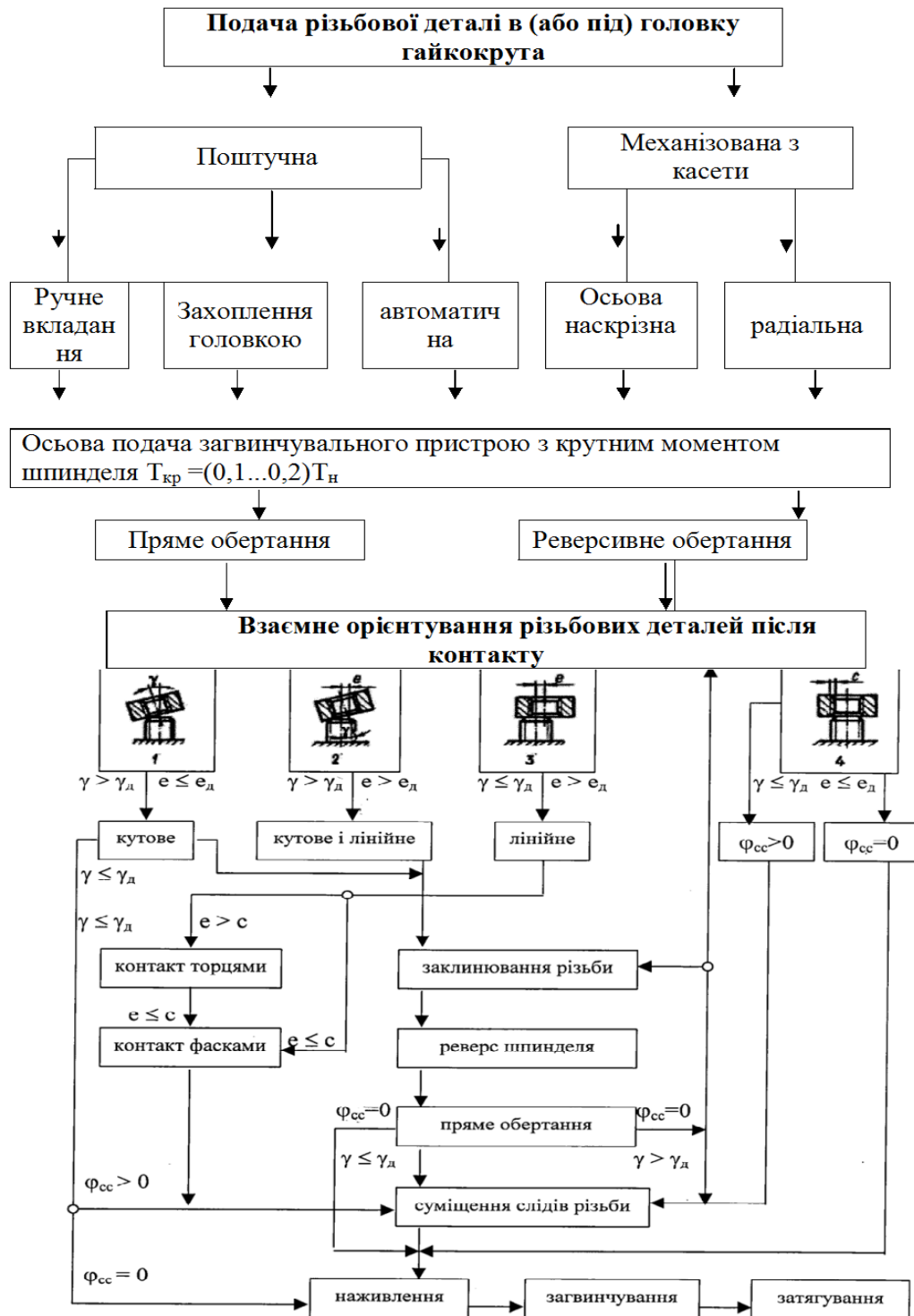


Рисунок 2.1 – Адаптивний технологічний процес механізованого

складання різьбових з'єднань.

Якщо  $\gamma > \gamma_0$  (1.7-1.13), то це створює умови для заклинювання різьби. Тому при податливому базуванні, слід використовувати адаптивні гайкокрути, котрі на заклинювання різьби реагують короткочасним реверсом шпинделя і наступною спробою загвинчування. Реверс шпинделя дає змогу усунути можливе заклинювання різьби, а податливе базування - зменшити кутову похибку взаємного розташування різьбових деталей до допустимих значень.

## 2.2 Точність базування різьбових деталей

Перед наживленням у взаємному розташування різьбових деталей завжди будуть присутні похибки базування: неспіввісність (лінійна похибка) або непаралельність осей (кутова похибка, перекіс осей), але найчастіше — обидві (рис. 2.2.), тому важливо знати при яких найбільших значеннях цих похибок можна здійснити складання РЗ.

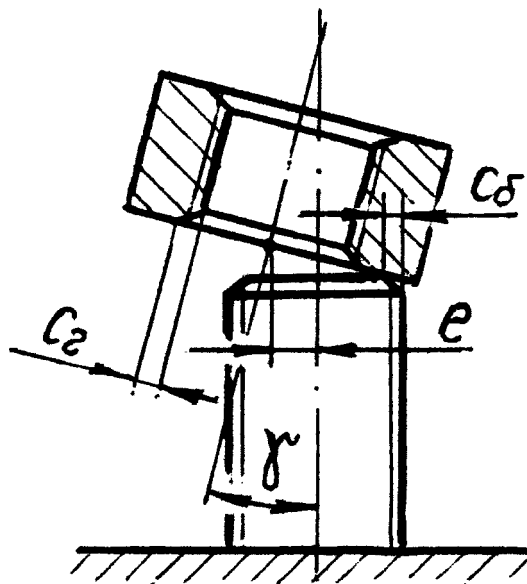


Рисунок 2.2 – Похибки базування різьбових деталей:  $l$  – лінійна похибка;  $\gamma$  – кутова похибка;  $C_6$  – радіальний катет фаски болта;  $C_2$  – радіальний катет фаски гайки.

В багатьох дослідження [5,8,9,14,15,16] процесів складання РЗ подано

вирази для визначення допустимих значень лінійної і кутової похибок базування різьбових деталей (РД) перед наживленням. Для жорсткого базування РД лінійна похибка не повинна бути більшою від половини найменшого проміжку  $\delta_{min}$  по середньому діаметру різьби, тобто

$$e \leq \frac{\delta_{min}}{2}, \text{ мм} \quad (2.1)$$

Якщо різьбові деталі мають податливе базування, а їх різьби – фаски, то допустима неспіввісність, котру можна компенсувати дорівнює [21,44,45,49].

$$e = \frac{\delta_{min}}{2} + c_{\delta} + c_2 - H_1, \text{ мм} \quad (2.2)$$

Допустиму кутову похибку визначають [6] після загвинчування на один оберт. Для метричної різьби вона дорівнює

$$\gamma \approx \arctg \frac{0,625P + \delta \text{tg} 30^\circ}{d} - \arctg \frac{0,625P}{d}, \text{ град} \quad (2.3)$$

Сумарна лінійна і кутова максимальна допустима похибка базування визначається за формулою [6]

$$\Delta e, \gamma = \frac{\delta_{min}}{2} + C_{\delta} + C_2 - H_1 - (d - H_1) \cdot \text{tg} \alpha / 2, \text{ мм} \quad (2.4)$$

Щоб не допустити заклинювання і зриву різьби під час наживлення кут перекосу осей [15,16] повинен бути

$$\gamma \leq \arctg \frac{0,5P}{d}, \text{ град} \quad (2.5)$$

Щоб забезпечити точність взаємного розташування (необхідну) для механізованого (автоматизованого) наживлення РД застосовуються різні варіанти [15,16] їх базування, вибір яких залежить від конструкції РЗ і його кріпильних деталей. Найчастіше застосовуються шість схем базування деталей РЗ, що представлені на рис. 2.3:

- РС базується на зовнішню різьбову поверхню, а гайка — на торець і зовнішню поверхню;

- РС базується на зовнішню різьбову поверхню, а гайка — на внутрішню поверхню поверхню різьби і торець;

- РС базується на зовнішню різьбову поверхню і сферичну торцеву

поверхню (подвійна напрямна база);

- РС нерухомий, а гайка базується на торець і зовнішню поверхню;

- РС нерухомий, а гайка базується на зовнішню поверхню і орієнтується по внутрішній поверхні різьби.

- різьбове гніздо корпусу нерухоме, а шпилька для наживлення базується у подвійній напрямній базі.

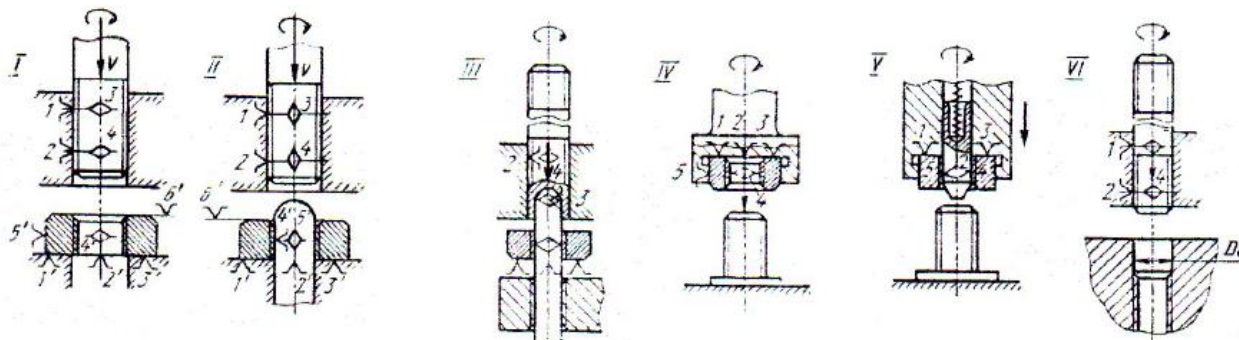


Рисунок 2.3 – Схеми базування різьбових деталей:

Приклад конкретного застосування схеми III для базування різьбових деталей зображена на рис. 2.4. Вона реалізована в автоматі для складання коромисла клапана ДВЗ.

