

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

УДК 631.32.147

*ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ*

Завідувач кафедри  
надійності техніки

— ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

на тему:

**«ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ  
АВТОТРАКТОРНОГО РЕМОНТНОГО  
ІНСТРУМЕНТУ»**

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма – «Технічний сервіс машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»

Програма підготовки – освітньо-професійна

Керівник магістерської роботи

к.т.н., асис.

Калініченко Д. Ю.

Виконав:

Бадзюх П. М.

Київ-2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет конструювання та дизайну

Кафедра надійності техніки

Освітній рівень: «Магістр»

Спеціальність: 133 – галузеве машинобудування

Магістерська програма: Технічний сервіс машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
Надійності техніки

\_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

студенту Бадзюху Петру Миколайовичу

**1 Тема роботи: «Дослідження технічного стану автотракторного  
ремонтного інструменту».**

затверджені наказом вищого навчального закладу від «29» грудня 2023 року  
№ 2401 «С».

**2. Строк подання студентом роботи – \_\_\_\_\_ р.**

**3. Вихідні дані до роботи**

- Аналіз типів гайкових ключів;

- Типові норми витрати часу на ремонт сільськогосподарської техніки
- типові норми витрати часу на ремонт сільськогосподарської техніки.

**Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які розробляються)**

1. Класифікація інструменту, пристроїв та пристосувань для розбирання різьбових з'єднань.
2. Методика визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників за геометричними параметрами
3. Технологічне оснащення для визначення технічного стану комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників
4. Результати досліджень визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників
5. Заходи з хорони праці при випробування гайкових ключів.
6. Техніко – економічне обґрунтування.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

- **Перелік графічного матеріалу**

Презентаційний матеріал

Таблиці з інструментом

Дата видачі завдання — \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_ р.

**Керівник магістерської роботи** \_\_\_\_\_

( підпис )

( прізвище та ініціали )

**Завдання прийняв до виконання** \_\_\_\_\_

( підпис )

( прізвище та ініціали студента )

## Зміст

Вступ.....	7
1. Класифікація інструменту, пристроїв та приспособлення для розбирання різьбових з'єднань.....	9
1.1. Класифікація гайкових ключів.....	12
1.1.1. Універсальні гайкові ключі.....	12
1.1.2. Спеціальні гайкові ключі.....	16
1.1.3. Оригінальні гайкові ключі.....	40
1.2. Класифікація викруток.....	49
1.2.1. Універсальні викрутки.....	49
1.2.2. Спеціальні викрутки.....	53
1.2.3. Оригінальні викрутки.....	58
2. Методика визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників за геометричними параметрами.....	67
3. Технологічне оснащення для визначення технічного стану комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників.....	72
4. Результати досліджень визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників.....	78
5. Охорона праці.....	86
5.1. Моделювання процесів виникнення аварій і травм.....	86
5.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм.....	88
5.3. Запобігання небезпечним ситуаціям.....	89
Висновки.....	92
Бібліографічний список.....	94
Додаток.....	96

## Вступ

Для виконання кріпильних і монтажних-демонтажних робіт використовують різноманітні інструменти, механізми та допоміжне обладнання.

Одним із найважливіших чинників, що впливають на надійність різьбових з'єднань, є правильне затягування. Гайки та гвинти необхідно затягувати поетапно, кількома підходами, кожного разу натягуючи на 1-2 грані. Після завершення затягування рекомендується послабити гайки на 3-5 градусів (перемістити грані на 1-1,5 мм), щоб зменшити напругу у шпильках.

Якщо гайки потрібно зафіксувати шплінтами, а проріз на гайці не збігається з отвором у болті, варто трохи підтягнути гайку в напрямку затягування для правильного розташування прорізу.

Після завершення затягування гайок довжина виступаючої частини болта або шпильки має складати від 1 до 3 витків.

Правильне затягування різьбових з'єднань є дуже важливим. Недостатньо затягнуте з'єднання може втратити щільність, що особливо небезпечно для різьбових з'єднань, які піддаються змінним навантаженням, наприклад, у випадку з шатунними болтами.

При затягуванні болтів, гвинтів і гайок невеликих розмірів (6, 8, 10 мм) слід бути дуже обережними, адже їх легко зірвати або пошкодити. Важливо, щоб ключ повністю охоплював гайку, забезпечуючи рівномірний контакт, і затягування здійснювалося плавно, без різких рухів та надмірного тиску.

