

**Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний аграрний університет  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра машин та обладнання сільськогосподарського виробництва**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри МОСГВ**

**д.т.н., проф. Н.Р.Веселовська**

**«29» квітня 2024 р.**

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗОВАНОГО СКЛАДАННЯ  
РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**Пояснювальна записка  
до бакалаврської дипломної роботи  
зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
08-21ДП.008.00.000 ПЗ**

**Керівник роботи  
д.т.н., проф. Н.Р.Веселовська**

**Розробив ст.гр. 4 Маш  
Пастух А.С.**

**Вінниця ВНАУ 2024**

**Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний аграрний університет**

**Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра машин та обладнання сільськогосподарського виробництва**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри МОСГВ, д.т.н., професор

\_\_\_\_\_ Н.Р.Веселовська

« 11 » 09 \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну бакалаврську дипломну роботу**

студенту **Пастуху Андрію Сергійовичу**  
на тему «Удосконалення процесу механізованого складання різьбових з'єднань сільськогосподарської техніки»

затверджену наказом № 212з від 11.09.2023 р.

Термін подання дипломної роботи на кафедру для попереднього захисту 29.04.2024 р.

Вихідні дані до дипломної роботи: схема.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

Вступ.

1. Аналіз відомих технічних рішень.
2. Конструкторський розділ.
3. Технологічна частина

Висновки.

Список використаної літератури.

Додатки.

---

Перелік графічного матеріалу:

- 1 Аналіз існуючих конструкцій .
2. Складальний кресленник.
- 3.Розрахункова схема.

Завдання видано 11.09.2023 р.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ А.С.Пастух  
(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Н.Р.Веселовська , д.т.н., професор  
(підпис)

УДК 631.3

Удосконалення процесу механізованого складання різьбових з'єднань сільськогосподарської техніки. *Кваліфікаційна бакалаврська дипломна робота.* Пастух Андрій Сергійович. Кафедра машин та обладнання сільськогосподарського виробництва. ВНАУ, 2024.

В роботі наведено удосконалення процесу механізованого складання різьбових з'єднань сільськогосподарської техніки основні відомості про різьби, наведена їх класифікація. Розглянуто структуру технологічної операції механізованого складання різьбових з'єднань.

Описано процес моделювання технологічних процесів наживлення різьбових деталей.

Описано програму і методику експериментальних досліджень, обладнання і пристосування, а також методика лабораторно-виробничих випробувань і порівняння технологічних процесів складання різьбових з'єднань.

Опрацьовано та описано результати експериментальних досліджень взаємного орієнтування і наживлення різьбових деталей адаптивним різьбоскладальним обладнанням в порівнянні з стандартним гайкокрутом.

Побудовано логіко-імітаційну модель процесу виникнення травми у працюючого при роботі із стандом для випробовування гайкових ключів. Пораховано ймовірність виникнення такої травми.

## ЗМІСТ

	Вступ.....	4
1.	АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ РОЗБИРАННЯ І СКЛАДАННЯ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ.....	7
1.1	Основні відомості про різьби.....	7
1.1.1.	Класифікація різьб.....	8
1.2.	Структура технологічної операції механізованого, автоматизованого і автоматичного складання РЗ.....	9
1.3.	Технологічні методи і засоби розбирання і складання різьбових з'єднань.....	12
1.4.	Висновки по розділу.....	19
2.	МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НАЖИВЛЕННЯ РІЗЬБОВИХ ДЕТАЛЕЙ.....	20
2.1	Наживлення різьби.....	20
2.1.1	Початок наживлення, кут наживлення.....	20
2.2	Висновки по розділу.....	26
3.	ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБЛАДНАННЯ І ПРИСТОСУВАННЯ.....	27
3.1	Установка і методика експериментального дослідження умов гарантованого взаємного орієнтування і наживлення різьбових деталей за другою схемою базування.....	28
3.2.	Методика лабораторно-виробничих випробувань і порівняння технологічних процесів складання різьбових з'єднань адаптивним різьбоскладальним обладнанням і стандартним гайкокрутом.....	33
	ВИСНОВКИ.....	55
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57
	ДОДАТКИ.....	62
	ДОДАТОК А.....	63

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

## ВСТУП

В процесі виготовлення і ремонту машин значний об'єм робіт припадає на виконання розбирально-складальних операцій, зокрема – різьбових з'єднань (РЗ). РЗ складають до 70-80% всієї з'єднань, що є в конструкції автомобіля. Трудомісткість відгвинчування і загвинчування гвинтів, болтів і гайок під час капітального ремонту автомобілів, тракторів і дорожньої техніки на ремонтних підприємствах складає 25-64% від загальної трудомісткості розбирально-складальних робіт [1]. За іншим джерелом [2] трудомісткість робіт під час розбирання і складання РЗ складає біля 45% від загальної трудомісткості ремонту машин. В машинобудуванні трудомісткість всіх складальних операцій у загальній трудомісткості виготовлення виробів також доволі значна і, залежно від типу виробництва, складає 20- 40% [3].

*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.

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ РОЗБИРАННЯ І СКЛАДАННЯ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ

Різьбоскладальне обладнання, що застосовується для механізованого (автоматизованого) і автоматичного методів [7] розбирання і складання РЗ не забезпечує в достатній мірі надійного спряження різьбових деталей через відмови в роботі, які можуть пошкодити різьбу і зменшують продуктивність. Щоб створити надійне обладнання для виконання цих робіт необхідно проаналізувати відомі методи і засоби аналогічного призначення, уявити технологічні та конструктивні причини відмов їх функціонування і на основі цього вибрати напрями дослідження.

### 1.1. Основні відомості про різьби

Гвинтові поверхні, у яких твірними є прямі лінії, називаються гелікоїдами [13]. Гелікоїди задаються гелісами (гвинтовими лініями) і твірними. Якщо твірна складає із віссю гвинтової поверхні прямий кут, то гелікоїд називають прямим закритим гелікоїдом, або гвинтовим коноїдом. У випадках, коли твірна гвинтової поверхні перетинається із віссю під гострим (тупим) кутом її називають скісним закритим гелікоїдом (рис.1.1).

Різьба є окремим випадком гвинтової поверхні з прямолінійною (гелікоїди), або криволінійною (гвинтові пари, гвинтові стовби) формою твірних. Залежно від форми поверхні, на якій вона утворена і напряму гвинтового руху твірної профілю різьба може бути циліндричною і конічною, зовнішньою і внутрішньою, правою і лівою.

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

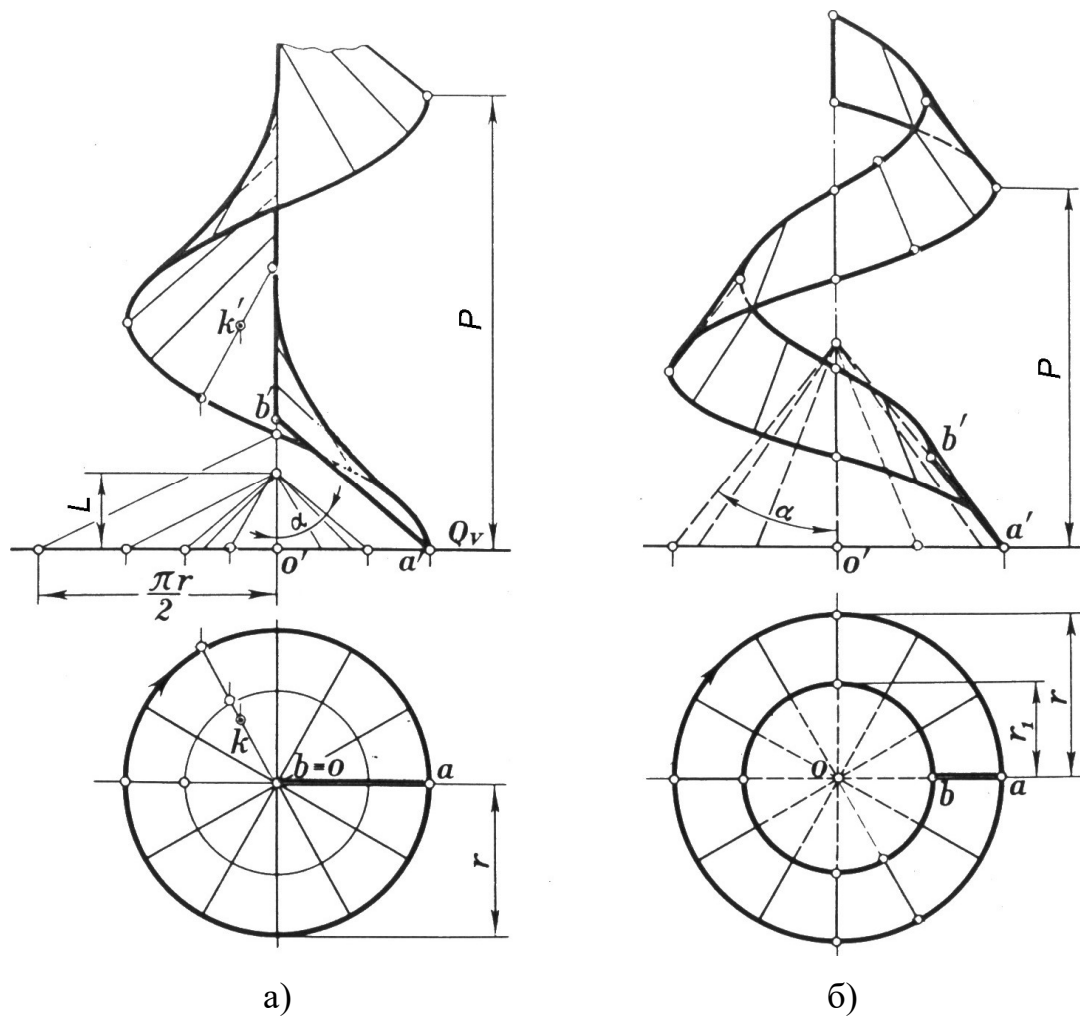


Рисунок 1.1 – Скісні гелікоїди правого ходу: а – закритий; б- закритий кільцевий;  $\alpha$  - кут нахилу твірної  $av$  до осі;  $P$  – крок;  $L$  – висота напрямного конуса поверхні.