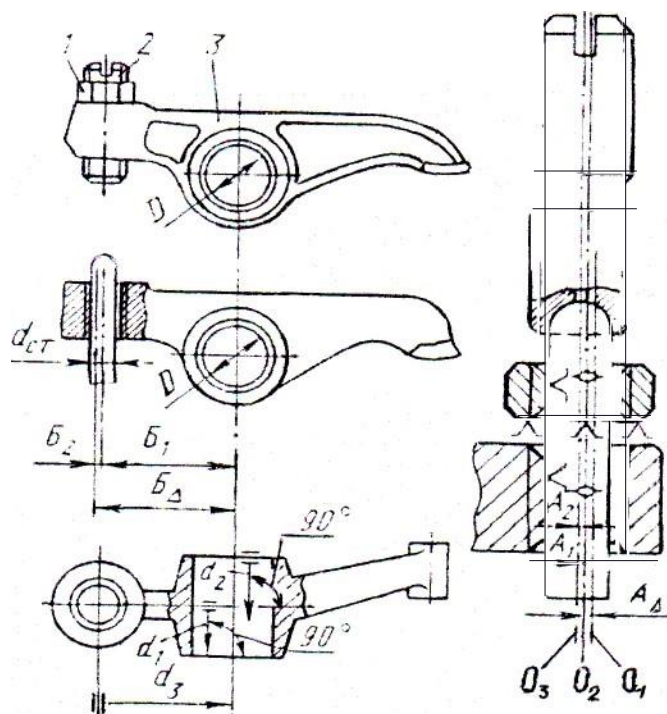


Рисунок 2.4 – Схема базування деталей коромисла клапана: 1- контргайка;

2- гвинт; 3- коромисло;  $O_1$  - вісь різьбового твору;  $O_2$  - вісь стержня;  $O_3$  - вісь гвинта;  $A, B, d$  - розміри ланцюги.

### 2.3 Взаємне орієнтування різьбових деталей

Під час взаємодії різьбових деталей поверхнями фасок виникає радіальна (поперечна) сила  $N_p$ , яка усуває лінійну похибку базування різьбових деталей і створює умови для їх спряження. Величину цієї сили можна визначити із силового трикутника ABC:

$$N_p = N / \operatorname{tg}(\beta/2) \quad (2.6)$$

де  $N$  – осьове зусилля між РД;

$\beta$  – кут при вершині конуса фаски гайки.

При взаємодії РД торцевими площинами також виникає поперечна сила  $P$  взаємного орієнтування, що зумовлена моментом і силами тертя на площі контакту.

Будемо вважати, що основна операція складання РЗ, яка називається загвинчуванням (нагвинчуванням) починається в момент контакту РД, а її першим етапом або елементарною операцією є процес взаємоорієнтування, котрий повинен забезпечити їх співвісне розташування.

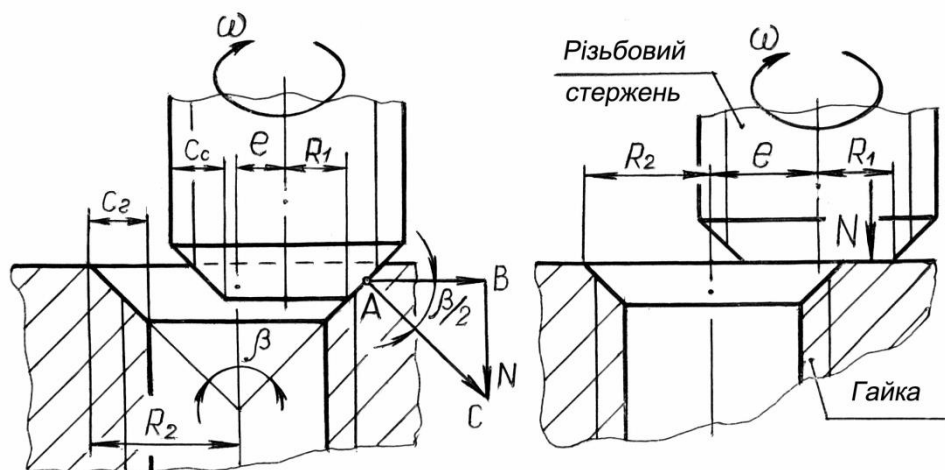


Рисунок 2.5 – Схеми взаємодії різьбових деталей в початковий момент контакту: а - контакт фасками; б - контакт торцевими площинами;  $L$  - радіус фаски різьбового стержня;  $R_2$  - радіус фаски гайки.

Для компенсації похибок взаємного розташування РД необхідно застосовувати податливе базування хоча б однієї деталі різьбової пари. Серед різновидів податливого базування різьбових деталей, які можна виокремити за їх степенями вільності, є дві крайні групи. У першій групі усіма шістьма степенями вільності володіє тільки гайка, а різьбовий стержень (болт, шпилька) закріплений жорстко. Між цими крайніми групами податливого базування лежить ціла низка проміжних, у котрих і гайка і різьбовий стержень мають певну кількість ступенів вільності, що в сумі дорівнюють шести. Варіанти виконання податливого базування також можуть бути дуже різноманітними залежно від конструктивних особливостей деталей різьбової пари. Якщо гайка утримується в головці ручного механізованого гайкокрута це також можна вважати податливим базуванням, бо рухи для її орієнтування відносно РС здійснює робітник ручним маніпулюванням гайкокрута.

В практиці часто використовується варіант податливого базування гайки, яка має чотири степені вільності — переміщення у напрямі двох взаємоперпендикулярних осей і обертання навколо них (рис. 2.6). Такі схеми базування застосовуються для автоматичного і механізованого нагвинчування гайок на шпильки, які закріплені в корпусі. Наприклад, на шпильки кріплення головки блока двигуна внутрішнього згоряння.

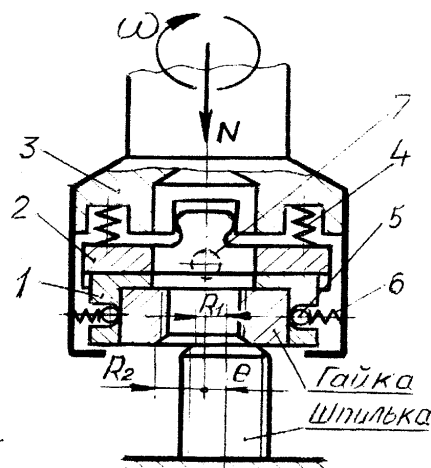


Рисунок 2.6 - Схема податливого базування гайки: 1 - база гайки; 2 - база гайки; 3 - шпindelь; 4 - осьові пружини; 5 - кульки; 6, 7 - радіальні пружини;  $R_1$  - радіус фаски шпильки;  $R_2$  - радіус фаски гайки;  $N$  - осьове зусилля шпindelя;

$N$  - кутова швидкість шпинделя.

В роботі [16] виконано теоретичні дослідження процесу взаємного орієнтування гайки під час нагвинчування на шпильку. Гайка (рис. 2.6) утримується в гнізді податливої бази 1 за допомогою кульок 5 і радіальних пружин

6. База гайки 1 розташована в П-подібному пазу напрямної 2, котра базується у такому ж пазу шпинделя 3 і утримується в рівноважному стані радіальними пружинами 7. Це дає змогу гайці разом з базою 1 і напрямною 2 рухатися у двох взаємно-перпендикулярних напрямках, а за рахунок осьових пружин 4 і закругленої форми виступу напрямної 2, що контактує з П-подібним пазом шпинделя 3, повертатися навколо двох взаємоперпендикулярних осей. Крім цього, гайка разом із шпинделем 3 обертається навколо його осі з кутовою швидкістю  $\omega$  і може пересуватися вздовж неї. Через осьові пружини 4 гайка підтискається до торця шпильки з осьовим зусиллям  $N$ .

За наявності кутової і лінійної похибок взаємного розташування різьбових деталей перед загвинчуванням їх початковий контакт (рис. 2.2) відбувається точками фасок або торців. За рахунок технологічної взаємодії (осьового зусилля і обертання) усувається кутова похибка взаємного розташування різьбових деталей і вони контактують площинами торців, якщо  $e \geq R_2 - R_1$ , або конічними поверхнями фасок, якщо  $e \leq R_2 - R_1$ .

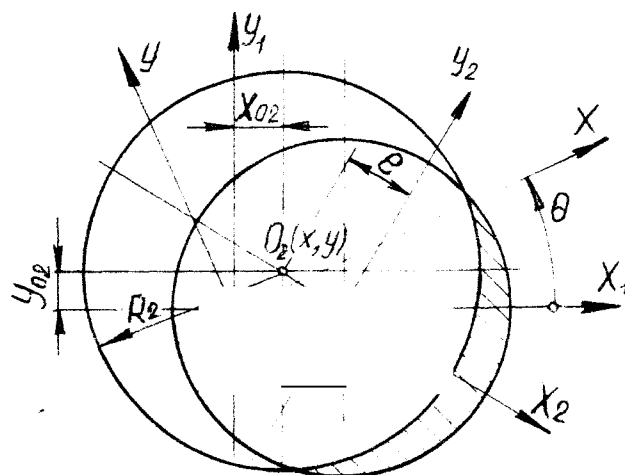


Рисунок 2.7 – Початкове положення гайки і шпильки.  $O$  – вісь шпильки;  $O_1$  – вісь шпинделя;  $O_2$  – вісь гайки;  $e_0$  - початкове зміщення осей;  $e$  - зміщення осей в довільний момент часу;  $O_1X_1Y_1$  – нерухома система координат;

$O_1XY$  - рухома система координат.

За результатами теоретичних досліджень одержано математичну модель процесу взаємоорієнтування гайки і шпильки у вигляді диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} m_1 \frac{d^2 x}{dt^2} = (\omega^2 m_1 - c_1)x + 2m_1 \omega \cdot \dot{y} - f_1(N + m_1 q) \operatorname{sgn}(\dot{x}) + P_x \\ m_2 \frac{d^2 y}{dt^2} = (\omega^2 m_2 - c_2)y + 2m_2 \omega \cdot \dot{x} - f_1(N + m_2 q) \operatorname{sgn}(\dot{y}) + P_y \end{cases} \quad (2.7)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість шпинделя і податливої бази гайки;

$m$  — маса гайки разом з нижньою напрямною, кг;

$m_2$  — маса гайки разом з обома напрямними, кг;

$N$  — сила тиску гайки на торець шпильки, Н;

$f$  — коефіцієнт тертя в пазах напрямних;

$c$  — жорсткість радіальних пружин нижньої напрямної, Н/м;

$c_2$  — жорсткість радіальних пружин верхньої напрямної, Н/м.

$P_x P_y$  — проекції сумарної сили тертя між торцями гайки і шпильки на серпоподібній області їх контакту, Н; визначаються за окремими виразами, які тут не подаються.