Для кріплення найкраще використовувати накидні та торцеві ключі, оскільки вони краще тримаються на гайках і зручніші у роботі. Розвідні ключі слід застосовувати лише у виняткових ситуаціях, коли немає альтернативи, а роботу потрібно виконати терміново.

У випадку затягування різьбових з'єднань в автомобілях слід дотримуватися певного крутного моменту. Для точного контролю моменту

затягування застосовують граничні та динамометричні ключі. Зусилля затягування безпосередньо залежить від моменту на ключі, але ця залежність може відрізнятись залежно від таких факторів, як захисне покриття, мастило, твердість поверхонь контакту тощо.

Гайкові ключі мають виготовлятися зі сталі марок 40ФА або 40Х, а для пружинних стержнів динамометричних ключів використовується сталь 35ХГН. Після термічної обробки твердість ключів має досягати НRC 45. Для додаткового захисту ключів застосовуються окисні, хромові, цинкові або фосфатні покриття з промаслюванням.

Високоякісні ключі повинні витримувати не менше трьох плавних тестових навантажень без зміни своїх параметрів.

Хоча асортимент гайкових ключів строго регламентується стандартами, у технічній документації, заводських специфікаціях і на ремонтних підприємствах можуть зустрічатися різні назви інструментів. У цій роботі вживається термінологія, що відповідає діючим стандартам.

*Мета дослідження.* Сьогодні, коли на ринку з'являється дедалі більше інструментів, пристроїв та пристосувань для розбирання різьбових з'єднань від різних виробників, постає питання: який інструмент є найкращим за якістю та основними характеристиками? Саме на вирішення цього питання спрямована дана дипломна робота.

*Завдання досліджень.* Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Класифікувати інструменти, пристрої та пристосування для розбирання різьбових з'єднань.
2. Розробити методику для визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників за геометричними параметрами.

3. Вибрати та описати технологічне оснащення, необхідне для визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів від різних фірм-виробників.
4. Провести методику визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів за геометричними параметрами. Після отримання результатів досліджень обробити їх і визначити рейтинг найкращих фірм-виробників.

## 1. Класифікація інструменту, пристроїв та приспособлення для розбирання різьбових з'єднань

При складанні машин і їх агрегатів, особливо тих, у яких складальні одиниці працюють під високим внутрішнім тиском або піддаються змінним навантаженням, необхідно затягувати кріпильні деталі рівномірно та з певним зусиллям. Якщо ці умови не будуть дотримані, можуть виникнути деформації з'єднаних деталей, з'явитися витіки мастила або води в місцях роз'єму, а також швидко ослабнути з'єднання. Тому процес затягування гайок і гвинтів необхідно здійснювати по-перше в чітко визначеній послідовності, а по-друге — з необхідним зусиллям і рівномірно.

При тривалому перебуванні різьбових з'єднань у затягнутому стані виникають процеси, такі як окислення, що значно ускладнюють розкручування гайок і гвинтів. Зусилля затягування змінюється пропорційно моменту на ключі, але ця залежність може значно варіюватися в залежності від різних факторів, таких як наявність захисного покриття на різьбі, її мастило, твердість поверхонь, що труться, і так далі. Наприклад, якщо різьбове з'єднання затягнуте без покриття і мастила, при постійному моменті на ключі зусилля затягування буде рівне 1. У разі змащення різьби веретенним маслом це значення зросте до 1,08, а при використанні касторової олії — до 1,22.

У процесі складання машин і їх складових одиниць слід строго дотримуватися технічних умов, враховуючи всі ці нюанси.

Інструменти, пристрої та пристосування для розбирання різьбових з'єднань можна класифікувати на гайкові ключі, викрутки та гайкові головки. Усі ці види інструментів описані в наступних пунктах цього розділу. Схему класифікації інструментів і пристроїв для розбирання різьбових з'єднань можна побачити на рисунку 1.1. Загальний вигляд і конструкція прокласифікованого інструменту представлені в пунктах 1.1–1.3.