### 1.1.1. Класифікація різьб

Різьбові з'єднання відносяться до групи рознімних з'єднань і можуть бути нерухомими і рухомими.

За призначенням різьби діляться на кріпильні (в нерухомих з'єднаннях) і ходові, або кінематичні (в рухомих з'єднаннях). Часто кріпильні різьби мають

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ще іншу функцію – ущільнення різбового з'єднання, забезпечення його герметичності.

Залежно від форми профілю розрізняють різьбу трикутну, трапецевидну, прямокутну, круглу, спеціальну.

За величиною кроку є різьби крупні, дрібні, спеціальні і за числом заходів – однозахідні, багато західні.

За наявністю стандарту є стандартні і спеціальні різьби. Стандартними є різьби: метрична, трубна циліндрична, трубна конічна, конічна дюймова, дюймова, трапецевидна, упорна кругла.

Є два види спеціальних різьб.

1. Різьба має стандартний профіль, а розміри діаметру або кроку відрізняються від стандартних. Перед стандартним позначенням таких різьб ставлять букви С<sub>п</sub>.

2. Різьба має нестандартний профіль. На кресленнях зображення її профілю і розміри виконують за стандартами на зображення деталей і проставляють розмірів.

## **1.2. Структура технологічної операції механізованого, автоматизованого і автоматичного складання РЗ.**

Незалежно від методу [7] виконання (ручний, механізований, автоматизований, автоматичний) технологічної операції [6] складання РЗ її розділяють на дві частини – основну (основний час) і допоміжну (допоміжний час).

В багатьох дослідженнях [12,13,14,15] основну частину операції складання РЗ диференційовано на три етапи: наживлення, загвинчування і затягування. *Наживленням* [12] різбової деталі вважається її загвинчування (нагвинчування на 1-2 витки).

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



В загальному випадку, з рахуванням 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) підвід 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).

Процес складання гвинтових РЗ складається з наступних фаз [10]:

- 1) підвід інструмента до гвинта;
- 2) удар інструмента об гвинт;
- 3) відносне орієнтування гвинта і гладкого отвору;
- 4) спряження гвинта з гладким отвором приєднуваної деталі;
- 5) удар гвинта з інструментом в базову деталь з різьбовим отвором;
- 6) відносне орієнтування гвинта і різьбового отвору;
- 7) наживлення;
- 8) згвинчування;
- 9) затягування;

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10) відвід інструмента.

Наведені приклади послідовності процесу складання РЗ свідчать, що допоміжні етапи і (фази) залежно від конструкції РЗ, можуть мати неоднаковий зміст і черговість, а основні етапи – наживлення, загвинчування і затягування залишаються незмінними.

В багатьох дослідженнях [12,17,18] відзначається, що найбільше відмов (2-9%) у роботі механізованого і автоматичного обладнання для складання РЗ і пошкоджень наживних витків різьби відбувається під час наживлення.

У зв'язку з тим, що наживлення кріпильних виробів є найбільш складним етапом для механізованого і автоматичного виконання, його часто виконують вручну [3,14], а наступні – загвинчування і затягування, засобами механізації і автоматизації.

З точки зору технологічності складання різьбові деталі є недосконалими і з цієї причини деякі автори [19, с.58, п.7] подають сумнівні рекомендації “Соединение деталей свинчиванием при автоматической сборке нежелательно”.

Проведений огляд літературних джерел стосовно структури операції загвинчування показує, що для гарантованого складання РЗ необхідно забезпечити гарантоване наживлення його різьбових деталей. Отже необхідно мати вичерпну інформацію про умови надійного виконання процесу наживлення. Для цього потрібно диференціювати наживлення на найелементарніші операції і, окремо для кожної з них, обґрунтувати ці умови, тобто теоретичними і експериментальними дослідженнями виявити вплив технологічних, конструктивних і інших чинників на надійність виконання елементарних операцій процесу наживлення. На основі цього можна розробити технологію і створити надійне різьбоскладальне обладнання. Паралельно із розробкою технології і засобів механізованого чи автоматичного складання конкретних РЗ слід провести організаційні і технологічні заходи призначені для вдосконалення технологічності складання їх різьбових деталей.

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

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

Під час розбирання РЗ необхідно забезпечити економічно доцільне збереження придатності різьбових деталей [4] і деталей з'єднання. Основною умовою цього є обмеження величини крутного моменту відгвинчування, щоб не скрутити різьбовий стержень (РС), якщо з'єднання стало труднорозбірне.

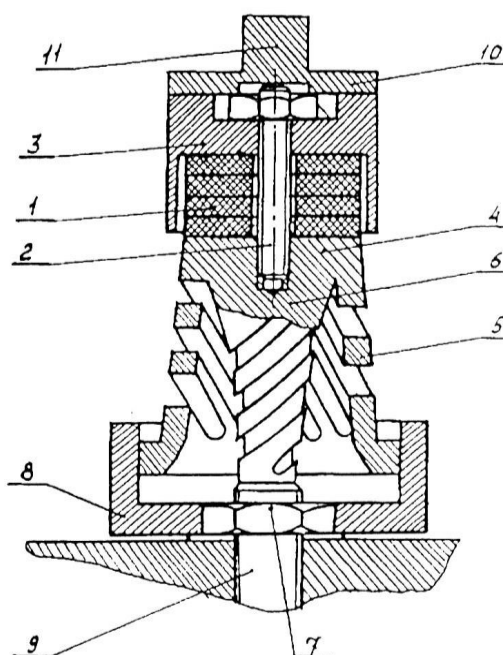


Рисунок 1.2 – Спосіб розбирання різьбових з'єднань: 1- п'єзокерамічний перетворювач; 2- шпилька; 3- корпус; 4- частотнопонижувальний елемент разом з торсіоном 5 і коцентратором 6; 7- відгвинчувальна гайка; 8- наконечник; 9- болт; 10, 11- перехідник і квадрат.

Для розбирання труднорозбірних РЗ застосовуються додаткові засоби і методи механічної і хімічної дії на окислені (заржавілі) різьбові деталі, аж до їх руйнування, або – тільки однієї із них. Аналіз цих додаткових методів і засобів і їх вдосконалення тут не розглядається, бо це є тема окремого дослідження. Подаємо тільки один із багатьох відомих способів [25] розбирання різьбових

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

з'єднань (рис 1.2). Підвищення ефективності розбирання різьбового з'єднання досягається за рахунок дії на гайку одно напрямлених крутильних коливань, на болт – подовжніх механічних коливань і додаткових крутильних, синфазних і протилежних відносно коливань гайки.

Основний метод складання РЗ полягає в забезпеченні контакту співвісно розташованих деталей різьбової пари і обертання однієї з них в напрямі загвинчування. Цей метод реалізується переважно більшістю відомих різьбоскладальних пристроїв і інструментів. Крім цього, для загвинчування застосовується і інші способи і засоби, зокрема такі, які базуються на різнопрямному обертанні деталей різьбової пари [23,24,26], що підвищує надійність складання РЗ.

Відомо фрикційно-інерційний спосіб складання РЗ [28], який полягає в тому, що різьбова деталь одержує обертання від пружно-еластичного елемента за рахунок сил тертя. Гайка 1 (Рис. 1.3,а) орієнтується відносно болта 2 за допомогою вертикального стержня 3, на якому вона базується внутрішнім діаметром [65].

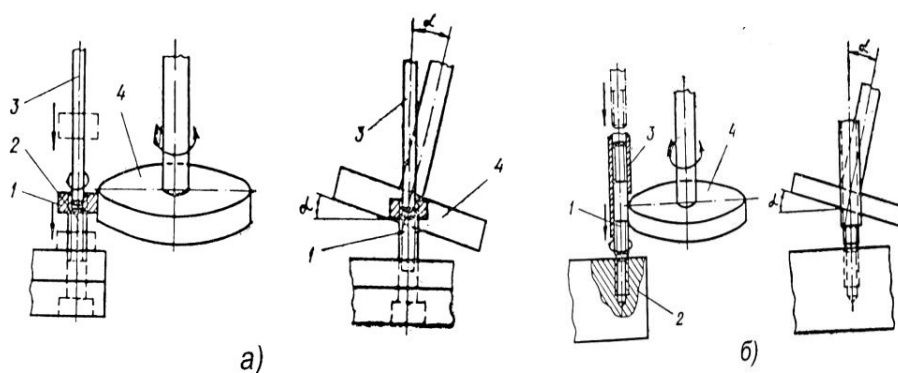


Рисунок 1.3 – Фрикційно-інерційний спосіб загвинчування: а- гайок: 1- гайка; 2-болт; 3- напрямний стержень; б-шпильок: 1- шпилька; 2- корпус; 3- напрямна втулка.

Вісь обертання фрикційного диска 4 нахилена до вертикалі на кут  $\alpha$ .

~~Опускаючись по стержні 3 гайка контактує з диском, одержує від нього~~

				08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

обертання і нагвинчується на болт 2.

Фрикційно-інерційним способом можна виконувати тільки наживлення і попереднє загвинчування різьбової деталі, бо сила тертя між нею і пружним елементом недостатня для створення необхідного моменту затягування.