Одержана система рівнянь (2.7) описує процес взаємного орієнтування податливо базованої гайки відносно жорстко закріпленої шпильки (болта, гвинта). Ця система дозволяє дослідити залежність зменшення лінійної похибки базування  $e$  від режимів загвинчування (осьової сили  $N$  тиску гайки на шпильку і її кутової швидкості  $\omega$ ), параметрів податливого базування гайки (жорсткості  $c$  радіальних пружин податливої бази, коефіцієнтів тертя  $f$ ,  $f_1$  на торцях різьбової пари і напрямних податливої бази, маси її рухомих частин разом з гайкою) і розмірів західних фасок різьби. Коли лінійна похибка зменшиться до величини  $e = R_2 - R_1$  серпоподібна площа контакту зникає і далі центрування гайки здійснюється за рахунок взаємодії конічних поверхонь фасок.



## 2.4 Геометрія західної частини метричної різьби

Форма і параметри метричної різьби і її початкової частини регламентовані діючими стандартами. Відповідно твірна конічної поверхні фаски метричної різьби має бути нахилена до її осі під кутом  $45^\circ$ , а також дозволяється виконувати цей кут рівним  $60^\circ$ . Відповідно до цього кут при вершині конуса фаски може бути  $90^\circ$  або  $120^\circ$ . Осьовий катет фаски призначається залежно від кроку різьби. Його середнє значення для більшості різьб дорівнює кроку. Отже, кріпильні вироби, що застосовуються в РЗ автомобілів, тракторів, сільськогосподарських машин, інших виробів машинобудування повинні мати різьби із вказаними фасками. Є також випадки, коли різьба кріпильних деталей виконана взагалі без фаски. Під час складання РЗ підбір різьбових деталей є випадковим і тому кріпильні вироби різьбової пари можуть мати різні комбінації виконання кутів фасок, або їх відсутності.

Лінії перетину конічних поверхонь фасок з гвинтовими поверхнями різьби або з торцевою площиною, якщо фаска відсутня, деякі автори називають слідами різьби. Ми також будемо користуватися цим терміном. Якщо різьба без фаски то її виток перетинається площиною торця (рис. 2.8), яка є перпендикулярною до осі різьби. При перетині гелікоїдів витка цією площиною одержимо спіралі Архімеда. Нижній гелікоїд витка внутрішньої різьби перетинається по кривій  $MK$  (рис. 2.8а), а верхній — по кривій  $NN_1$ . Для зовнішньої різьби (рис. 2.8 б) крива  $nn_1$  — перетин торцевої площини з нижнім гелікоїдом, а  $mk$  — з верхнім. Циліндричні гвинтові смужки западин і гребенів різьби перетинаються з торцевою площиною по дугах кіл:  $MN$ ,  $kn_1$ ,  $KN_1$ ,  $mn$ . Центральні кути цих дуг  $90^\circ$  і  $45^\circ$  визначені за шириною смужок, котрі передбачені ДСТУ і дорівнюють  $P/4$  і  $P/8$ . Центральні кути кривих  $MK$ ,  $mk$  і  $NN_1$ , визначені із рівності:

$$\angle MOK = \angle mon = \frac{1}{2}(360^\circ - 90^\circ - 45^\circ) = 112,5^\circ \quad (2.8)$$

На слідах різьби необхідно відзначити характерні точки:  $K$ ,  $k$  — початки витків,

$M$ ,  $m$  — початки повної висоти  $H$ ; витків,  $N$ ,  $n$  — початки повного профілю

ВИТКІВ.

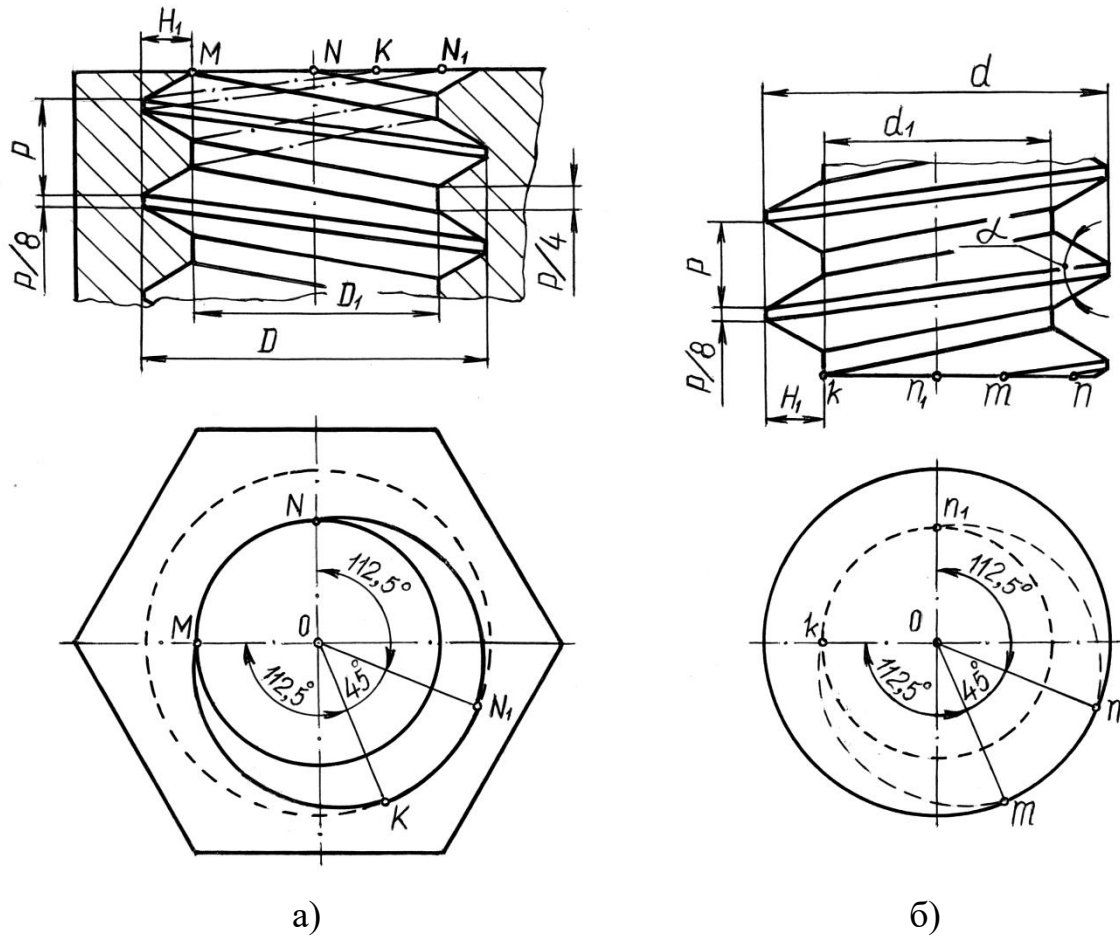


Рисунок 2.8 – Сліди метричної різьби без фаски: а - внутрішньої; б - зовнішньої.

Якщо різьба має фаску, то це є поверхня прямого кругового конуса, з кутом при вершині  $90$  (фаска  $45$ ) або  $120$  (фаска  $60$ ). Цей конус розташований співвісно із гвинтовою поверхнею різьби, тому перетинатиме її циліндричні смужки по дугах кіл, що матимуть центральні кути  $90$  і  $45$ , за аналогією із перетином їх площиною. Конус фаски із кутом  $120$  при вершині (рис. 2.8) перетинає верхні гелікоїди витків різьби: внутрішньої — по прямій  $NN_1$ , зовнішньої — по кривій  $3/a$ , а нижні гелікоїди, відповідно по кривій  $KLM$  і прямій  $pm$ . Центральні кути криві  $KLM$  і  $klm$  визначені із рівності:

$$\angle MOK = \angle mok = 360^\circ - (90^\circ + 45^\circ) = 225^\circ \quad (2.9)$$

Характерні точки слідів різьби :  $K, k, M, m, N, n$ -аналогія із точками слідів різьби без фаски.

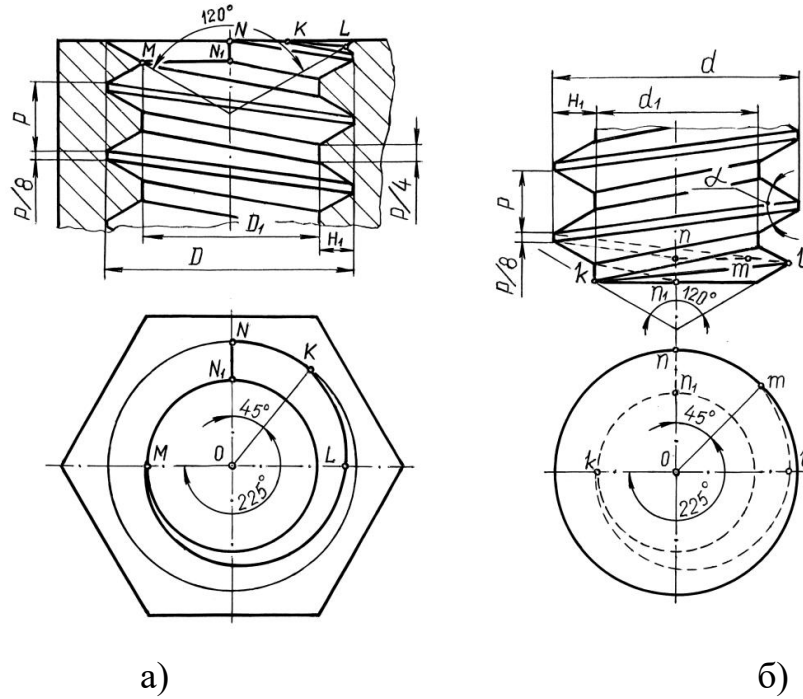


Рисунок 2.9. Сліди різьби з фаскою  $60^{\circ}$ : а – внутрішньої; б – зовнішньої

Конус фаски із кутом  $90$  при вершині (рис. 2.9) перетинає нижні гелікоїди витків різьби по конічних гвинтових лініях  $KLM$  (рис. 2.9 а ) і  $nm$  (рис. 2.9 б), а верхній – по  $NN_1$  і  $klm$ .