Класифікація інструменту, пристроїв та приспособлення для розбирання різьбових з'єднань

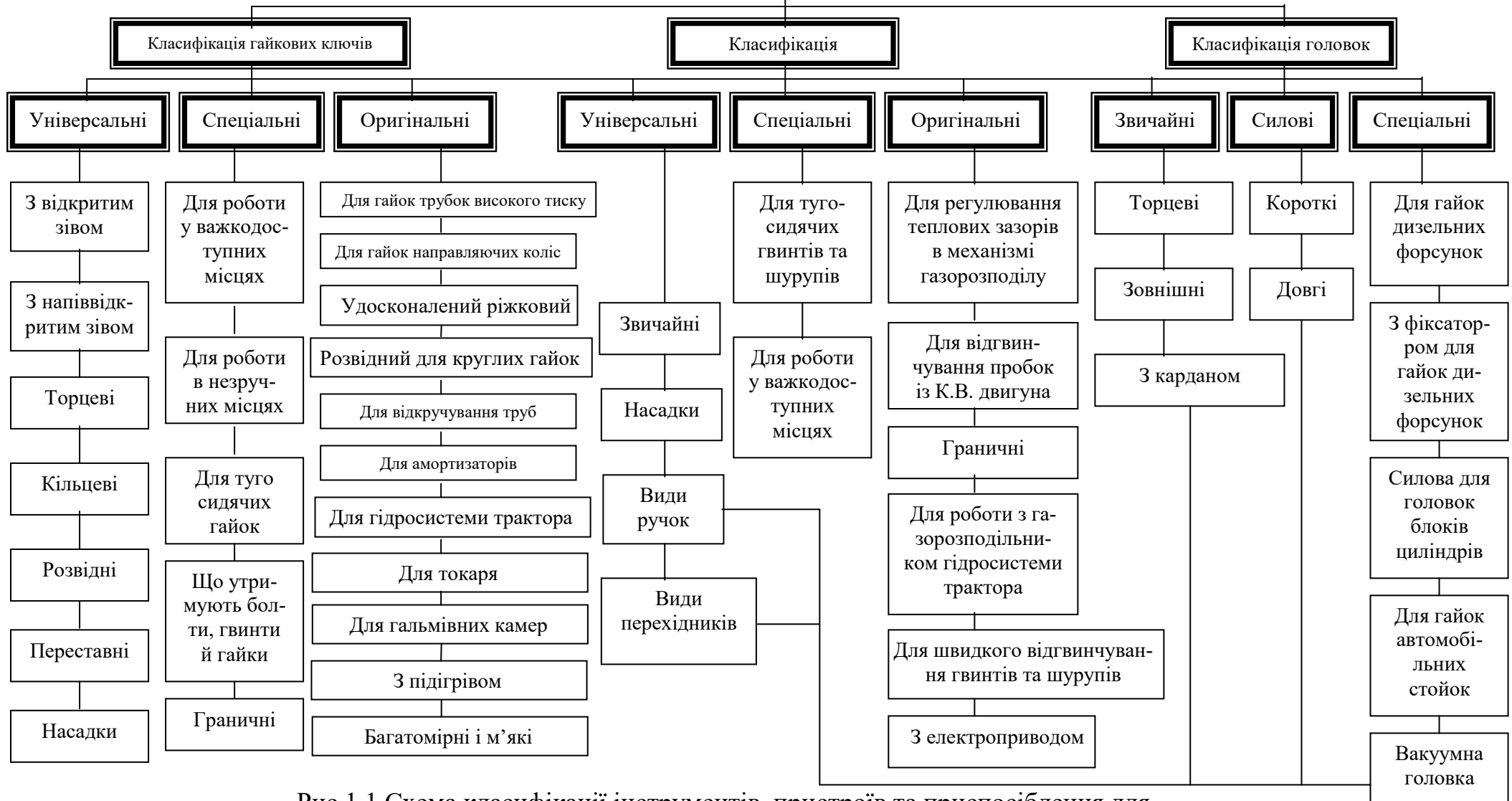


Рис.1.1 Схема класифікації інструментів, пристроїв та приспособлення для розбирання різьбових з'єднань




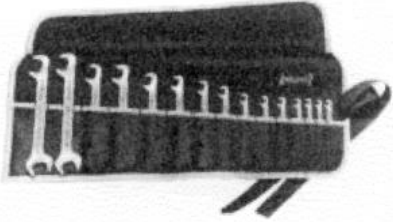
## 1.1 Класифікація гайкових ключів

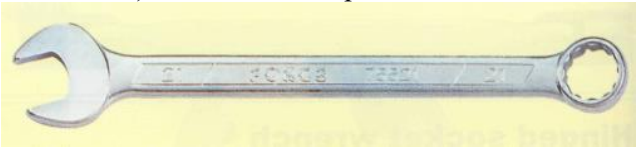
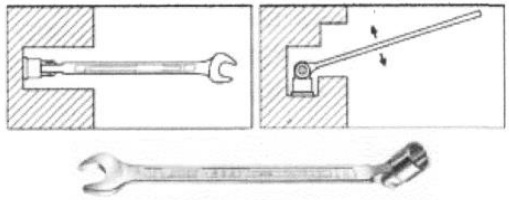
### 1.1.1 Гайкові ключі універсальні

Усі гайкові ключі та пристосування можна поділити на три основні категорії: універсальні, спеціальні та оригінальні.