У пристроях [30,31] для орієнтування, наживлення і нагвинчування кріпильних деталей (рис.1.4) обертання робочої головки 12 хвостовика 11 і наживлення гайки 34 відбувається за рахунок несамогальмівної різьбової пари між хвостовиком 11 і гайками 18, 19, що мають ліву і праву гвинтові нарізки. Хвостовик 11 також має гвинтову нарізку лівого і правого напрямів. Гайки 18 і 19 можуть почергово з'єднуватися з шпинделем 4 електромагнітними муфтами 20 і 21, котрі вмикаються кулачком 7 через перемикач.

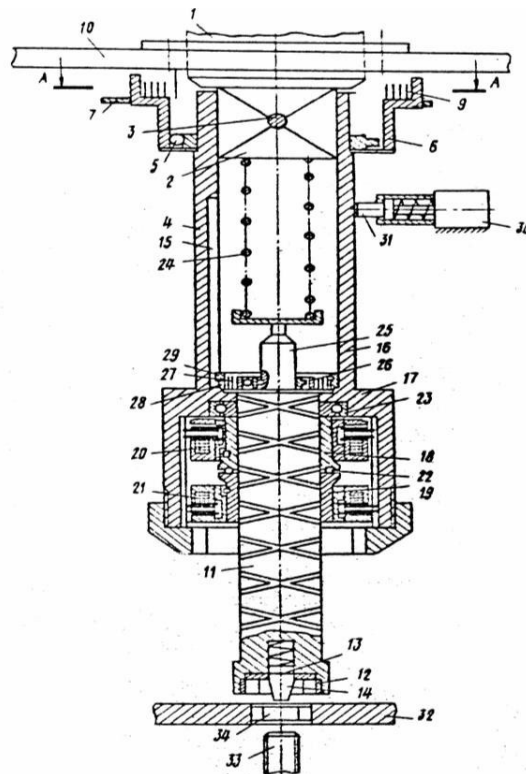


Рис 1.4 Пристрій для орієнтування, наживлення і нагвинчування кріпильних деталей.

Під час опускання пристрою загвинчувана гайка 34 із механізму

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

утримування 32 попадає у гніздо головки 12, потім впирається в торець РС 33 і хвостовик 11 з головою 12 зупиняються. Шпindel 4 опускається далі і по лівій нарізці хвостовика 11 починає ковзати гайка 18, яка в цей час з'єднана із підгальмованим гальмом 31 шпинделем 4, обертає хвостовик 11 з головою 12 і гайка 34 наживляється на РС 33. Після цього вмикається привід шпинделя 4 і відбувається загвинчування і затягування гайки 34. Якщо загвинчена гайка 34 встановлена відносно РС 33 з перекосом або різьба забита, то крутний момент наживлення стане більшим від моменту гальмування і під час дальшого опускання пристрою шпindel 4 почне обертатися в напрямі відгвинчування і через гайку 19 з правою нарізкою поверне хвостовик 11 з головою 12 і загвинчуваною гайкою 34 і виведе її із заклиненого стану. Після цього відбувається повторна спроба загвинчування.

Щоб створити сприятливі умови для взаємного орієнтування і наживлення різьбових деталей пропонується пневмовихорний метод приводу шпинделя. Але його можна використати лише для випадків де не потрібно затягувати різьбу. В пристрої для автоматичного складання деталей [32] пневмовихорний метод взаємоорієнтування і наживлення суміщений із загвинчуванням і затягуванням різьбових деталей за допомогою спеціального патрона.

Автоматичний пристрій для загвинчування гайок [34] контролює положення гайки на початку загвинчування, яке здійснює з незначним крутним моментом (рис. 1.5). Якщо гайка нагвинчується з перекосом – двигун зупиняється і реверсується. Перекос гайки 7 в головці 6 фіксується за величиною розрідження в повітроканалах 10, 12. Після цього починається повторний цикл загвинчування. Такий принцип роботи різьбозагвинчувального пристрою вже має деякі ознаки адаптації.

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

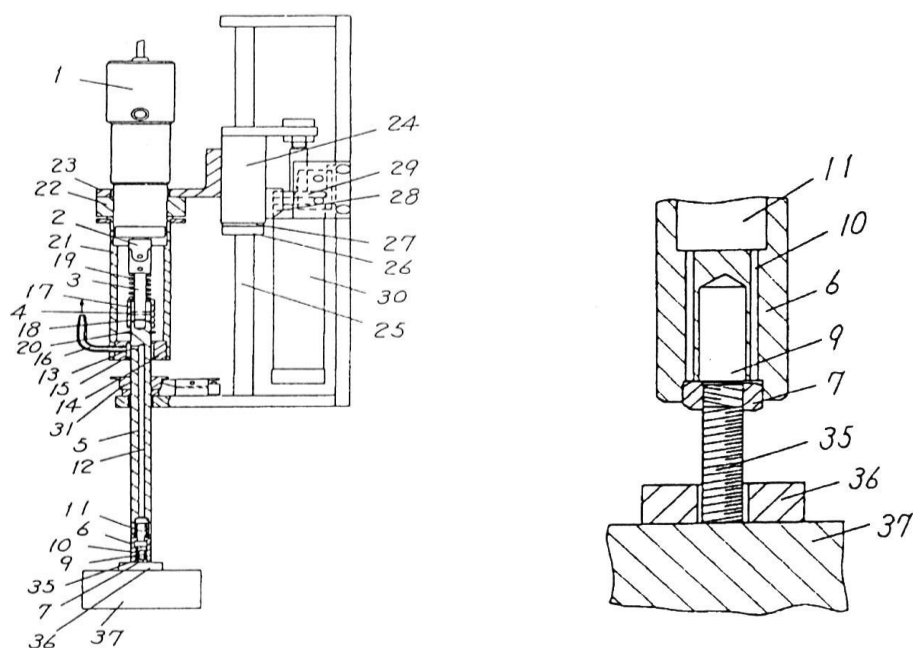


Рисунок 1.5 – Автоматичний пристрій для загвинчування гайок: 1- електропривід; 5- шпindelь; 6- головка; 7- нагвинчувана гайка; 10, 11, 12- повітроканали; 16- відсмоктувальний штуцер; 35- шпилька.

В роботах [81,82] 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 [13,15]:

- 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 живниками, виконуються автоматично, а ручним способом – тільки керування різьбозагвинчувальною машиною;

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

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. Інформації про повну автоматизацію розбирання РЗ під час ремонту машин в доступних нам літературних джерелах немає. Хоч для створення розбиральних автоматів і напівавтоматів якихось технічних перепон ми не бачимо, якщо це стосується серійних об'ємів ремонту і вигідно із економічних міркувань.

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 – ДСТУ 2839-92; ключі гайкові комбіновані (з відкритим зівом і кільцеві) – ДСТУ 16983-90; ключі кільцеві двосторонні колінчасті – ДСТУ 2906- 94; ключі ріжкові – ДСТУ 6394-73; ключі гайкові розвідні – ДСТУ 7275-75; змінні головки з внутрішнім шестигранником – ДСТУ 3229-75.

За способом контролю моменту затягнення ключі можна розділити на:

Ключі динамометричні, які безперервно показують зміну крутного моменту під час затягнення [33,38,39];

Ключі граничні, які відключаються при досягненні заданого моменту затягнення [33,38,39];

Ключі , в яких не передбачено обмеження крутного моменту [33,38].

Підвищення продуктивності праці під час розбирання і складання РЗ досягається за рахунок широкого застосування різноманітних механізованих

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



інструментів. Їх застосування під час розбирання РЗ сприяє також збереженні значної кількості кріпильних виробів, які придатні для повторного використання [1].

Для розбирання і складання РЗ призначені ручні і автоматизовані, одно і багатошпindelні гайкокрути з пневматичним, електричним і гідравлічним приводами, а також електромеханічні гайкокрути.

За принципом дії перетворювача моменту гайкокрути можна поділити на три групи [1,15]:

- 1) обертання від двигуна на шпindel передається через редуктор і муфту обмеження крутного моменту;
- 2) обертання від двигуна передаються безпосередньо на шпindel, тому вони оснащені тільки пневматичними двигунами, які не бояться перевантажень;
- 3) гайкокрути ударно-імпульсної дії, у яких спеціальна муфта перетворює обертаний рух в обертово-ударні імпульси. Ці гайкокрути застосовуються найчастіше бо в них невелика маса і відсутній реактивний момент.

В таблиці 1.1 [1] подано порівняльну характеристику відомих гайкокрутів залежно від типу двигуна.

Таблиця 1.1 – 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 середньої сили і високої частоти	Шум відсутній	Різкий шум сили і високої частоти

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Ефективність використання ручних механізованих інструментів не висока, коли попереднє нагвинчування кріпильних виробів на 1,5-2 витки виконують вручну. [1]. Цей недолік усувається застосуванням пристроїв для автоматичної подачі гайок, гвинтів, болтів.

#### 1.4. Висновки по розділу

1. Найбільше відмов у роботі механізованого (автоматизованого) різьбоскладального обладнання виникає на першому етапі операції загвинчування – наживленні. Причиною цього є недостатня точність взаємного розташування РД перед складанням, що призводить до заклинювання і пошкодження різьби. Внаслідок цього зменшується продуктивність виконання операцій загвинчування і появляются додаткові затрати необхідні для відновлення пошкоджених деталей.

2. В даний час для розбирання і складання РЗ застосовується дуже багато різноманітних інструментів і обладнання. Це ручні ключі і викрутки, механізовані (автоматизовані) інструменти, автоматичні лінії, роботизовано складальні комплекси. Є пристрої з деякими ознаками адаптації, які можуть компенсувати лінійні похибки базування в межах, що більші від сумарної величини радіальних катетів фасок різьби, інші при заклинюванні різьби починають реверсивний рух шпинделя. Але ці пристрої призначені тільки для стаціонарного використання і мають складні конструкції. Їх неможливо використати в ручних механізованих інструментах і підвісних або пересувних багатошпindelних гайкокрутах. А якраз таке обладнання, з врахуванням дрібносерійного характеру і економічних міркувань, найбільш придатне для ремонтного виробництва в АПК.