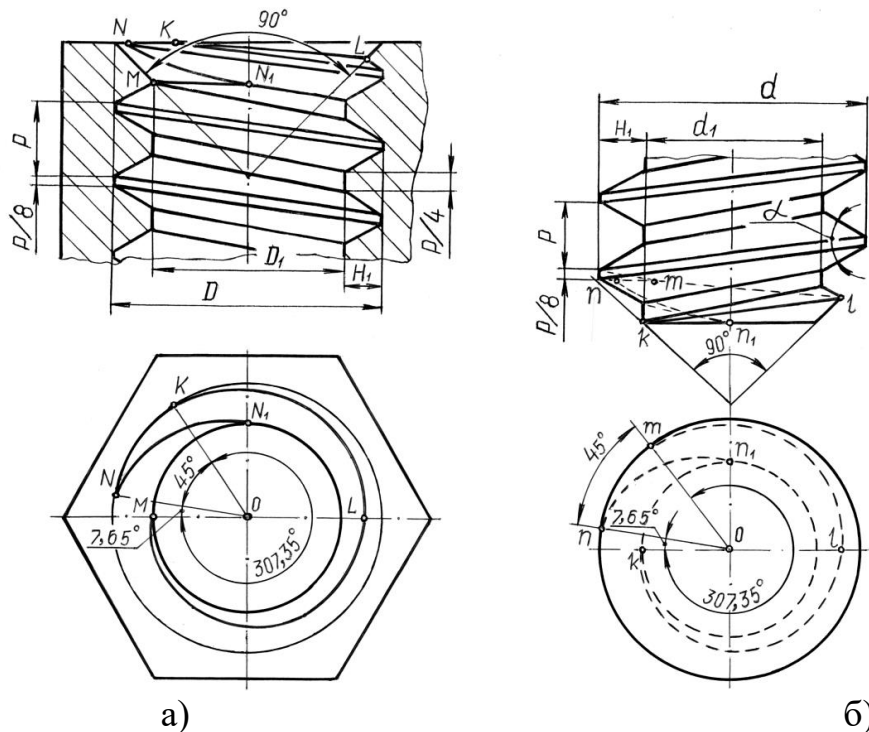


Рисунок 2.10 – Сліди метричної різьби з фаскою  $45^{\circ}$ : а- внутрішньої; б –

зовнішньої.

Центральний кут кривої (рис. 2.8. б)

$$m_1 \angle nOn_1 = 90^\circ - 7,65^\circ = 82,35^\circ \quad (2.10)$$

Аналогічні значення матимуть центральні кути слідів внутрішньої різьби із фаскою 45 (2.9а).

## 2.5 Початок наживлення і кут наживлення різьби

Було загальноприйнято наживленням називати загвинчування різьбової деталі на 1...2 витки. У праці запропоновано визначення, яке точніше відображає суть цього процесу, а саме: наживлення це процес безпосереднього спряження гвинтових різьбових поверхонь першими неповними витками різьби. Взаємне розташування слідів різьби, що створює умови для початку наживлення, залежить від геометрії західних частин різьби.

Розглянемо процес наживлення метричної різьби з кутом конуса фаски рівним 90 у гвинта і - 120 у гайки (рис. 2.11).

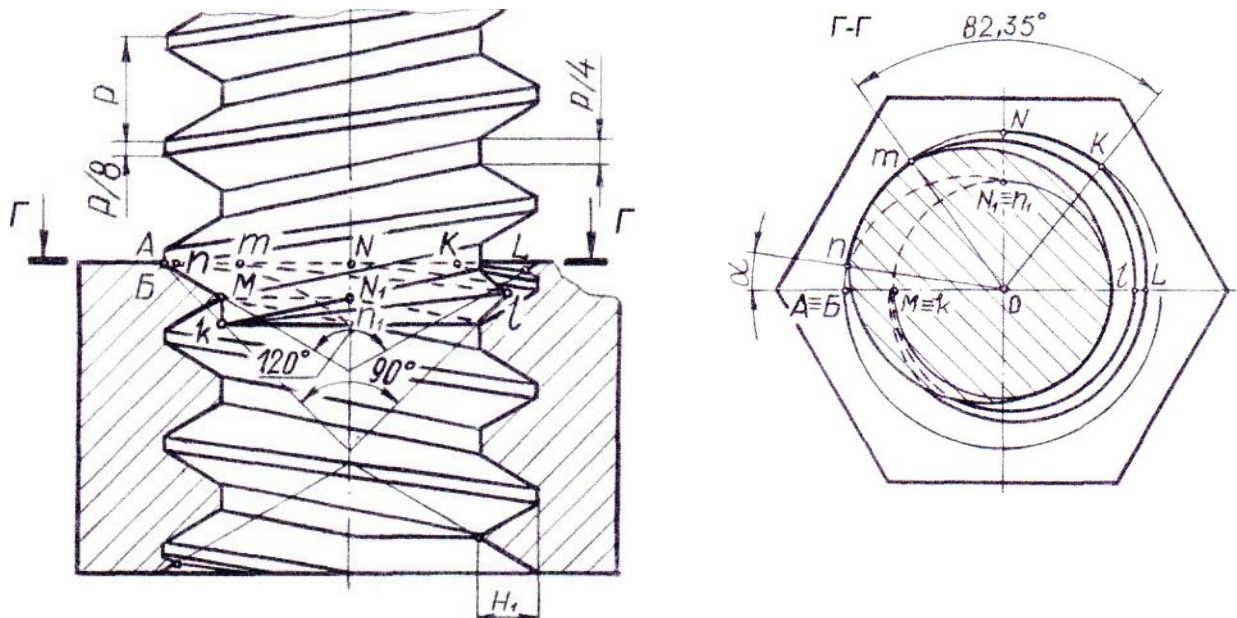


Рис 2.11. Початок наживлення метричної різьби

Початок наживлення характеризується тим, що в цей момент початок

західного витка різьби гвинта, тобто точка  $k$ , розташована під початком повного по висоті витка різьби гайки — точкою  $M$ . Таке положення можна одержати обертаючи гвинт в контакт з гайкою в напрямі протилежному загвинчуванні після клацання. Клацання виникає, коли гвинт опуститься в отвір гайки на ширину впадини внутрішнього діаметру різьби. Під час подальшого обертання гвинта в напрямі загвинчування (при нерухомій гайці) точка  $k$  і решту точок кривої  $klm$  заходять у впадину різьби гайки, що характеризує фазу наживлення. Вона закінчується, коли точка  $m$  сліду різьби гвинта опиниться під точкою  $K$  сліду різьби гайки. В цьому положенні гвинт і гайка не піддаються роз'єднанню без обертання в напрямі розгвинчування внаслідок дії осьових і радіальних сил, що не спричиняють руйнування витків їх різьби. Кут повороту гвинта для здійснення наживлення в цьому випадку дорівнює:

$$\varphi_n = \angle mOn_1 \text{ (рис.2.8б)} + \angle NOK \text{ (рис.2.7 а)} = 37,35^\circ + 45^\circ = 82,35^\circ. \quad (2.11)$$

Кут наживлення не змінюється, якщо змінювати розташування різних за величиною кута фасок з гвинта на гайку і навпаки. На його значення впливають відхилення розмірів різьби (рис.2.12)

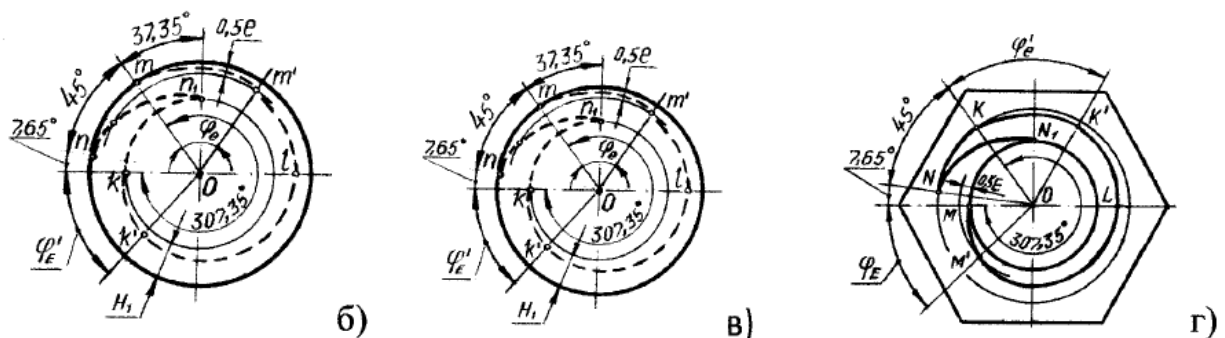


Рисунок. 2.12 – Сліди метричної різьби з врахуванням відхилень зовнішнього і внутрішніх діаметрів: а, б — різьби з фасками  $60^\circ$ ; в, г - різьби з фасками  $45^\circ$ .

З врахуванням відхилення  $E$  внутрішнього діаметру різьби гайки і відхилення  $e$  зовнішнього діаметру різьби гвинта початки їх повних витків з точок  $M$  і  $m$  перенесуться в точки  $M$  і  $m$  кривої сліду різьби.

За такою методикою одержано вирази для підрахунку кутів наживлення

різбових деталей з різними виконаннями фасок і без фасок, які зведені в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Куги наживлення різбових деталей

Куги фасок, град.		Без врахування відхилень $d$ і $D_1$ , град.	З врахуванням відхилень $d$ і $D_1$ , град.
Гвинт	Гайка		
0	0	112,5	112,5
0	45	194,85	$194,85 + 180 \left( \frac{E +  e }{P} \right)$
45	0		
0	60	112,5	$112,5 + 103,926 \left( \frac{E +  e }{P} \right)$
60	0		
45	45	0	0
60	60		
45	60	82,35	$82,35 - 76,076 \left( \frac{E +  e }{P} \right)$
60	45		

Хоча відхилення середнього діаметру метричної різьби не змінюють параметрів скісних гелікоїдів її гвинтової поверхні і тому не мінятимуться параметри кривих її слідів, але виникатимуть осьові і радіальні зазори, які збільшуватимуть кут наживлення.

### **3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ АДАПТИВНИМ ГАЙКОКРУТОМ**

Результати і висновки будь-яких теоретичних досліджень, що стосуються реальних виробничих процесів мають пройти експериментальну і практичну перевірку. Це єдиний варіант їх впровадження у виробництво. Розроблені нами експериментальні зразки адаптивного пневматичного гайкокрута і головки для захоплення гайок є першим кроком до створення роботоздатних зразків виробничого обладнання і вимагають експериментальних випробувань.