Класифікація універсальних гайкових ключів та їхні види представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1– Класифікація універсальних гайкових ключів.

<b>1.Ключі з відкритим зівом:</b>	
1.1 Односторонні	
	
1.2 Двосторонні	
а) прями;	
	
б) із зігнутими головками;	
 вертикально	 горизонтально
1.3 Комбіновані	

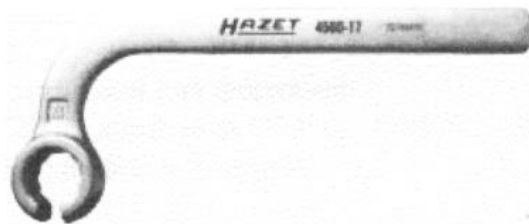
<p>а) з кільцем і відкритим зівом;</p> 	<p>б) з накидною рухомою головкою і відкритим зівом;</p> 
--	---

Продовження таблиці 1.1.



<p>в) з відкритим зівом і квадратом;</p> 	<p>г) з відкритим зівом і кільцевим храповим механізмом.</p> 
--	---

**2.Ключі з напіввідкритим зівом:**

2.1 Односторонній із зігнутою головкою

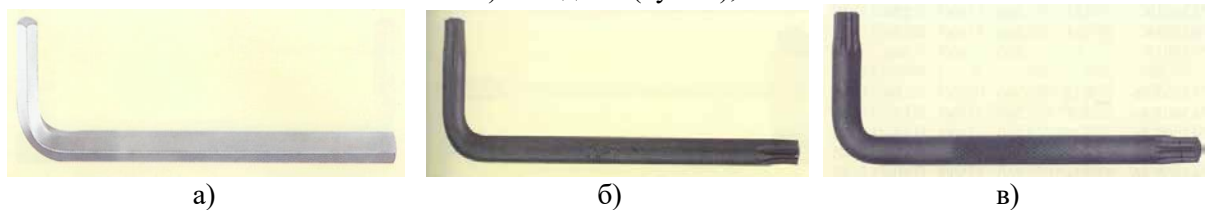


2.2 Двосторонній

<p>а) прямий;</p> 	<p>б) зігнутий (спеціальної форми).</p> 
---	--

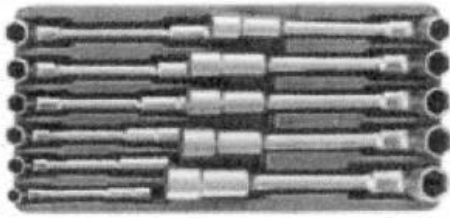
**3.Торцеві ключі:**

3.1 Односторонні  
а) Г-подібні (кутові);

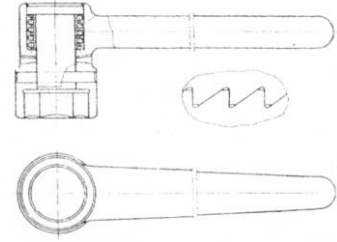


б) з Т-подібною ручкою;

в) з Г-подібною ручкою;



а)



б)

г) подвійні.

### 3.2 Двосторонні

а) з однією рухомою головкою (комбінований);



б) з двома рухомими головками;



### Продовження таблиці 1.1.

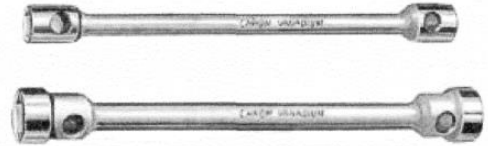
в) нерухомий Г-подібний;



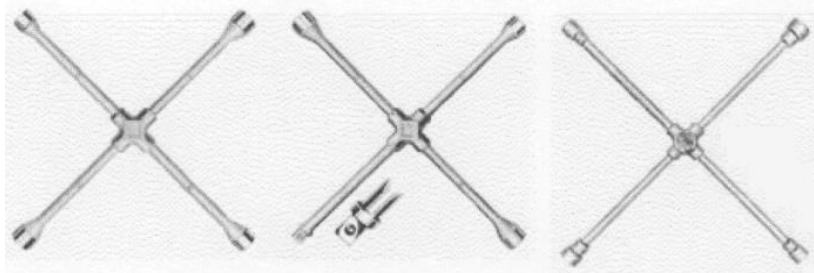
а)

б)

г) балонні ключі.