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

## 2. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НАЖИВЛЕННЯ РІЗЬБОВИХ ДЕТАЛЕЙ

### 2.1 Наживлення різьби

Загальноприйнято називати наживленням загвинчування різьбової деталі на 1-2 витки. Вважаємо, що таке визначення не дає уявлення про суть цього процесу. Щоб уявити як взаємодіють між собою початкові витки гвинта перед безпосереднім спряженням і на його початковому етапі необхідно виявити можливі варіанти геометричної форми західної (наживної) частини різьби і її параметрів.

#### 2.1.1 Початок наживлення, кут наживлення

До даного часу загальноприйнято наживленням називати загвинчування різьбової деталі на 1...2 витки. Ми пропонуємо визначення, яке точніше відображає суть цього процесу, а саме: наживлення – це процес безпосереднього спряження гвинтових різьбових поверхонь першими неповними витками різьби [41]. Він починається після взаємного орієнтування різьбових деталей і відповідного суміщення слідів їх різьби, а закінчується після спряження перших неповних витків різьби. Наживлені різьбові деталі повинні зберігати початковий спряжений стан без допомоги будь-яких напрямних чи баз і, не обертаючи, їх неможливо роз'єднати осьовим або радіальним зусиллям без руйнування 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.2.1).

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

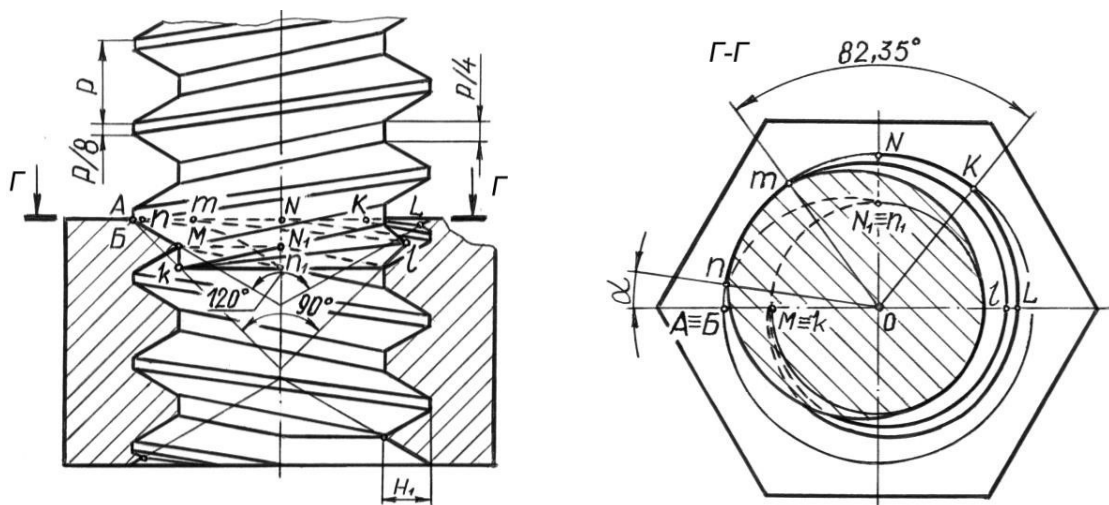


Рисунок 2.1 – Початок наживлення метричної різьби.

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 загвинчуванню 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:

$$\varphi_n = \angle mOn_1 \text{ (рис.2.8б)} + \angle NOK \text{ (рис.2.7 а)} = 37,35^\circ + 45^\circ = 82,35^\circ. \quad (2.1)$$

Розташування слідів метричної різьби з кутами конусів фасок рівними  $120^\circ$  у гвинта і  $90^\circ$  у гайки перед початком наживлення буде іншим ніж в попередньому випадку.

						08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			20

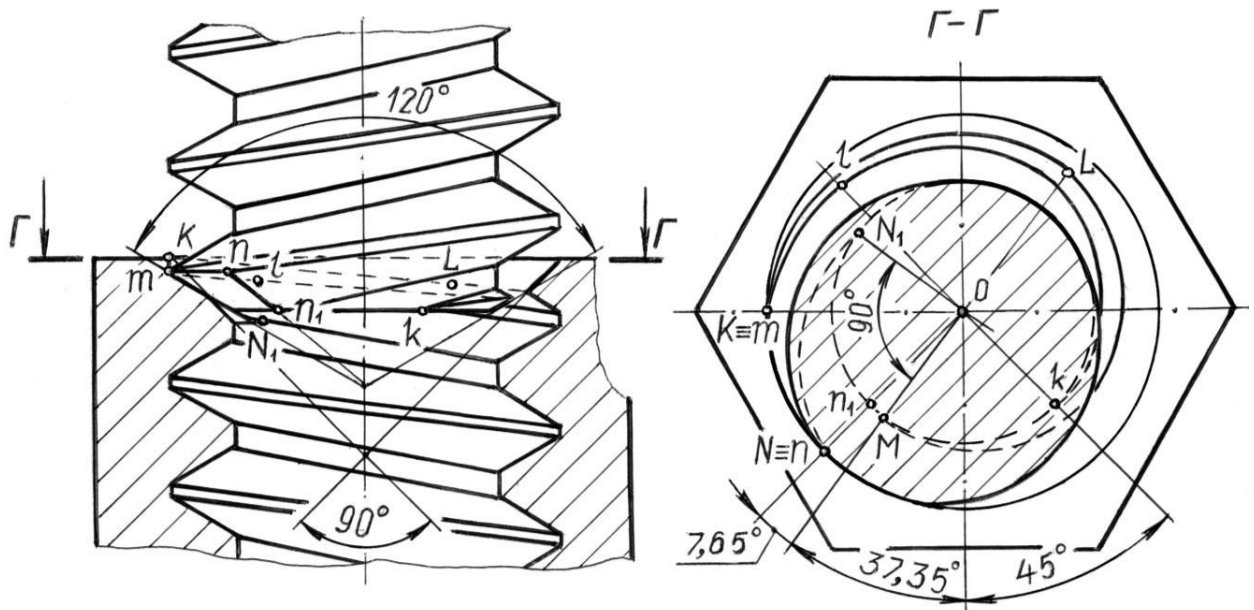


Рисунок 2.2 – Початок наживлення метричної різьби.

Наживлення (рисунок 2.2) почнеться після суміщення в осьовому напрямі точки  $m$  сліду різьби гвинта з точкою  $K$  сліду різьби гайки. Таке розташування слідів різьби можна одержати аналогічно попередньому випадку, обертаючи гвинт в контакт з гайкою в напрямі протилежному загвинчуванню, після клацання. Клацання виникає за рахунок опускання гвинта в отвір гайки на ширину впадини зовнішнього діаметру різьби. Під час наступного обертання гвинта в напрямі загвинчування (при нерухомій гайці) точка  $m$  і решта точок кривої  $mlk$  заходять у початкову впадину різьби гайки, що характеризує фазу наживлення. Вона закінчиться, коли точка  $k$ , тобто початок першого витка різьби гвинта, зайде у впадину різьби гайки під точку  $M$ . Кут повороту гвинта для здійснення наживлення для цього випадку також дорівнює:

$$\varphi_n = 37,35^\circ + 45^\circ = 82,35^\circ.$$

Із рисунків 2.1 і 2.2 можна зауважити два варіанти початку і закінчення наживлення

1. Першою у западину під точку  $M$  різьби гайки з повною висотою

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

профілю заходить початкова точка  $k$  витка гвинта, якщо центральний кут його різьби сліду більший від центрального кута сліду різьби гайки. Наживлення закінчиться після заходу точки  $m$  повної висоти профілю різьби гвинта під початкову точку  $K$  витка різьби гайки.

2. Першою у западину різьби гайки під початкову точку  $K$  її витка заходить точка  $m$  різьби гвинта з повною висотою профілю, якщо центральний кут сліду його різьби менший від центрального кута сліду різьби гайки. Наживлення закінчиться коли початок витка різьби гвинта (точка  $k$ ) підійде під точку  $M$  повної висоти профілю різьби гайки.

Кут наживлення не змінюється, якщо змінювати розташування різних за величиною кута фасок з гвинта на гайку і навпаки.

На основі цього визначаємо кути наживлення для комбінації різьби із фасками 45 і 60 із різьбою без фасок. Накладемо сліди різьби гвинта без фаски на сліди різьби гайки із фаскою 60 . При суміщенні точки  $m$  із точкою  $K$  гвинт опуститься вниз на ширину зовнішньої смужки і це буде початок наживлення. Першою в заглибину різьби гайки при обертанні в сторону загвинчування заходить точка  $m$ . Точка  $k$  в цьому положенні віддалена від точки  $M$  різьби гайки на центральний кут  $tok$ , який буде кутом наживлення. Він дорівнює різниці центральних кутів слідів різьби гайки і гвинта

$$\varphi_n = 225 - 112,5 = 112,5 \quad (2.2)$$

Після повертання на цей кут точка  $k$  зайде під точку  $M$  і завершить процес наживлення різьби гвинта без фаски із різьбою гайки, що має фаску 60 .

Параметри описаних процесів наживлення і значення кута  $\varphi_n$  стосується тільки метричної різьби з основними відхиленнями  $H, h$  рівними 0. Для метричної різьби з іншими основними відхиленнями, котрі регламентовані діючими стандартами, процес наживлення буде аналогічним, тільки його початок і закінчення обмежуватимуться іншими точками слідів різьби і кут наживлення змінюватиметься.