#### **3.1 Обладнання і методика експериментального дослідження роботоздатності розробленого адаптивного обладнання**

Для дослідження роботоздатності розробленого нами адаптивного пневматичного гайко крута (рис. 1.22) і головки для захоплення і утримування гайок (рис. 1.23) виготовлено їх експериментальні зразки і підготовлено деталі (рис. 3.1) для механізованого складання різьбових з'єднань. Методика перевірки їх роботоздатності полягає у виконанні наступних операцій:

1. Увімкнути тумблер «Електромережа». При цьому має засвітитися сигнальна лампа.
2. Тумблер «Відгвинчування» повинен бути в положенні «Вимкнено».
3. Ввімкнути подачу стисненого повітря, повернувши ручку пневмокрана у положення «Ввімкнено».
4. Лівий редуктор тиску відрегулювати на тиск наживлення  $p_1 = 0.2$  МПа, а правий — на тиск загвинчування і затягування  $p = 0,5 — 0,6$  МПа.
5. Взяти гайкокрут правою рукою за штатну ручку, лівою — за додаткову поворотну. Перевірити наявність на шпинделі головки для захоплення гайок.
6. Ввімкнути гайкокрут в роботу, натиснувши клавішу. Почнеться обертання шпинделя з порівняно невеликими обертами ( $n = 400 — 500$  хв.<sup>-1</sup>) і

незначним крутним моментом — режим наживлення.

7. Повертаючи додаткову ручку від себе, перемкнути гайкокрут у режим загвинчування і затягування (холості оберти  $n = 5000 \text{ хв.}^{-1}$ ).

8. Відпустити повертання додаткової ручки і гайкокрут переходить у режим «Наживлення».

9. Повертаючи додаткову ручку до себе, перемкнути гайкокрут у режим реверсу шпинделя.

10. Виконати пробне загвинчування гайки M14x1,5 у комплект з плоскою шайбою на шпильку.

11. Налаштувати гайкокрут для розбирання різьбових з'єднань — увімкнути тумблер «Відгвинчування». Відгвинтити гайку M14x1,5.

12. Кількаразово повторити пункти 10 і 11.

Перевірити момент затягування гайки пневмогайкокрутом, відгвинчуючи її динамометричним ключем.

### **3.2 Методика і обладнання дослідження технологічних процесів складання різьбових з'єднань адаптивним і стандартним гайкокрутами.**

Для проведення дослідження обрано технологічний процес складання різьбових з'єднань, що забезпечують кріплення головки блока двигуна Д-245. Це з'єднання включає три основних кріпильних елементи: шпильку, гайку з різьбою M14×1,5 і шайбу діаметром 14 мм (рис. 3.1). У дослідженні порівнюються два технологічні процеси складання різьбових з'єднань, які відрізняються за способом виконання початкового наживлення — вручну та механізованим способом.

Мета дослідження:

Встановити рівень продуктивності адаптивного пневмогайкокрута у порівнянні зі стандартним гайкокрутом.

Обладнання для дослідження:

1. Адаптивний гайкокрут (рис. 1.22) — пристрій, що забезпечує автоматизоване виконання наживлення та затягування різьбових з'єднань.



2. Головка адаптивного гайкокрута (рис. 1.23, рис. 3.3) — конструктивний елемент, який виконує взаємодію між гайкокрутом і кріпильними елементами.

3. Касета для кріпильних виробів (рис. 3.2) — спеціальний пристрій для утримання та подачі кріпильних елементів до робочої зони.

Дослідження спрямоване на визначення ефективності та швидкості виконання технологічного процесу з використанням адаптивного гайкокрута, враховуючи фактори автоматизації та механізації, порівняно з традиційними підходами до складання різьбових з'єднань.

Технологія механізованого складання різьбових з'єднань з ручним наживленням наступна:

1. ручне укладання шайб 14 в тару після дефектування;
2. ручне укладання гайок M14x1,5 в тару після дефектування;
3. перенесення шайб 14 рукою з тари і встановлення на шпильки;
4. перенесення гайок M14X1,5 рукою з тари і ручне наживлення на
5. механізоване загвинчування і затягнення ручним пневматичним гайкокрутом.

Технологія повністю механізованого складання різьбових з'єднань має такі операції:

- 1) ручне встановлення шайб 14 на базові штифти касети (рис.3.2) після дефектування;
- 2) ручне встановлення гайок M14x1,5 на базові штифти касети після дефектування;
- 3) захоплення гайки M14x1,5 разом з шайбою з касети спеціальною головкою (рис.) гайкокрута, перенесення до шпильки, наживлення, загвинчування і затягування ручним адаптивних пневматичним гайкокрутом.

Дефектування кріпильних виробів властиве для ремонтного виробництва, що дозволяє повторне використання придатних деталей. За рахунок суміщення операції дефектування з операцією укладання кріпильних виробів у касету і наступного механізованого наживлення гайок з шайбами адаптивним гайкокрутом опікуємо скорочення пасу загвинчування в порівнянні з ручним наживленням і

загвинчуванням стандартним гайкокрутом.

Головка блока двигуна Д-245 кріпиться шістьнадцятьма шпильками і тому хронометрування операцій загвинчування гайок ведемо для партій кріпильних виробів в кількості шістьнадцяти штук. Число повторень приймаємо рівним шести.

Результати хронометрування операцій двох технологічних процесів нагвинчування гайки М14х1,5 на шпильку записуємо у таблицю 4.2 і 4.3.

Час механізованого складання шістьнадцяти різьбових з'єднань стандартним гайкокрутом із ручним наживленням становить:

$$N_v = N_{in} + N_{un} + N_{id} + N_{hy} + N_{vp} \quad (3/1)$$

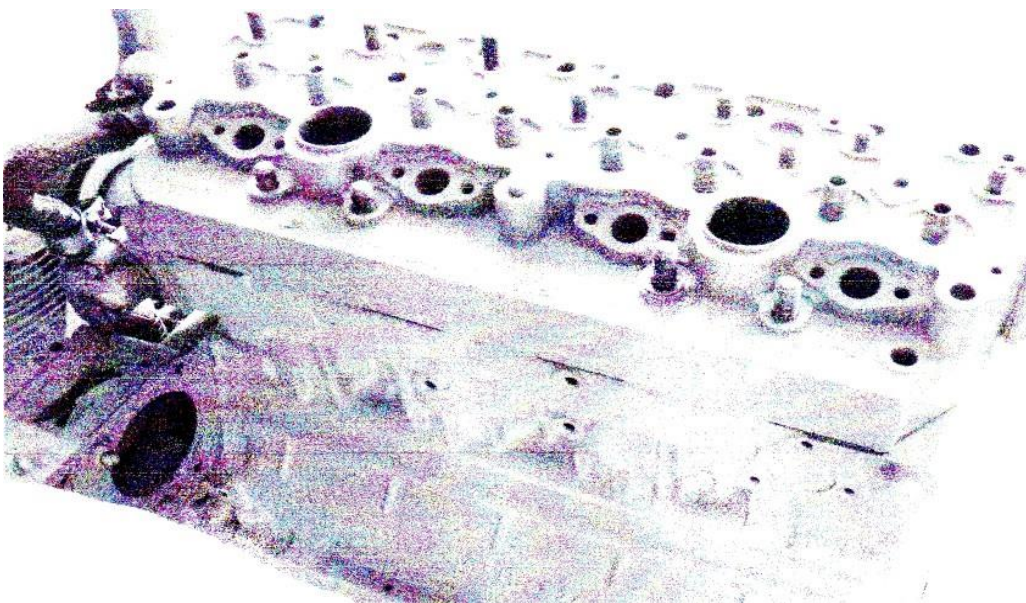
де  $T_{шт}$  – час ручного укладання шайб в тару;

$T_{гт}$  – час ручного укладання гайок в тару;

$T_{шв}$  – час перенесення і ручного встановлення шайб на шпильки;

$T_{рн}$  – час перенесення і ручного наживлення гайок на шпильки;

$T_{мз}$  – час механізованого загвинчування пневматичним гайкокрутом.



а)

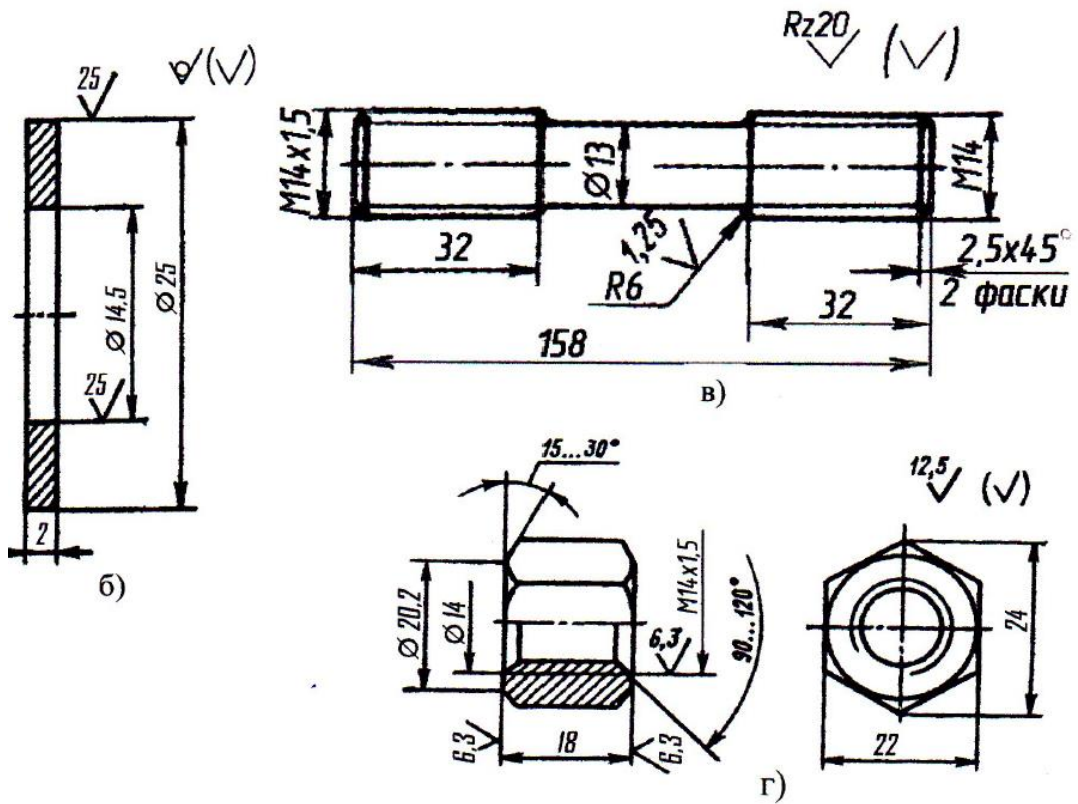


Рисунок 3.1 – Деталі для досліджень: а) — блок циліндрів і головка блока двигуна Д-245 зі шпильками; б) — шайба 14; в) — шпилька М14х1,5 — 6g х158; г) — гайка М14х1,5 — 6Н.