### 3.3 Трьох- та чотирьохсторонні балонні ключі

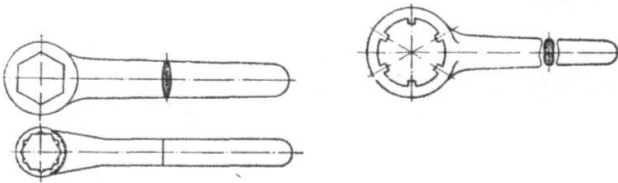


### 4. Кільцеві ключі:

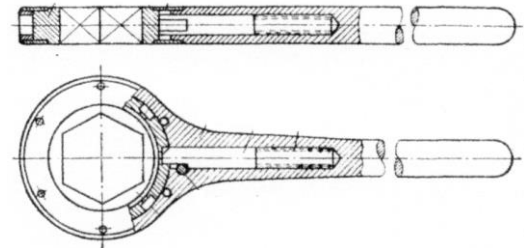
#### 4.1 Односторонні

а) прямі

- звичайні






- з храповим механізмом





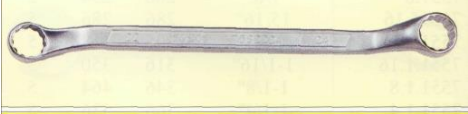

б) Г-подібні.

#### 4.2 Двосторонні

а) прямі:

<p>- звичайні</p>  <p>а)</p>  <p>б)</p>	<p>- з храповим механізмом</p> 
---	---

б) із зігнутими головками:

<p>- на кут <math>75^{\circ}</math></p>	
 <p>Star 75° Offset wrench</p> <p>а)</p>	 <p>75° Offset ring wrench</p> <p>б)</p>
<p>- на кут <math>45^{\circ}</math></p>  <p>45° Offset ring wrench</p>	<p>- С-подібний (стартерний)</p> 

Продовження таблиці 1.1.

<p>- з храповим механізмом на кут <math>15^{\circ}</math></p>	
 <p>15° Offset ratchet Star ring wrench</p> <p>а)</p>	 <p>15° Offset ratchet ring wrench</p> <p>б)</p>

в) комбіновані:

<p>- звичайні</p> 	<p>- з храповим механізмом.</p> 
---	--

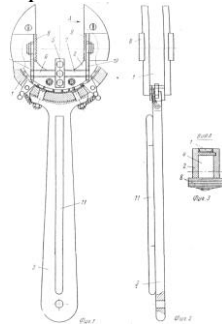
## 5. Розвідні ключі:

5.1 Розводяться в одну сторону

 <p>а)</p>	 <p>б)</p>
---	--

5.2 Розводяться в дві сторони

5.3 З храповим механізмом



## 6 Переставні ключі:

6.1	З перестановкою губок в два режими	
6.2	З обмеженою кількістю перестановки губок	
6.3	З необмеженою кількістю перестановки губок.	
<p style="text-align: center;"><b>7. Насадки:</b></p> 		

З таблиці 1.1 можна зробити висновок, що існує значна різноманітність гайкових ключів. Окрім наведених ознак класифікації, гайкові ключі також відрізняються довжиною ручки та розміром зіва або кільця.

### 1.1.2 Спеціальні гайкові ключі

Спеціальні гайкові ключі поділяються на кілька категорій:

#### 1. Ключі для роботи у важкодоступних місцях:

- для відгвинчування гайок із збитими гранями: ексцентриковий, цанговий, ланцюговий, із зажимом, із сегментними вкладками;
- для болтів з напівкруглими головками;
- для відгвинчування гайок або болтів, що мають різну форму;
- для різьбових з'єднань з великим крутним моментом;
- ударні гайкові ключі;
- з храповим механізмом для гайок трубопроводів;

- для круглих гайок;
- штифтові ключі;
- шарнірні ключі.
- 

## **2. Ключі для роботи в незручних місцях:**

- де обмежене переміщення ручки: роликаний, торцевий, із ручками, які розміщені під різними кутами;
- для відгвинчування гайок маточин коліс;
- для відгвинчування гайок стрем'янок ресор;
- для відгвинчування гайок бичів молотильного барабана комбайна.
- 

## **3. Ключі для тугосидячих гайок:**

- з планетарною передачею;
- для відгвинчування гайок на колесах тракторів і вантажівок;
- для відгвинчування великих гайок.