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

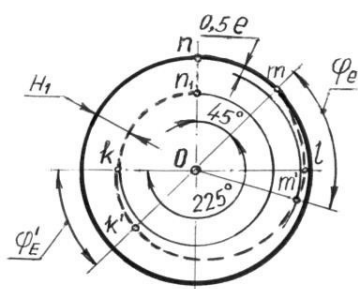
З врахуванням відхилення  $E$  внутрішнього діаметру різьби гайки точка  $M'$  (рис. 2.3 б) буде початком її повного витка. Центральний кут сліду різьби зменшиться на величину, що дорівнює

$$\varphi_E = 112,5 \ E / H_1, \quad (2.3)$$

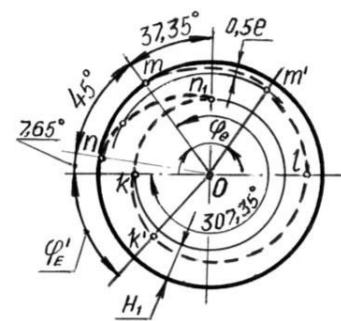
$\varphi_E$  визначено із пропорції:  $225 / \varphi_E = H_1 / 0,5 E$ .

За рахунок відхилення  $e$  зовнішнього діаметру різьби гвинта (рис.2.3 б) початок її повного витка з точки  $m$  перенесеться в точку  $m'$  кривої сліду різьби. Її центральний кут у гвинта, що має різьбу з фаскою  $45^\circ$  (рис. 2.3 в) зменшиться на величину, що дорівнює

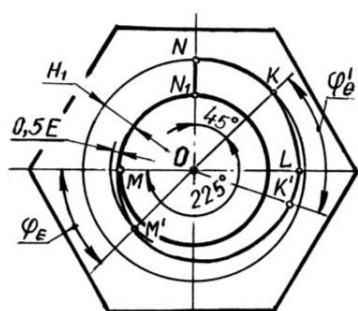
$$\varphi_e = 153,675 |e| / H_1, \quad (2.4)$$



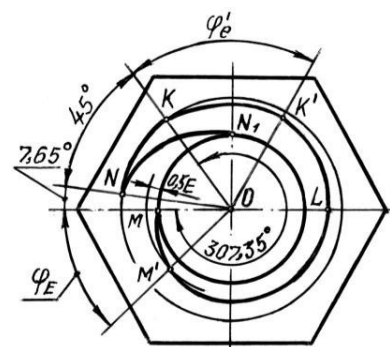
б)



в)



а)



г)

Рисунок 2.3 – Сліди метричної різьби з врахуванням відхилень зовнішнього і внутрішніх діаметрів: а, б – різьби з фасками  $60^\circ$ ; в, г - різьби з фасками  $45^\circ$ .

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Наживлення різьби, котра має фаску 90 у гвинта і 120 у гайки почнеться від моменту розташування під точкою  $M'$ ; в) сліду різьби гайки такої точки  $k'$  сліду різьби гвинта, що матиме рівний з точкою  $M'$  радіус-вектор, тобто коли задовольниться наступна умова

$$\varphi_{E'} = 153,675^{\circ} E/H_l, \quad (2.5)$$

Закінчиться наживлення після того, як точка  $m'$  (рис. 2.3в) сліду різьби гвинта розташується під точкою  $K'$  (рис. 2.3а) сліду різьби гайки, що має рівний з точкою  $m'$  радіус-вектор. Тому кут

$$\varphi_{e'} = 112,5 |e|/H_l, \quad (2.6)$$

Кути наживлення визначені для різьби з номінальними розмірами за рахунок кутів  $\varphi'_E$  і  $\varphi_e$  зменшаться, а за рахунок кутів  $\varphi'_e$  і  $\varphi_E$  збільшаться. В загальному випадку (враховуючи відхилення) кут наживлення різьбових деталей з фасками 120° у однієї із них, і 90° - у іншої дорівнює

$$\varphi_{Hl} = 82,35 + (\varphi_E - \varphi'_E) + (\varphi'_e - \varphi_e) \quad (2.7)$$

Підставивши значення  $\varphi_E$  (2.49),  $\varphi'_E$  (2.51),  $\varphi_{e'}$  (2.6),  $\varphi_e$  (2.4) у вираз (2.7) одержимо:

$$\varphi_{Hl} = 82,35 - 76,074^{\circ} \left( \frac{E + |e|}{P} \right). \quad (2.8)$$

За такою методикою одержано вирази для підрахунку кутів наживлення різьбових деталей з різними виконаннями фасок і без фасок, які зведені в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Кути наживлення різьбових деталей

Кути фасок, град.		Без врахування відхилень $d$ і $D_l$ , град.	З врахуванням відхилень $d$ і $D_l$ , град.
Гвинт	Гайка		
1	2	3	4
0	0	112,5	112,5

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
0 45	45 0	194,85	$194,85 + 180 \left( \frac{E +  e }{P} \right)$
0 60	60 0	112,5	$112,5 + 103,926 \left( \frac{E +  e }{P} \right)$
45 60	45 60	0	0
45 60	60 45	82,35	$82,35 - 76,076 \left( \frac{E +  e }{P} \right)$

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.

## 2.2 Висновки по розділу

1. Початковий етап операції загвинчування, що починається після контакту РД і відомий під назвою “наживлення” слід диференціювати на наступні елементарні операції: взаємне орієнтування, суміщення слідів, власне наживлення.

2. Одержані математичні моделі можна також застосовувати для дослідження процесу взаємного орієнтування деталей гладкого циліндричного з'єднання, бо взаємодія їх торцями не залежить від наявності на їх боковій поверхні елементів різьби.

3. Запропоновано термін: наживлення – це спряження різьби неповними початковими витками, що забезпечує їм стійкий з'єднаний стан, котрий не можна порушити осьовим чи радіальним зусиллям.

4. У різьбової пари з номінальними розмірами кут наживлення лежить в межах 0 – 194,85 . Для визначення кута наживлення з врахуванням відхилень  $d$  і  $D_1$  і величини кута фаски одержано аналітичні вирази.

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

### 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБЛАДНАННЯ І ПРИСТОСУВАННЯ.

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. Розробка експериментальної установки є першим кроком до створення роботоздатних зразків виробничого обладнання. Результатом наших теоретичних досліджень є математичні моделі процесу взаємного орієнтування гайки і різьбового стержня, що мають податливе базування, реальність яких потрібно підтвердити відповідними експериментами. Проте здійснення тільки процесу самоорієнтування деталей різьбової пари за рахунок податливого базування не є повною гарантією їх спряження. Базування, що забезпечує лінійну і кутову податливість РД може надати їм співісне розташування тільки на якусь мить, а розташування слідів їх різьби в цей момент не відповідає умовам наживлення. А в наступну мить технологічна взаємодія між РД може змінити їх співісне розташування до межі, що не забезпечує їх спряження. Крім цього, математичні моделі подають тільки абстрактний зв'язок між режимами загвинчування і параметрами податливої бази під час взаємного орієнтування різьбових деталей. Експериментальними дослідженнями необхідно встановити реальні значення їх меж, які забезпечують взаємне орієнтування і наживлення конкретної різьбової пари.

Наші теоретичні дослідження процесу наживлення, його геометричні моделі (образи) і вирази для визначення кута наживлення одержані вперше і також вимагають експериментальної перевірки.

На основі сказаного сформулюємо завдання експериментальних досліджень:

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

1. Дослідити процеси взаємного орієнтування і наживлення за першою схемою базування.
2. Дослідити процеси взаємного орієнтування і наживлення різьбових деталей за другою схемою базування.
3. Дослідити процес наживлення різьби за допомогою різьбових моделей.
4. Експериментально перевірити відомі вирази.
5. Провести виробничі випробування адаптивного гайкокрута і касети.

### **3.1 Установка і методика експериментального дослідження умов гарантованого взаємного орієнтування і наживлення різьбових деталей за другою схемою базування.**

Для виконання цих експериментів розроблено і виготовлено спеціальну експериментальну установку, що забезпечує податливе базування гайки в спеціальній головці (рис.3.1, рис.3.2). В радіальному напрямі податливість гайки забезпечує пружинне кільце 6, що взаємодіє із напрямною 5 і базою гайки 9 через штифти 7, 11. Останні передають зусилля пружинного кільця 6 на базу гайки 9 через саму гайку і за рахунок цього утримують її у гнізді бази 9. Напрямна 5 встановлена в пази корпусу 1 заокругленими виступами 10, що дає їй три ступені вільності: прямолінійний рух і обертання навколо двох взаємно-перпендикулярних осей. База гайки 9 встановлена в пазу напрямної 5 і може здійснювати в ньому прямолінійний рух. Таким чином гайці забезпечена можливість виконувати чотири рухи автопошуку. В початковому положенні рухомі елементи головки разом з гайкою утримуються пружинним кільцем 6 у зрівноваженому стані. Щоб забезпечити заплановані рівні радіальної жорсткості ( $c=0,6$  Н/мм,  $c=0,9$  Н/мм і  $c=1,2$  Н/мм) виготовлено три гумових пружинних кільця 6 із необхідними розмірами поперечного перерізу.