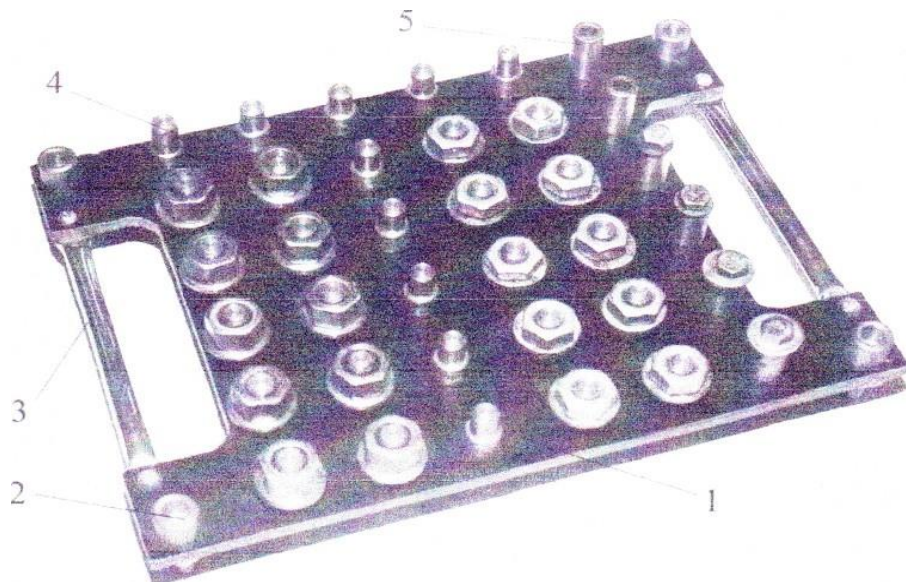


Рисунок 3.2 – Касета для кріпильних виробів: 1 - плита; 2- ніжки; 3 - ручка; 4- базові штирі для шайб і гайок; 5 - базові гнізда для болтів з шайбами.



Рисунок 3.3 – Головка для захоплення гайки з шайбою із касети: 1 - стандартна головка; 2 - цанговий тримач шайби; 3 - гайка М14х1,5; 4 - шайба 14.

Час механізованого складання шістнадцяти різьбових з'єднань стандартним гайкокрутом із ручним наживленням становить

$$\sum T_a = T_{шк} + T_{гк} + T_{аз} \quad (3.2)$$

де  $T_{шк}$ , — час ручного встановлення шайб на базові штифти касети;

$T_{гк}$  — час ручного встановлення гайок на базові штифти касети;

$T_{аз}$  - час захоплення гайки з шайбою із касети головою ручного адаптивного пневматичного гайкокрута, перенесення до шпильки, наживлення і загвинчування;

Затрати часу на кріплення головки блоки двигуна в умовах ремонтного виробництва зменшуються у  $q$  разів:

$$q = \frac{\sum T_M}{\sum T_a} \quad (3.3)$$

Виробничі випробування створеного адаптивного різьбоскладального обладнання виконані в умовах лабораторії кафедри надійності і технічного сервісу машин.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні дослідження виконані за методикою і з допомогою обладнання, котрі описані в розділі 3.

### 4.1 Лабораторні випробування роботоздатності розробленого адаптивного гайкокрута і головки для захоплення гайок

Під час випробування адаптивного гайкокрута з головкою для захоплення гайок виконано всі операції перераховані у пункті 3. Випробування підтвердили роботоздатність адаптивного гайкокрута в комплекті з головкою для захоплення на всіх режимах роботи. Крім цього досліджено залежність обертів шпинделя гайкокрута і його крутного моменту від тиску повітря. Така залежність потрібна для регулювання моменту затягування залежно від розмірів різьби з'єднання і заданого моменту затягування. Момент затягування визначався відгвинчуванням гайки за допомогою динамометричного ключа після її затягнення адаптивним гайкокрутом. Дані випробування записані у таблиці 4.1, за якими побудовано графік цієї залежності (рис. 4.1).

Таблиця 4.1 – Дані про неробочі оберти шпинделя гайкокрута і крутний момент

Тиск, МПа	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15
Оберти, $\text{хв}^{-1}$	5500	5500	5500	5200	5000	5000	5000	4500	4200	2700
$M_{\text{кр}}$ , Нм	70	60	55	45	38	30	20	15	12	—

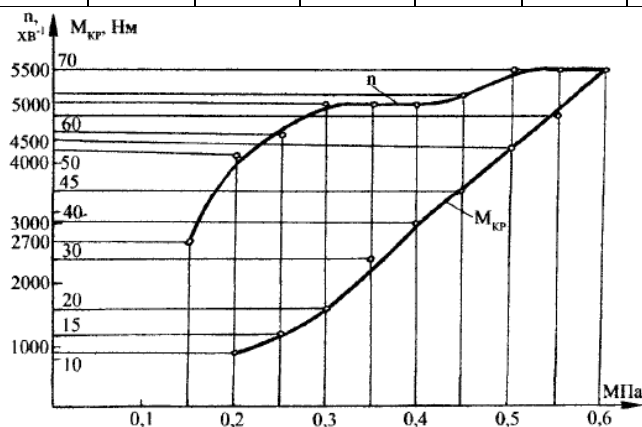


Рисунок 4.1 – Залежність крутного моменту гайкокрута і неробочих

обертів шпинделя від тиску повітря.

#### 4.2 Результати дослідження технологічних процесів складання різьбових з'єднань адаптивним і стандартним гайкокрутами.

Об'єктом дослідження технологічних процесів складання різьбових з'єднань вибрано різьбові з'єднання кріплення головки блока двигуна Д-245. З багаторазовим повторенням реалізовано два варіанти технологічного процесу їх складання (пункт 3.2):

1. технологія механізованого складання різьбових з'єднань з ручним наживленням;
2. технологія повністю механізованого складання різьбових з'єднань (рис.4.2).

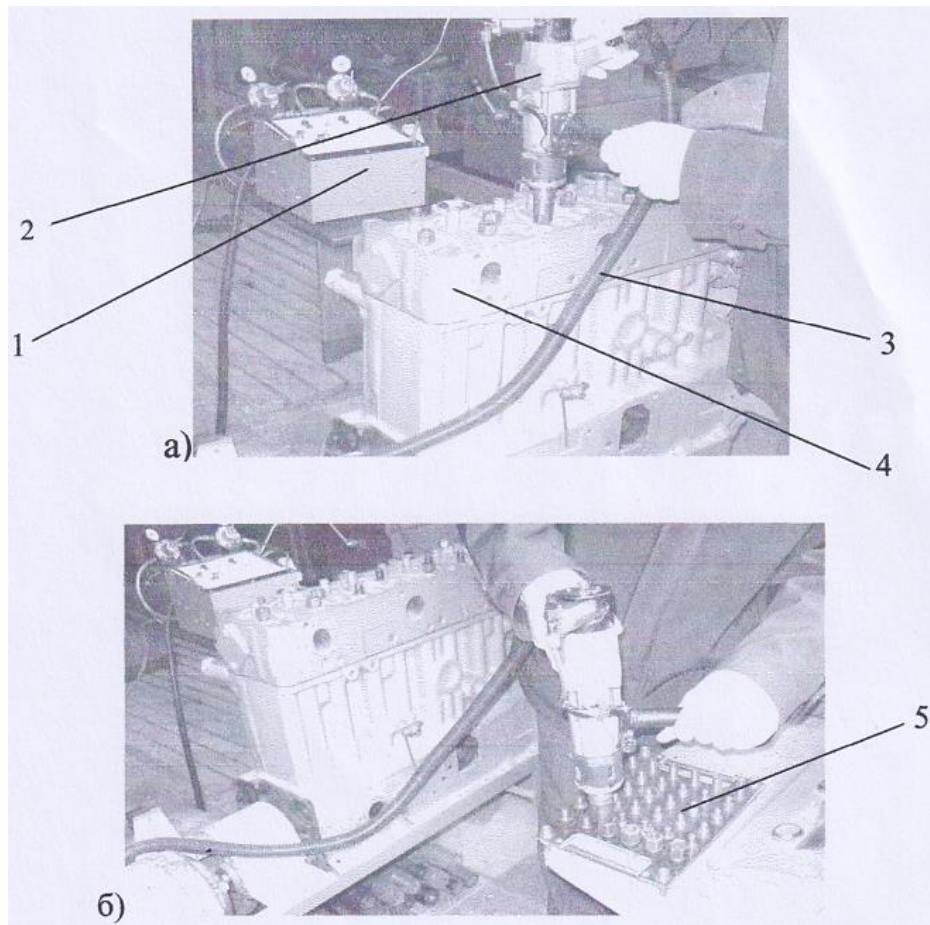


Рисунок 4.2 – Механізоване складання різьбових з'єднань кріплення головки блока двигуна Д-245: а) - нагвинчування гайок на шпильки; б) - захоплення гайок з шайбами головкою гайкокрута з касети; 1 - пульт керування

адаптивного гайкокрута; 2 - адаптивний пневматичний гайкокрут; 3 - джгут пневмоелектропроводів; 4 - головка блока; 5 — касета для гайок і шайб.

Тривалості операцій для обох технологічних операцій записувалися у таблицю 4.2 і таблицю 4.3

Таблиця 4.2 – Затрати часу на механізоване загвинчування гайок з шайбами на шпильки при ручному наживленні (16 комплектів), с

№ операції	Поз. часу	Повторення операцій Назва операцій	1	2	3	4	5	6
			1	$T_{шт}$	Ручне укладання шайб в тару	19	18	19
2	$T_{гг}$	Ручне укладання гайок в тару	18	19	19	18	19	19
3	$T_{шв}$	Перенесення з тари і ручне встановлення шайб на шпильки	27	29	31	27	32	29
4	$T_{гн}$	Перенесення з тари і ручне наживлення гайок	83	80	82	85	86	80
5	$T_{мз}$	Механізоване загвинчування ручним пневматичним гайкокрутом	66	64	67	63	62	66
6	$\sum T_{м}$	Сумарний час загвинчування	213	210	218	211	220	213

Таблиця 4.3 – Затрати часу на повністю механізоване загвинчування гайок з шайбами (16 комплектів), с

№ операції	Познач, часу	Повторення операцій Назва операцій	1	2	3	4	5	6
			1	2	3	4	5	6
1	$T_{шк}$	Ручне встановлення шайб на базові штифти касети	21	20	21	24	24	25
2	$T_{гк}$	Ручне встановлення гайок на базові штифти касети	20	21	23	21	23	21

Продовження таблиці 4.3

3	$T_{Az}$	Захоплення гайки з шайбою з касети, перенесення до шпильки, наживлення і загвинч. адаптивним	141	138	142	138	142	136
4	$\sum T_a$	Сумарний час загвинчування	182	179	186	183	189	182
5		Зростання продуктивності у q разів	1Д7	1Д7	1,17	1,17	1,16	1,17

Після підрахунку за виразами (3,1-3,3) затрат часу окремо на виконання кожного технологічного процесу встановлено, що тривалість загвинчування адаптивним гайкокрутом в порівнянні із стандартним скорочує цей час на 17 %.



## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Основні причини виробничого травматизму та заходи щодо їх попередження

Успішна профілактика виробничого травматизму можлива лише за умов ретельного вивчення причин виникнення травм. Ці причини поділяють на організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, психофізичні [7,23].

До організаційних причин належать відсутність або неякісне проведення навчань та інструктажів з охорони праці; відсутність контролю за дотриманням правил, норм, стандартів безпеки праці; порушення технологічних режимів виконання операцій, правил експлуатації ремонтно-технологічного обладнання та інструменту, підйомно-транспортних засобів.

Технічні причини — це несправність ремонтно-технологічного устаткування та інструменту, недосконалість обладнання, відсутність захисних пристроїв, загороджень, відсутність або несправність запобіжних пристроїв та засобів сигналізації .

Санітарно-гігієнічні причини — це підвищений вміст у повітрі шкідливих домішок; недостатнє або ж нераціональне освітлення; незадовільні мікрокліматичні умови (високі або ж низькі температури, перетяги); значні рівні шуму та вібрації.

До психофізичних причин належать помилкові дії внаслідок втоми працівника через надмірну важкість і напруженість роботи; монотонність праці; невідповідність психофізіологічних чи антропометричних даних працівника параметрам техніки, що використовується, чи умовам роботи, що виконується.

Основні заходи щодо попередження травматизму та усунення його причин поділяють на технічні та організаційні.

Технічні заходи включають:

1) заходи з виробничої санітарії — це створення комфортного мікроклімату шляхом використання сучасних систем опалення та вентиляції, кондиціонування повітря, герметизацію шкідливих процесів, заміну шкідливих речовин нешкідливими, зниження рівнів шуму за рахунок використання звукоізоляційних матеріалів, зниження рівнів вібрації за рахунок використання віброгасних подушок, забезпечення належних побутових умов і санітарного обслуговування

2) заходи з техніки безпеки — це розробка та впровадження безпечного інструменту та устаткування, використання захист пристосувань та автоматичних блокуючих засобів, правильне та зручне розміщення органів керування устаткуванням, підвищення рівня автоматизації процесів, впровадження принципово нових безпечних технологічних процесів.

Організаційні заходи включають правильну організація роботи, навчання та контролю за станом охорони праці, дотримання трудового законодавства, міжгалузевих та галузевих нормативних актів з охорони праці, організація планово-попереджувального ремонту та випробування устаткування, вантажопідйомних засобів, посудин, що працюють під тиском.

Безпека праці в ремонтній майстерні суттєво залежить від зорової інформації, тому в ремонтній майстерні важливо використовувати знаки безпеки (забороняючі, попереджуючі, приписуючі та вказівні), а також сигнальні кольори. Білим кольором позначають межі проїздів, проходів і місць складування. Синій служить для інформації, а зелений свідчить про безпеку, зокрема про безпеку руху. У жовтий колір фарбують небезпечні зони устаткування, низько розташовані конструкції, виступи на підлогах, а також засоби внутріцехового транспорту. Червоний колір використовують для позначення пожежонебезпечних ділянок, а також

аварійнонебезпечні місця.

Загальні вимоги до безпеки виробничих процесів регламентуються ДСТУ. Вони передбачають:

- усунення безпосереднього контакту працівників з ремонтними матеріалами, котрі справляють небезпечну дію;
- комплексну механізацію та автоматизацію виробництва;
- застосування засобів колективного захисту працівників;
- своєчасне отримання та систематизацію інформації про виникнення небезпечних та шкідливих чинників на окремих робочих місцях;
- своєчасне видалення та нейтралізацію відходів виробництва, які є джерелами небезпечної та шкідливої дії;
- забезпечення пожежо- та вибухобезпеки виробництва.

Розташування обладнання, об'єктів ремонту, ремонтних матеріалів, відходів виробництва у виробничих приміщеннях та на робочих місцях не повинно бути небезпечним для персоналу. Взаємне розташування виробничого обладнання та комунікацій, відстань між одиницями виробничого обладнання, а також між обладнанням та стінами повинні відповідати чинним нормам технологічного проектування, будівельним нормам і правилам.

Організація робочих місць, його розміри та розташування елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним та психофізіологічним характеристикам робітника. Організація робочих місць повинна забезпечувати стійке положення робітника, вільність його рухів, безпеку виконання операцій, не допускати роботу в незручних позиціях, котрі зумовлюють підвищену втомлюваність.

Загальні принципи організації робочих місць наступні:

- на робочому місці не повинно бути нічого зайвого;
- предмети, які беруть лівою рукою повинні розташовуватись ліворуч, а предмети, які беруть правою рукою — праворуч;

- небезпечний інструмент та обладнання повинен розташовуватись вище, ніж менш небезпечний. Слід також враховувати, що важчі предмети легше опускати, ніж піднімати;

- організація робочого місця повинна забезпечувати належну оглядовість.

## **5.2. Структурно-функціональний аналіз технологічних процесів складання та розбирання машин**

Технологічний процес заміни вузлів і агрегатів включає наступні операції:

- миття і очищення деталей агрегатів і вузлів та кріпильних деталей;
- виконання допоміжних операцій для створення доступу до вузлів, що потребують заміни;
- готування і встановлення технологічного обладнання;
- виконання основних операцій заміни агрегатів і вузлів;
- контроль технічного стану агрегатів, вузлів та деталей;
- транспортування знятих вузлів деталей для їх заміни.

У процесі виконання вище перелічених операцій можуть виникати такі травмонебезпечні ситуації [7,23]:

- під час миття, очищення деталей та зливання технологічних робочих матеріалів:
  - розбризування мийного розчину або технологічних матеріалів і попадання їх на обличчя, руки та інші відкриті ділянки тіла;
  - загоряння мийного розчину на основі горючих матеріалів або технологічних рідин;
  - забруднення робочого місця;
- під час виконання допоміжних операцій для створення доступу до агрегатів і вузлів, що потребують заміни:
  - наявність на деталях відколи, зазубрин і стружки;
  - падіння деталей і складальних одиниць;

- зіскакування ключів з граней гайок;
- підготовка і встановлення технологічного обладнання:
- намотування одягу на обертові деталі обладнання (силовий гвинт);
- затискання одягу або частин тіла елементами обладнання, падіння, перекидання обладнання;
- наїзд мобільним обладнанням на перешкоди, виконавців робіт або на інших присутніх осіб;
- виконання основних операцій заміни агрегатів і вузлів:
- наявність на деталях відколів, зазубрин і стружки;
- зіскакування ключів з граней гайок;
- падіння деталей і складальних одиниць;
- під час виконання основних операцій заміни агрегатів і вузлів:
- зіскакування ключів з граней гайок;
- наявність на деталях гострих кромek і відшарування металу;
- падіння деталей зі стола;
- під час контроль технічного стану агрегатів, вузлів та деталей:
- випадання з рук мірного інструменту та пристроїв для дефектування;
- неправильне використання інструментів та пристроїв;
- під час транспортування знятих вузлів деталей для їх заміни:
- падіння деталей і складальних одиниць з обладнання;
- перекидання обладнання разом з транспортованими вузлами;
- наїзд мобільним обладнанням на виконавців робіт або на інших присутніх осіб;
- наїзд мобільним обладнанням на інше обладнання, автомобілі або їх складові частини;

Небезпечні умови операції (НУ):

- використання шкідливих для здоров'я мийних розчинів (НУ<sub>1</sub>):
- використання легкозаймистих речовин (НУ<sub>2</sub>):
- несправні інструменти (НУ<sub>3</sub>):

- несправне обладнання (НУ<sub>4</sub>):
- порушення вимог безпеки праці (НУ<sub>5</sub>):

Небезпечні дії (НД):

- розбризування мийного розчину, витікання технологічних рідин (НД<sub>1</sub>):
- користування інструментом, що спричинює іскроутворення, значний нагрів або відкритого полум'я, паління цигарок (НД<sub>2</sub>):
- та використання відкритого полум'я (НД<sub>3</sub>):
- потрапляння горючих матеріалів на нагріті деталі:
- використання несправного обладнання (НД<sub>5</sub>):

Небезпечна ситуація (НС):

- потрапляння агресивних речовин на шкіру та в очі (НС<sub>1</sub>):
- займання горючих речовин (НС<sub>2</sub>):
- зіскакування інструментів з деталей (НС<sub>3</sub>):
- падіння деталей, інструментів обладнання або непередбачена траєкторія їх руху (НС<sub>4</sub>):
- необачні або невмілі дії виконавця (НС<sub>5</sub>)

На підставі співставлення небезпечних умов операцій (НУ), небезпечних дій (НД), та небезпечних ситуацій (НС) складаємо модель процесу [7, 26].

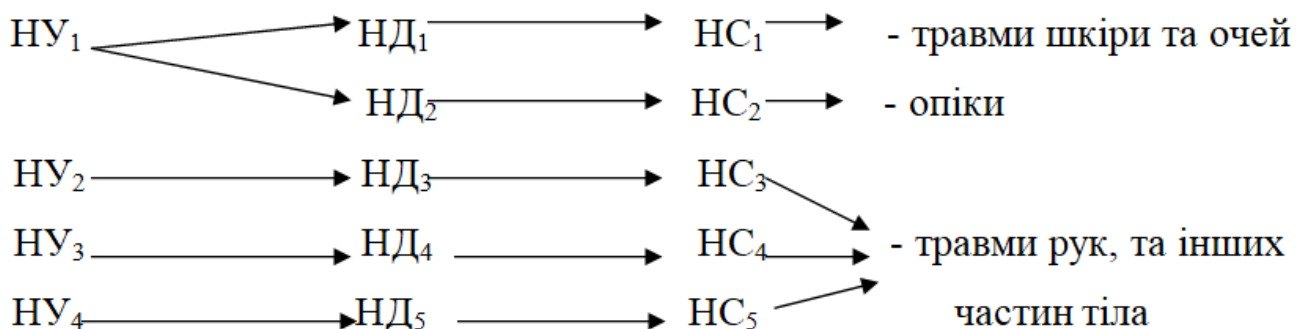


Рисунок 5.1 Модель процесу

### 5.3. Вимоги безпеки до території, приміщень, обладнання і виробничих процесів ремонтних підрозділів

Територія ремонтних майстерень, виробничих, санітарно-побутових та інших приміщень повинна відповідати технологічному процесу ремонтного виробництва та вимогам санітарних норм проектування. Поверхня має бути вирівняна й спланована так, щоб забезпечити відведення стічних вод до водостоків від будівель, майданчиків, проїздів та пішохідних доріжок. Ширина дороги для руху техніки і пішохідних доріжок до майстерні, санітарно-побутових, допоміжних і інших приміщень при однобічному русі повинна бути на 1,8 м, а при двобічному - на 2,7 м більша за ширину сільськогосподарської машини. Ширина пішохідних доріжок має бути не менша 1,5 м.