## **4. Ключі, що утримують болти, гвинти і гайки:**

- магнітні;
- з гумовим ковпачком;
- з крючком;
- з гумовими стержнями;
- з магазином (торцевий);
- торцевий з захватом.

## **5. Граничні ключі:**

- із штифтом, який зрізується;
- із шариками;
- із кулачками;
- із зірочкою;
- із нахиленими зубцями;
- фрикційний ключ;
- ключ із ручкою, що зломлюється.

## **Ключі для відкручування гайок зі збитими гранями.**

Багато труднощів виникає у працівників при роботі з гайками зі збитими гранями. Відкрутити їх звичайним ключем практично неможливо, а використання зубила є недопустимим, оскільки це може призвести до пошкодження сусідніх деталей і можливих травм. Існує кілька видів ключів, які дозволяють ефективно відгвинчувати гайки зі збитими гранями:

1. **Ексцентриковий ключ** (рис. 1.2, а) [23] використовується для гайок від M10 до M22 із пошкодженими гранями, а також для зламаних шпильок діаметром до 14 мм, що виступають над деталлю не менше ніж на 16 мм. В нижній частині корпусу 4 розміщений ролик 1, який виготовлений як одне ціле з валиком 2. Центр ролика зміщений відносно осі валика на 9 мм, верхній кінець валика з'єднаний з ручкою 3.

2. **Цанговий ключ** призначений для гайок певних розмірів. У цанзі 6 (рис. 1.2, б) виконано три прорізи під кутом 120°. Робоча поверхня цанги може бути шестигранною або круглою та загартована до HRC 40-45. Цангу 6 надягають на гайку, а за допомогою конусної втулки 8 її затискають. Обертання ручки 7 дозволяє відкрутити гайку, утримуючи цангу від прокручування за допомогою ручки 5.

3. **Ланцюговий ключ** (рис. 1.2, в) використовується для відкручування гайок будь-яких розмірів. Він складається з двох частин: ручки і шматка роликового ланцюга (наприклад, велосипедного). Один кінець ланцюга кріпиться до кінця ручки, а інший пропускається через прямокутне вікно на ручці. Така конструкція дозволяє регулювати роззів ключа в широких межах. Ланцюг надійно фіксується у вікні, що забезпечує його стабільну роботу.





допомогти повернути гайку або болт на невеликий кут або забезпечити доступ до них у випадках, коли звичайний ключ не може бути застосований.

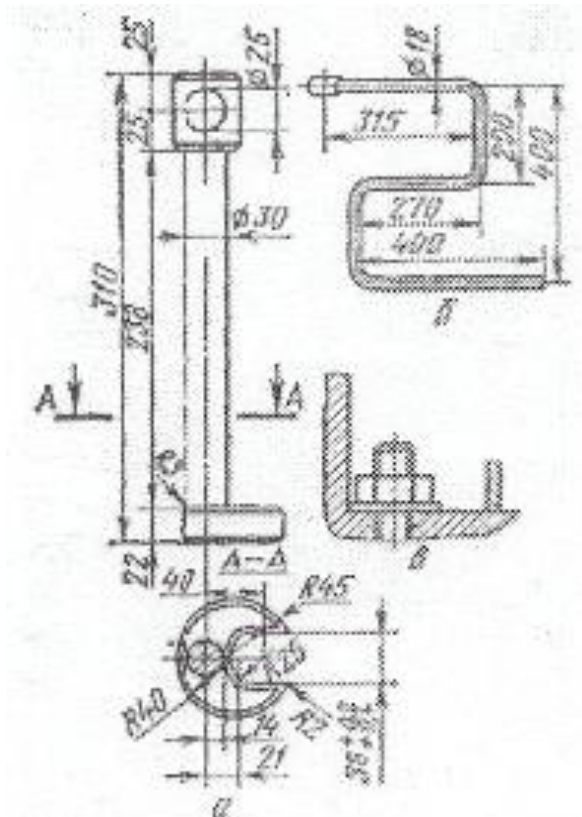


Рис. 1.4. Ключі для відгвинчування гайок, які розміщені в незручних місцях: *а* – комбінований; *б* – із ручкою спеціальної форми; *в* – розміщення гайки на машині.