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

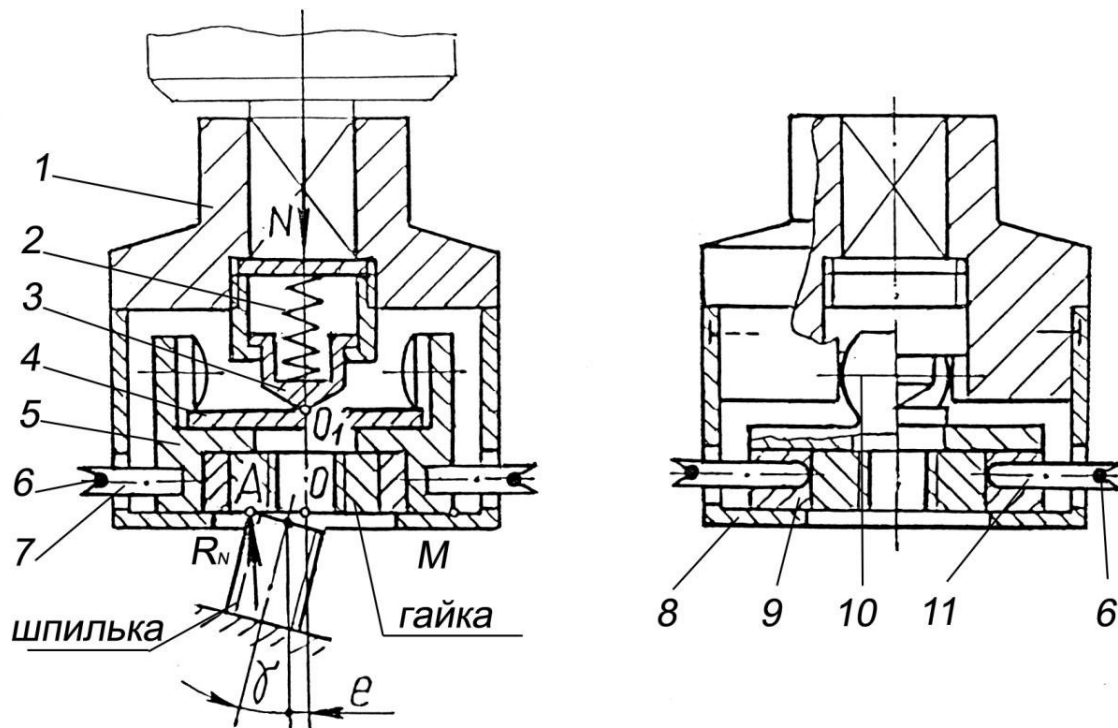


Рисунок 3.1 – Головка з податливим базуванням гайки: 1- корпус; 2- осьова пружина; 3- втулка; 4- шайба проміжна; 5- напрямна бази гайки; 6 – кільце пружинне; 7, 11 – штифти; 8 – обмежувальна втулка; 9 – база гайки; 10 – заокруглені виступи напрямної 5.

Під дією осевого зусилля  $N$  пружина 2, під час контакту шпильки і гайки в точці  $A$ , деформується в певних межах, втулка 3 піднімається вгору і напрямна 5 за рахунок крутного моменту  $T = R_N \cdot AM - N \cdot OM$  повернеться навколо точки  $M$ , що забезпечить контакт гайки і шпильки торцевими площинами і їх наступне взаємне центрування.

Експериментальна установка представлена на рис. 3.3 і рис. 3.4. Податлива головка 5 (рис. 3.1) встановлена на шпинделі адаптивного пневмогайкокрута, котрий розроблений і виготовлений на основі наших досліджень.

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

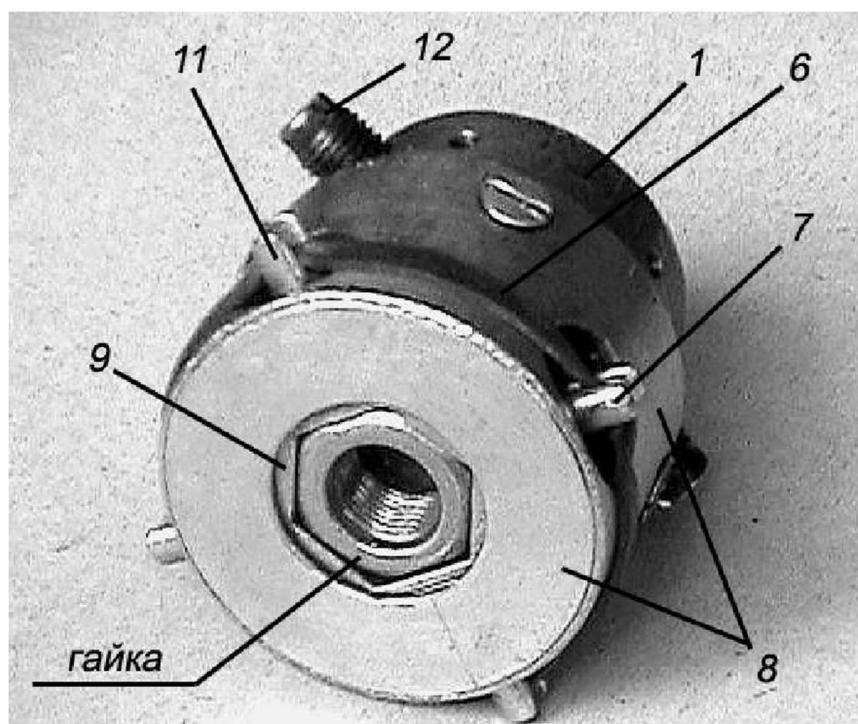


Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд головки із податливим базуванням гайки:  
1- корпус; 6 – кільце пружинне; 7,11 - штифти; 8 – обмежувальна втулка; 9 – база гайки; 12- гвинти фіксації головки на шпинделі гайкокрута.

Швидкість обертання шпинделя разом з головкою 5 встановлюється регулюванням тиску повітря, що подається до пневмогайкокрута 4. Величину цієї швидкості можна встановити за числом, що висвітлюється на шкалі частотоміра 7 (ЧЗ-32, рис. 3.4). Він з'єднаний екранованим провідником із електронною схемою оптоелектронного давача зупинки шпинделя гайкокрута 4. За один оберт шпинделя на частотомір подається два електроімпульси і для визначення його обертів за секунду необхідно покази шкали частотоміра зменшити у два рази.

Осьове зусилля  $N$  задається тягарцями 11. Шпилька жорстко базується в хомуті 2.1 (рис.3.4) пристрою 2 (рис.3.3), який крім цього призначений для надання їй лінійного і кутового зміщень, передбачених планом експерименту.

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

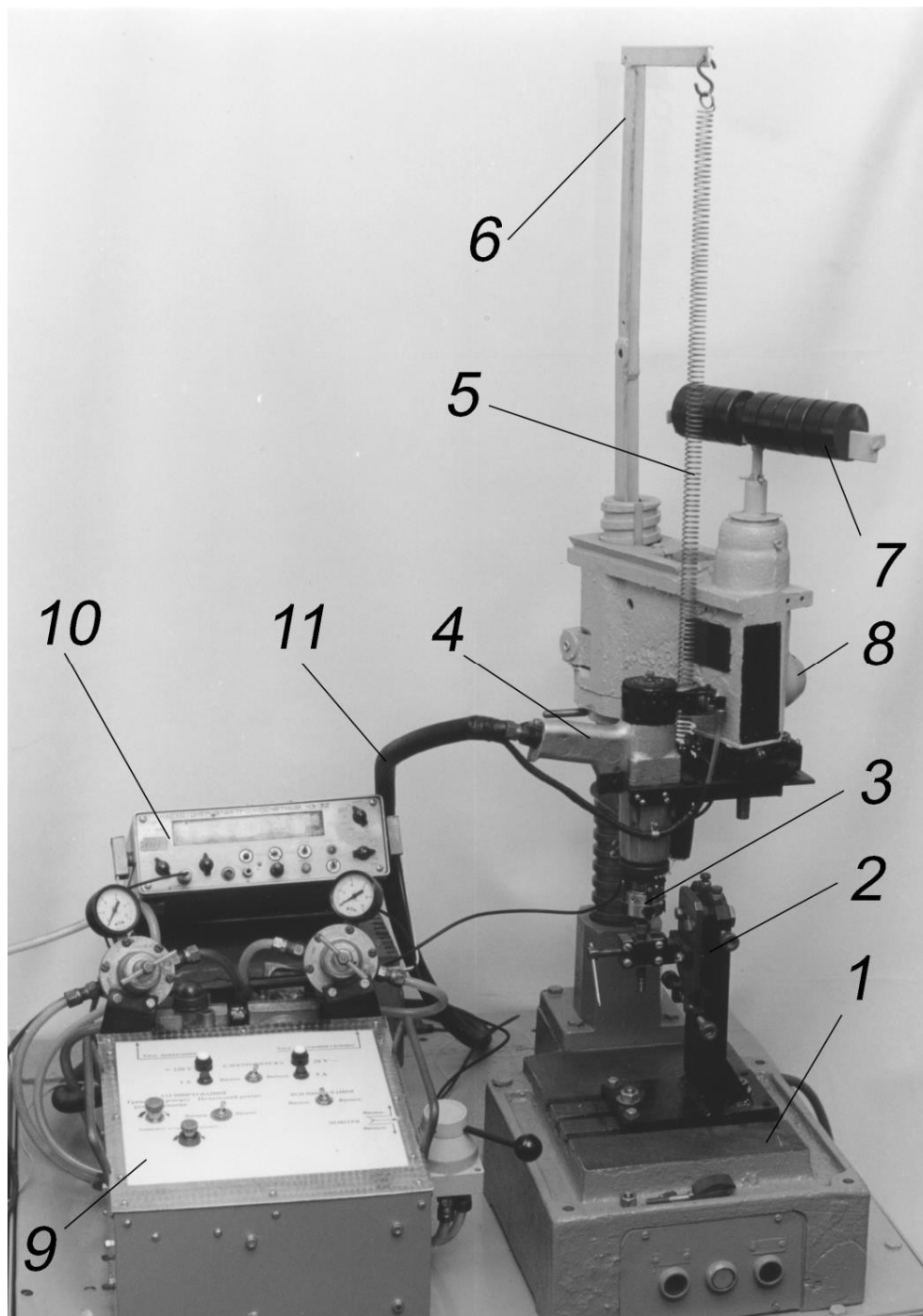


Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд експериментальної установки: 1- станина; 2- пристрій для базування шпильки; 3- головка з податливою базою гайки; 4- пневматичний адаптивний гайкокрут; 5- зрівноважувальна пружина; 6- кронштейн пружини; 7- тягарці; 8- механізм ручного переміщення гайкокрута; 9- пульт керування; 10- частотомір; 11- джгут із пневмоелектропроводів.