Майданчики для зберігання автомобілів, тракторів, комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки повинні бути рівними, з твердим покриттям (асфальт, бетон та ін.).

Виробничі процеси, які супроводжуються забрудненням робочої зони шкідливими речовинами (отруйні гази, пари, пил і т.д.), треба проводити в окремих приміщеннях, обладнаних вентиляцією.

Підлога в приміщеннях цехів повинна бути щільною, з твердим покриттям, зручним для очищення і ремонту. В приміщеннях, де користуються водою, підлогу влаштовують з похилом для стоку [7,23]. На оглядових ямах та естакадах треба встановлювати напрямні для коліс автомобілів, тракторів і комбайнів, а також обладнувати з двох боків сходи для спуску в яму. На естакадах по всій довжині мають бути поручні висотою не менш як 1м.

Усі зовнішні входи та виходи, в'їзди у виробничі приміщення обладнують тамбурами для запобігання протягам і тепловим завісам.

Дахи та карнізи будівель у зимовий час треба регулярно очищати від снігу та льоду.

Проходи між стелажми, полицями, шафами у складських приміщеннях повинні бути шириною не менше 1м.

#### **5.4. Розробка заходів щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях**

Захист цивільного населення у разі загрози та виникнення надзвичайних

ситуацій є одним з найважливіших завдань, яке покладається на службу з охорони праці на підприємстві.

Захист населення базується на дотриманні систем заходів, що забезпечують виконання організаційних, протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, сюди включають [7,23]:

- розробку наглядно-методичних та інформативних заходів
- планування та проведення навчально-практичних занять з питань надзвичайних ситуацій.
- ознайомлення всіх працюючих з функціональними обов'язками системи дій при надзвичайних ситуаціях
- ознайомлення всіх працюючих з системою оповіщення при надзвичайних ситуаціях на підприємстві.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В автотракторних двигунах майже у всіх різьбових з'єднаннях використовується метрична різьба з основним і дрібним кроками.

2. Основна частина операції загвинчування складеться з 4-х етапів: взаємоорієнтування, наживлення, загвинчування і затягування, які рекомендують виконувати з різними режимами.

3. Підвищення надійності складання різьбових з'єднань досягається застосуванням адаптивних різьбозагвинчувальних машин. Основна суть адаптації полягає в тому, що на заклинення різьби гайкокрут реагує короткочасним реверсом і наступною спробою загвинчування.

4. Для зменшення вимог щодо точності взаємного розташування різьбових деталей перед спряженням необхідно застосовувати їх податливе базування

5. Якщо хоч одна деталь різьбової пари має податливе базування неточність їх розташування усувається взаємоорієнтуванням під час контакту за рахунок підбору числа обертів, осьового зусилля і жорсткості податливої бази.

6. Застосування ручних адаптивних гайкокрутів в умовах ремонтного виробництва підвищує продуктивність складання різьбових з'єднань на 17 %.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобілі КраЗ: 65055, 65055-02, 6130С4, 6230С4 – самоскиди; 65053, 65053-02 – шасі; 64431, 64431-02 - сідельні тягачі. Посібник з експлуатації. Кременчук, Холдингова Компанія "АвтоКраЗ", 2009. 174 с.
2. Армашов Ю.В. Надійність сільськогосподарської техніки: навчальний посібник. Ю.В. Армашов, П.К. Охмат. Дніпропетровськ. РВВ ДДАУ, 2008. 208с.
3. Вантажні автомобілі MAN L2000. Посібник з ремонту. СПб. Вид-во "Терція", 2006. 180 с.
4. Вантажні автомобілі MERCEDES-BENZ АТЕGO. Технічне обслуговування, посібник з ремонту, схеми електрообладнання. СПб. Вид-во "Дієз", 2010. 496 с.
5. [Войтюк В. Д.](#) Розробка методики забезпечення якості різьбових з'єднань зернових сівалок. В. Д. Войтюк, В. І. Рубльов, В. Г. Опалко. [Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК.](#) 2015. Вип. 226. С. 168-177. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_tech\\_2015\\_226\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2015_226_21) (дата звернення: 20.08.2024р.)
6. Деталі машин: підручник. Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков Є.І. та ін. Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2010. 308 с.
7. Довідник з охорони праці в сільському господарстві: Запитання і відповіді. Лехман С.Д. Київ "Урожай", 1990. 399 с.
8. Михайлович Я. М. Нарізні з'єднання зернозбиральних комбайнів – об'єкт обслуговування. Я. М. Михайлович, А. М. Рубець. Пропозиція. 2006. № 8. С. 124–126.
9. Дорошенко О. В. Обґрунтування методів та параметрів діагностики вань паливних систем мобільних сільськогосподарських машин. О. В. Дорошенко, Є. В. Калганков. Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej "Nowy sposób rozwoju Inżynieria i Technologia" Sp. z o.o. «Diamond trading tour» Warszawa. 2017. С. 44–50.
10. ДСН 3.3.6.037-99 „Державні санітарні норми шуму, ультразвуку та

інфразвуку”.

11. ДСН 3.3.6.039-99 "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу".

12. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.

13. Економіка ремонтного підприємства. В.К. Аветісян та ін.; За ред.. В.К. Аветісяна. Харків, ХНТУСГ, 2005. 389 с.

14. Жуков, В. Б. Дослідження щільності стиків різьбових з'єднань авіаційних двигунів: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 214 - двигуни літальних апаратів та їх технологія. В. Б. Жуков. Харків, 1970. 29 с.

15. І.Я. Кулинич, І.О. Ніщенко. Моделювання процесу взаємного орієнтування різьбових деталей. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. Львів: Держ. ун-т “Львівська політехніка”, 1995. Випуск 32. С.84-89.

16. І.Я. Кулинич, І.О. Ніщенко. Умови взаємного орієнтування різьбових деталей. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. Львів: Держ. ун-т “Львівська політехніка”, 2003. Випуск 37. С.28-32.

17. Костромський М. В. Сучасний стан технічного забезпечення аграрної сфери економіки України. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/>. (дата звернення: 02.09.2024)

18. Кулинич І. В. Технологічно-адаптивне забезпечення складання різьбових з'єднань машин: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 „Технологія машинобудування”. І. В. Кулинич. Тернопіль, 2005. 19 с.

19. Михайлович Я. М. Використання різьбових з'єднань зернозбиральних комбайнів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наукових праць. Я. М. Михайлович, А. М. Рубець. Український

науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільського господарства імені Леоніда Погорілого. Дослідницьке, 2009. Вип. 13 (27). С. 301–310.

20. Лебеденко О.В. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних проектів і робіт для студентів факультету механізації сільського господарства, (кафедра надійності і ремонту машин) за напрямом підготовки "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва". Лебеденко О.В. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2011. 16 с.

21. Метрична різьба. URL: <https://dinmark.com.ua/blog/metrychna-rizba>. (дата звернення 03.09.2024).

22. Надійність сільськогосподарської техніки. С.Г. Гранкін та ін. За ред. В.Ю. Черкуна. Київ: «Урожай», 1998. 208с.

23. Охорона праці Навчальний посібник. Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Пістун І.П., Суми 2009, 540 с.

24. Петраков Ю.В., Мельничук П.П. Автоматизація технологічних процесів у машинобудуванні засобами мікропроцесорної техніки: Навчальний посібник. Житомир: ЖІТІ, 2001. 194 с.

25. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2. О.І. Сідашенко, та інші. За ред. О.І.Сідашенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 491с.

26. Радіоактивне забруднення. URL: [http://pidruchniki.com/10560412/bzhd/radioaktivne\\_zabrudnennya](http://pidruchniki.com/10560412/bzhd/radioaktivne_zabrudnennya). (дата звернення 08.10.2024).

27. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник. Упор. В.Я. Чабанний. Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. 720 с.

28. Ремонт машин та обладнання: Підручник. О.І. Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І.Сідашенка, О.А.Науменка. Київ: Агроосвіта, 2014. 665 с.

29. Ремонт машин. Дипломне проектування: навчально-методичний посібник. Кобець А.С., Дирда В.І., Сокол С.П та ін. Дніпропетровськ:

Журфонд, 2016. 284 с.

30. Різьбове з'єднання. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki>. (дата звернення 08.09.2024)

31. Рубець А. М. Проблема технічного обслуговування різьбових з'єднань зернозбиральних комбайнів. А. М. Рубець. Техніка АПК. 2007. №10. С. 37–39.

32. Посібник з експлуатації автомобіля КрАЗ-6510. За ред. головного конструктора Д. Л. Ястребова. Харків. Вид-во: "Прапор", 1992. 167с.

33. Сідашенко О. І., Науменка О.А. Ремонт машин та обладнання Київ 2014, 665 с.

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

35. Трактори та автомобілі Частина 1 автотракторні двигуни. Київ 2000, 354.

36. Фелонюк В. В. Дослідження коефіцієнту тертя в різьбових з'єднаннях. В. В. Фелонюк. // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej " Inżynieria i technologia. Współczesne tendencje w nauce i edukacji " Paris: Sp. z o.o. "Diamond trading tour". 2020. №34. С. 40–45.

37. Черновол М.І. Надійність сільськогосподарської техніки. Кіровоград: Код, 2010. 320 с.

38. Чухрай В., Кулинич І. Обґрунтування умов наживлення різьбових деталей: Машинознавство, 2002. № 9. С.42–45.

39. Чухрай В., Левчук О., Рис В., Кордоба В. Механізоване розбирання і складання різьбових з'єднань. Методичні рекомендації до виконання практичної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Ремонт автомобілів». Дубляни, 2023. 11 с.

40. Iwan Kulinicz. Adaptacyjne urządzenia do montozu polanczen qwintowych // Technologia i automatyzacja montazu. Kwartalnik naukowo-techniczny. №4. 1997. С.21-23.