Комбінований ключ використовується в ситуаціях, коли гайки розташовані таким чином, що звичайний торцевий ключ або гайковий не можуть бути застосовані через обмеження з боку деталей. У таких випадках доцільно використовувати ключ (рис. 1.4, а), який поєднує в собі функціональність торцевого та гайкового ключів.

Ключ із ручкою спеціальної форми потрібен, коли гайка знаходиться в такому положенні, що на неї можна надіти ключ, але застосувати стандартний важіль неможливо через обмежений простір. Для збільшення крутного моменту, який прикладається до гайки, використовують ключ із ручкою спеціальної форми, що дозволяє працювати з довгим важелем для досягнення необхідного зусилля при затягуванні. Приклад такого ключа показано на рисунку 1.4, б (також існують інші варіанти таких ключів).

На рисунку 1.4, в зображено важкодоступне розташування гайки на машині.

Роликовий ключ застосовується в ситуаціях, коли гайки розташовані таким чином, що неможливо повернути ключ на потрібний кут для захоплення наступної грані. У цьому випадку зручно використовувати торцевий роликовий ключ, який дозволяє легко повернути гайку на будь-який необхідний кут.

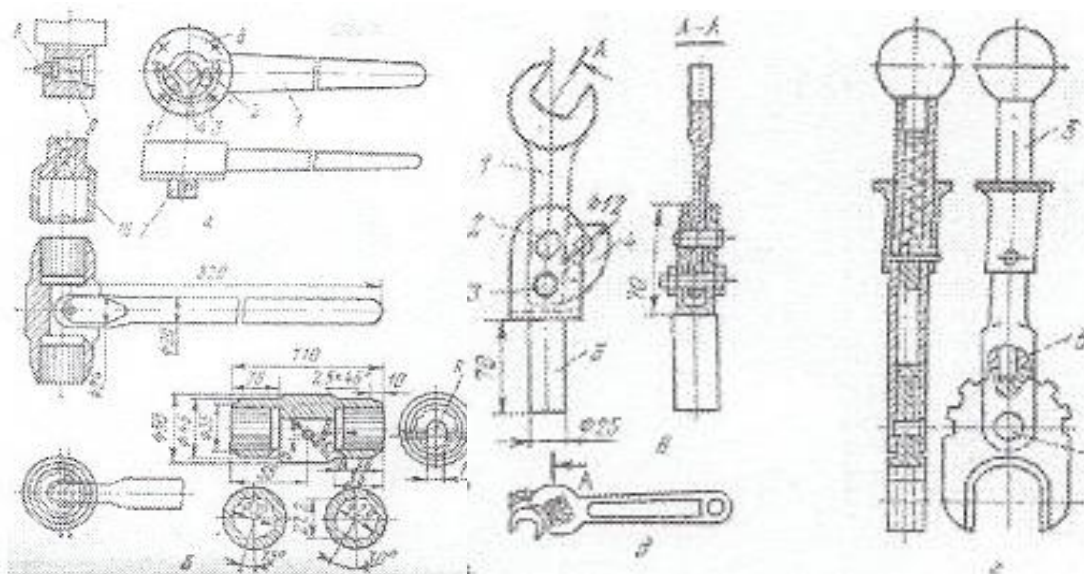


Рис. 1.5. Ключі для відгвинчування гайок, які розміщені в місцях, де обмежене переміщення ручок:

*a* – роликовий; *б* – звичайний торцевий; *1* – ручка; *2* – кільце; *3* – ролики; *4* – хрестовина; *5* – гніздо; *б* – кришка; *7* – штир; *8* – штифт; *9* – пружинка; *10* – змінна головка; *в*, *г* і *д* – із ручкою, яка встановлюється під різними кутами: *1* – ключ; *2* – вісь; *3* – болт; *4* – пластина; *5* – ручка; *б* – фіксатор.

Роликовий ключ складається з ручки *1* (рис. 1.5, *a*) [23], в яку запресоване стальне загартоване кільце *2*. У середині кільця розташована хрестовина *4* з трьома нахиленими пазами, виготовлена як єдине ціле з квадратним штирем *7*. В пазах хрестовини знаходяться ролики *3*, які притискаються до кільця *2* пружинами, що знаходяться в гніздах *5*. Зверху хрестовина з роликами закрита кришкою *б*. На квадратному кінці штиря *7* є штифт *8*, який утримується пружиною *9*.