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

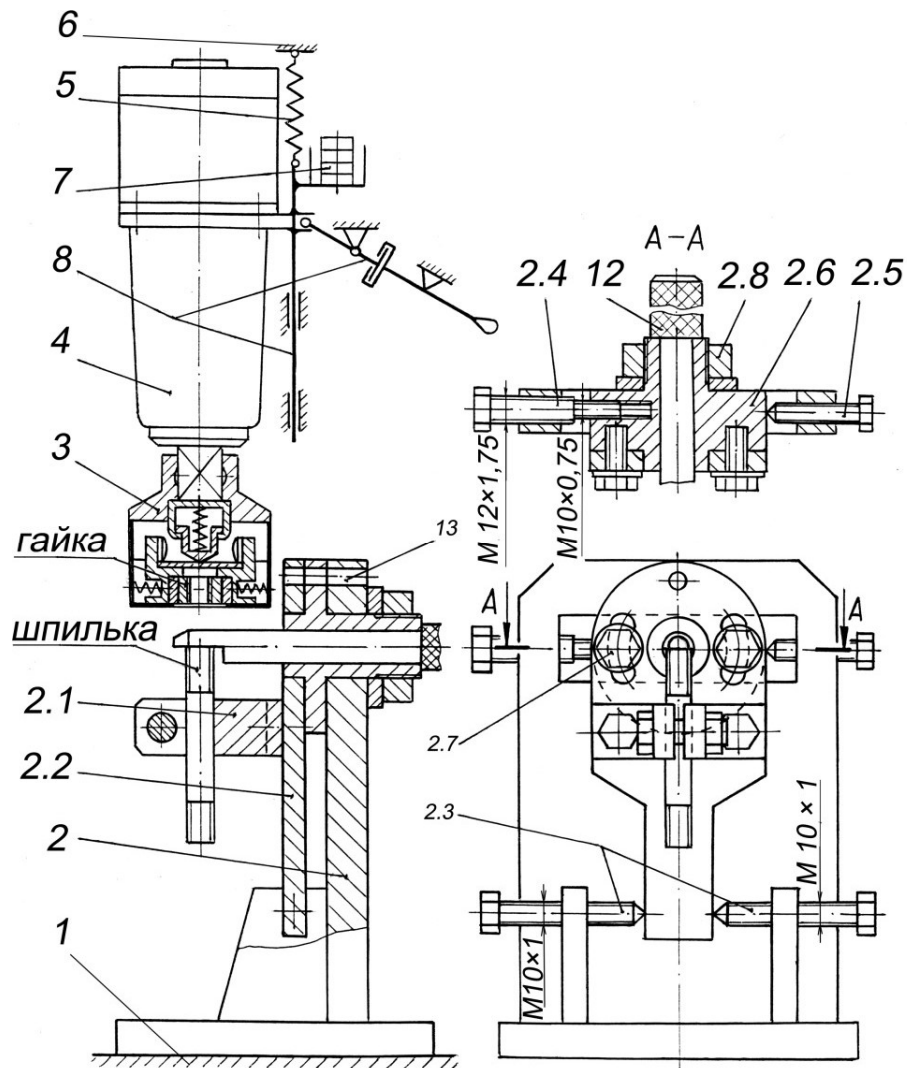


Рисунок 3.4 – Схема експериментальної установки: 1- станина; 2 – пристрій для базування шпильки; 2.1. – хомут шпильки; 2.2. – плита поворотна; 2.3. – гвинти регулювання кута перекосу  $\gamma$ ; 2.4, 2.5 – гвинти регулювання лінійного зміщення  $e$ ; 2.6. – повзун; 2.7.- болти; 2.8.- гайка; 3- головка з податливою базою гайки; 4- адаптивний пневматичний гайкокрут; 5 - зрівноважувальна пружина; 6 – кронштейн пружини; 7- тягарці; 8 - механізм ручної подачі гайкокрута; 12 – оправка; 13- отвори для фіксації співісності гайки і шпильки.

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Хомут 2.1 закріплений на плиті 2.2, котра базується отвором на шийці повзуна 2.6, фіксується болтами 2.3 і притискається до нього через кільцеві пази болтами 2.7. Повзун 2.6 розташований у горизонтальному пазу корпусу пристрою 2, може пересуватися в ньому за допомогою болта 2.4, фіксуватися болтом 2.5 і затискатися гайкою 2.8. Болт 2.4 має дві різьбові ступені з різними розмірами різьб. Ступінь з різьбою M12×1,75 загвинчена в отвір корпусу пристрою 2, а ступінь з різьбою M10×0,75 – у тіло повзуна 2.6. Повертанням болта 2.4 на один оберт можна пересунути повзун 2.6 вліво чи вправо на 1 мм. Одночасно пересунеться хомут 2.1. разом із шпилькою. Кут перекосу  $\gamma$  осі шпильки відносно осі гайки регулюється поворотом плити 2.2 за допомогою болтів 2.3. Величина кута повороту проградуїрована за величиною їх ходу в один чи інший бік. Наприклад, хід болта 2.3 на 1,75 мм повертає плиту 2.2 на  $1^\circ$ .

Початкове розташування шпильки і гайки фіксується співвісним розташуванням отворів 13 у плиті 2.2, фланці повзуна 2.6 і корпусі пристрою 2 за допомогою циліндричного штифта (на рис.3.4 не зображений). Особливістю і перевагою даного пристрою є можливість розташувати торцеву площину шпильки на осі, навколо якої вона повертається під час регулювання кута її перекосу відносно гайки. Це забезпечує незалежне одне від одного регулювання лінійного і кутового зміщення осей гайки і шпильки. В потрібне положення по висоті шпилька встановлюється за допомогою оправки 12.

### **3.2. Методика лабораторно-виробничих випробувань і порівняння технологічних процесів складання різьбових з'єднань адаптивним різьбоскладальним обладнанням і стандартним гайкокрутом.**

Для дослідження вибрано технологічний процес складання різьбових з'єднань кріплення головки блока двигуна ЗМЗ-402210. З'єднання складається

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



із трьох кріпильних виробів: шпильки і гайки з різьбами M11×1, шайби 11. Кріплення головки блока імітується спеціальним кронштейном, в якому закріпленні шпильки M11×1 (рис.3.5).

Дослідженню і порівнянню підлягають два технологічні процеси механізованого складання різьбових з'єднань, які відрізняються ручним і механізованим виконанням наживлення.

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

- 1) ручне укладання шайб 11 в тару після дефектування;
- 2) ручне укладання гайок M11×1 в тару після дефектування;
- 3) перенесення шайб 11 рукою з тари і встановлення на шпильки;
- 4) перенесення гайок M11×1 рукою з тари і ручне наживлення на шпильки;
- 5) механізоване загвинчування і затягнення ручним пневматичним гайкокрутом.

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

- 1) ручне встановлення шайб 11 на базові штифти касети (рис.3.6) після дефектування;
- 2) ручне встановлення гайок M11×1 на базові штифти касети після дефектування;
- 3) захоплення гайки M11×1 разом з шайбою з касети спеціальною головкою (рис.3.7) гайкокрута, перенесення до шпильки, наживлення, загвинчування і затягування ручним адаптивним 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

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



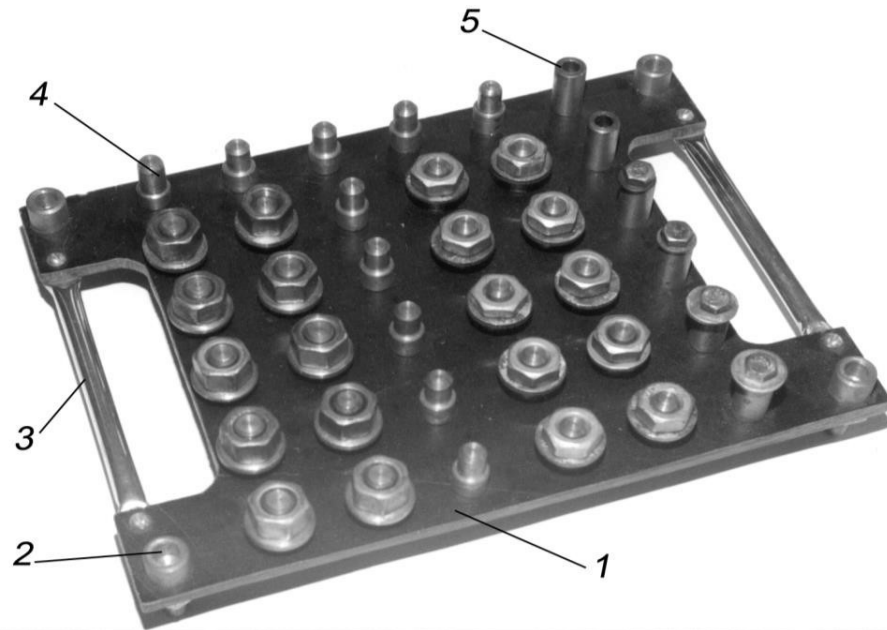


Рисунок 3.6 – Касета для кріпильних виробів: 1 – плита; 2- ніжки; 3 – ручка; 4- базові штирі для шайб і гайок; 5 – базові гнізда для болтів з шайбами.



Рисунок 3.7 – Головка для захоплення гайки з шайбою із касети: 1 – стандартна головка; 2 – цанговий тримач шайби; 3 – гайка М11×1; 4 – шайба 11.

Час механізованого складання десяти різьбових з’єднань стандартним гайкокрутом із ручним наживленням становить

$$\Sigma T_M = T_{шт} + T_{гт} + T_{шв} + T_{гн} + T_{мз} \quad (3.1)$$

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

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

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

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

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

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

Для складання десяти різьбових з'єднань адаптивним гайкокрутом, що здійснює механізоване наживлення і загвинчування, необхідно затратити час:

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

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 головкою ручного адаптивного пневматичного гайкокрута, перенесення до шпильки, наживлення і загвинчування;

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

$$q = \frac{\Sigma T_m}{\Sigma T_a} \quad (3.3)$$

Лабораторні випробування адаптивного різьбоскладального обладнання виконані в умовах лабораторії кафедри експлуатації та технічного сервісу машин ім. проф. О.Д.Семковмча.

Випробування адаптивного гайкокрута в комплекті з касетою і головкою з цанговим утримувачем шайби і гайки проведено на складанні різьбових з'єднань кріплення головки блоку двигуна ЗМЗ-53 (автомобіль ГАЗ-3307).

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

# ДОДАТКИ

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

## Результати експериментальних досліджень

Таблиця А.1.

## Режими взаємного орієнтування гайки і шпильки М11×1 за результатами машинного експерименту з математичною моделлю

 $R_1 = 4,5 \text{ мм}; R_2 = 6,0 \text{ мм}; m_1 = 38 \text{ г}; m_2 = 80 \text{ г}; f = 0,08; f_0 = 0,15;$ 

№ досліду	e, мм	c = 0,6 Н/м	c = 0,9 Н/м	c = 1,2 Н/м	ω, рад/с
		Осьове зусилля $N_{\min} - N_{\max}, H$			
1	2	3	4	5	6
1	1,6	2-	2-	3-	8 $n = 76,4$ об/хв
2	2,0	8-	10-	12-	
3	2,5	15-	20-	25-	
4	3,0	25-	30-	35-	
5	3,5	33-	35-	50-	
6	4,0	45-	50-	60-	
7	4,5	50-	60-	100-	
1	1,6	2,5-	3-	5-	16 $n = 152,8$ об/хв
2	2,0	12-	15-	18-	
3	2,5	23-	25-	30-	
4	3,0	35-	40-	45-	
5	3,5	55-	60-	65-	
6	4,0	80-	85-	95-	
7	4,5	87-	98-	100-	
1	1,6	3,2-	4-	5-	24 $n = 230$ об/хв
2	2,0	15-	18-	20-	
3	2,5	30-	35-	40-	
4	3,0	50-	55-	60-	
5	3,5	74-	77-	80-	
6	4,0	110-	116-	120-	
7	4,5	130-	135-	145-	
1	1,6	4-	5-	5-	30 $n = 287$ об/хв
2	2,0	18-	20-	22-	
3	2,5	32-	38-	41-	
4	3,0	54-	60-	60-	
5	3,5	83-	97-	95-	
6	4,0	135-	137-	144-	
7	4,5	149	153	155	
					Арк.
					38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ

продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
1	1,6	15 - > 1000	1 - > 2000	1 - > 2000	90
2	2,0	50-360, 480 - > 1000	47 - 357, 490 > 2000	50 - > 2000	
3	2,5	66 - 410, 600 - 700	76 - 393, 495 > 2000	75 - 384, 445 - > 2000	
4	3,0	74 - 500, 700 - 900	108 - 746, 760 - 1700	125 - > 2000	
5	3,5	100 - 430, 800 - 900	165 - 174, 190 - 450, 520 - 790, 820 - > 2000	211 - > 2000	
6	4,0	305 - 500, 650 - > 1000	295 - 660, 900 - > 2000	311 - 744, 851 - > 2000	
7	4,5	340 - 700, 930 - > 1000	370 - 2000	405 - > 2000	
1	1,6	8 - > 2000	12 - > 2000	15 - > 2000	150
2	2,0	20 - > 2000	45 - > 2000	50 - > 2000	
3	2,5	15 - > 2000	81 - > 2000	116 - 680	
4	3,0	10 - > 2000	75 - 87, 89 - > 2000	35 - 825	
5	3,5	10 - > 2000	32 - 98, 101 - > 2000	55 - 75, 221 - > 2000	
6	4,0	15 - 148, 172 - 246, 254 - 367, 411 - 809	405 - > 2000	438 - > 2000	
7	4,5	75 - 156	570 - 1300	560 - > 2000	

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Таблиця А.2.

**Режими взаємного орієнтування гайки і шпильки М11×1 за результатами  
машинного експерименту з математичною моделлю**

Постійні чинники:  $R_1 = 4,5$  мм;  $R_2 = 6,0$  мм;  $m_1 = 38$  г;  $m_2 = 80$  г;  $f = 0,08$ ;  $f_0 = 0,18$ ;

№ досліду	e, мм	c = 0,6 Н/м	c = 0,9 Н/м	c = 1,2 Н/м	ω , рад/с n, об/хв
		Осьове зусилля $N_{\min} - N_{\max}$ , Н			
1	1,6	1-310,391-	2-308,386	3-	30  n = 287 об/хв
2	2,0	4-344,404-	8,5-344,354-	13-344,400-	
3	2,5	7,5-	15-	26-	
4	3,0	12-	22-	36-	
5	3,5	16-	28-	41-	
6	4,0	19-	34-	51-	
7	4,5	24-	41-	61-94, 101-	
1	1,6	2-	0,5-	0,5-	90  n = 860 об/хв
2	2,0	2-	1-	2-	
3	2,5	3-	5-	5-	
4	3,0	4-	6-	7-18, 28-	
5	3,5	8-	8-	10-	
6	4,0	9-	11-	15-	
7	4,5	10-	17-	24-	
1	1,6	0,5-	2-	1-	150  n = 1433 об/хв
2	2,0	2-	4-	4-	
3	2,5	6-60,148-	8-65, 139-	9-74, 126-	
4	3,0	8-59, 146-	9-55, 95-	12-62, 86-	
5	3,5	11-	16-	33-	
6	4,0	27-	20-49, 51-	40-	
7	4,5	61-	49-	46-	

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



Таблиця А.3

**Експериментальні режими гарантованого наживлення гайки і шпильки  
M11×1 для різних поєднань лінійної  $e$  і кутової  $\gamma$  похибок базування**

№ досліду	$e, \gamma$ мм	0'	20'	1° 20'	2° 20'	3° 20'	4° 20'	5° 20'	$c,$ Н/мм	$\omega,$ рад/с	
		Мінімальна осьова сила $N, Н$									
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	
1	0	1	2	3	4	6	8	10	0,6	150	
2	1,6	1	2	3	5	7	9	10			
3	2,0	3	3	4	6	8	10	10			
4	2,5	6	6	7	8	10	12	12			
5	3,0	10	10	12	12	13	14	16			
6	3,5	15	15	16	16	17	18	20			
7	4,0	22	22	23	23	24	24	25			
1	0	1	2	4	7	10	13	14	0,9		n = 1433 об/хв
2	1,6	2	3	5	7	10	12	15			
3	2,0	6	6	8	10	12	15	15			
4	2,5	10	10	11	13	14	15	16			
5	3,0	15	15	22	22	23	24	24			
6	3,5	20	20	26	26	27	28	30			
7	4,0	25	25	26	26	27	28	30			
1	0	1,5	2	4	7	10	12	15	1,2	n = 1433 об/хв	
2	1,6	2	3	5	5	10	12	13			
3	2,0	5	5	6	8	10	12	13			
4	2,5	10	10	12	14	16	18	20			
5	3,0	18	18	21	22	22	23	25			

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						41

продовження таблиці А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	3,5	30	30	32	32	34	34	35		
7	4,0	35	35	37	37	38	40	40		
1	0	0,5	7	5	6	8	11	12	0,6	90
2	1,6	2	3	5	6	8	11	12		
3	2,0	3	3	5	7	9	11	12		
4	2,5	5	5	7	8	10	12	12		
5	3,0	8	8	9	9	10	12	13		
6	3,5	11	11	12	12	13	14	15		
7	4,0	12	12	13	13	14	16	16		
1	0	0,5	2	3	5	8	12	12,5	0,9	1 = 860 об/хв
2	1,6	2	3	4	6	9	13	13		
3	2,0	4	4	6	8	11	13	13		
4	2,5	5	5	8	10	12	14	14		
5	3,0	9	9	11	13	14	15	16		
6	3,5	14	14	16	16	17	18	19		
7	4,0	18	18	19	20	20	22	22		
1	0	0,5	1	3	5	8	10	12	1,2	
2	1,6	2	2	4	6	10	12	12		
3	2,0	3	3	6	7	10	12	13		
4	2,5	7	7	9	10	12	14	14		
5	3,0	10	10	11	13	14	15	15		
6	3,5	18	18	19	19	19	20	20		
7	4,0	21	21	22	22	23	25	25		
1	0	0,5	1	2	5	8	10	11	0,6	30
2	1,6	1	2	3	5	8	10	11		

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						42

продовження таблиці А.3.

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
3	2,0	3	3	4	5	8	10	12		п = 287 об/хв
4	2,5	6	6	7	7,5	9	10	12		
5	3,0	8	8	8,5	9	10	11	13		
6	3,5	10	10	11	11	12	12	14		
7	4,0	13	13	14	14	15	16	16		
1	0	0,5	2	4	6	8	10	12		
2	1,6	2	3	5	8	12	12	13		
3	2,0	8	8	9	10	12	13	15	0,9	
4	2,5	15	15	16	17	18	20	20		
5	3,0	20	20	21	22	24	25	25		
6	3,5	24	24	25	26	27	28	28		
7	4,0	30	30	31	31	33	34	34		
1	0	0,5	1	2	4	6	8	11		
2	1,6	2	2	4	5	8	10	11		
3	2,0	8	8	9	10	11	12	12	1,2	
4	2,5	14	14	15	16	18	20	20		
5	3,0	20	20	21	23	24	25	25		
6	3,5	30	30	31	32	34	35	35		
7	4,0	35	35	36	36	37	38	38		

					08-21.ДП.133.002.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43