На посадковому місці змінної головки *10* є отвір, в який входить штифт *8*, коли головка надівається на штир *7*.

Коли простір для переміщення ключа обмежений, можна використовувати торцевий ключ, як показано на рисунку 1.5, б.

Ключі з ручкою, яка встановлюється під різними кутами, застосовуються в тих випадках, коли звичайний ключ не можна використати через специфіку розташування гайки. Існують такі конструкції:

До стандартного гайкового ключа 1 (рис. 1.5, в), вкороченого на дві третини довжини, приварена пластина 4 з трьома отворами. Ключ з'єднаний з ручкою 5 через вісь 2 та болт 3. Отвори в пластині дають змогу змінювати положення ключа відносно ручки.

Спеціальний ключ [23], у якого головка з зіва шарнірно кріпиться на осі 2 (рис. 1.5, г) і може бути встановлена під потрібним кутом до ручки 5. Головка фіксується пружинним фіксатором 6.

Ключ з поворотним зіва (рис. 1.5, д) схожий на звичайний розвідний ключ, але в ньому, змінюючи положення черв'яка, можна змінювати не розмір зіва, а його положення відносно ручки.

Ключі та пристосування спеціального призначення виготовляються для розбирання та складання відповідних агрегатів або з'єднаних деталей. Одним із таких інструментів є ключ для відгвинчування гайок маточин задніх коліс автомобілів МАЗ.

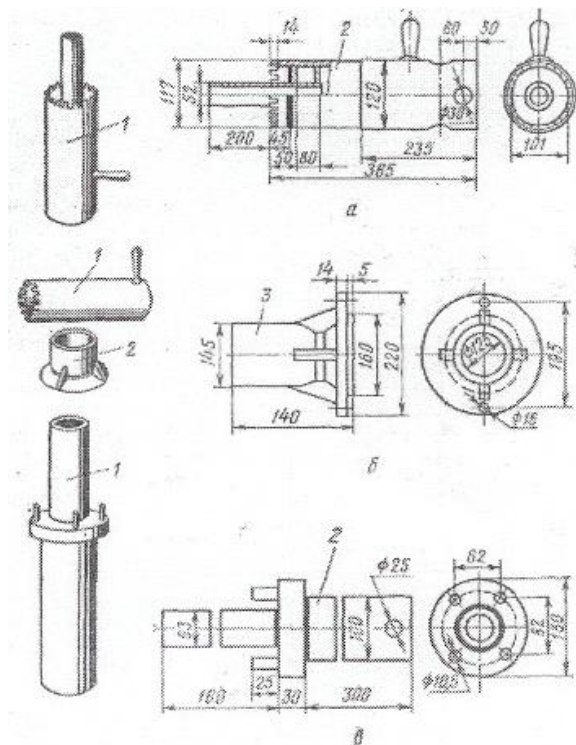


Рис. 1.6. Ключі для гайок маточин коліс автомобілів:  
*а* – МАЗ: 1 – загальний вигляд; 2 – конструкція; *б* – напівпричепів МАЗ: 1 – загальний вигляд ключа; 2 – загальний вигляд втулки; 3 – конструкція втулки;  
*в* – КрАЗ: 1 – загальний вигляд; 2 – конструкція.

(рис. 1.6, а) [23] представляє собою трубу, на кінці якої знаходиться коронка з зубцями, що точно відповідають зубцям гайки, яку потрібно відгвинтити. Для надійного утримання ключа на гайці передбачена циліндрична направляюча, що входить під час відгвинчування в отвір труби піввісі заднього моста.

Ключ для гайок маточин напівпричепів автомобілів МАЗ [23], на відміну від попереднього, не має циліндричної направляючої (рис. 1.6, б). Для утримання ключа на гайці використовуються циліндричні направляючі 2 і 3. Для відгвинчування гайки спочатку потрібно прикріпити втулку до маточини колеса замість знятого захисного ковпака. Ключ своєю циліндричною поверхнею входить в розточений отвір втулки, що надійно фіксує його під час роботи.

Ключ для гайок маточин коліс автомобілів КрАЗ 1 і 2 показано на рисунку 1.6, в.

Приспособлення для відгвинчування гайок стрем'янок ресор автомобілів мають різноманітну конструкцію в залежності від місця їх розташування.

Коли гайки розташовані з нижнього боку ресори, використовується приспособлення, яке зображене на рисунку 1.7, а.

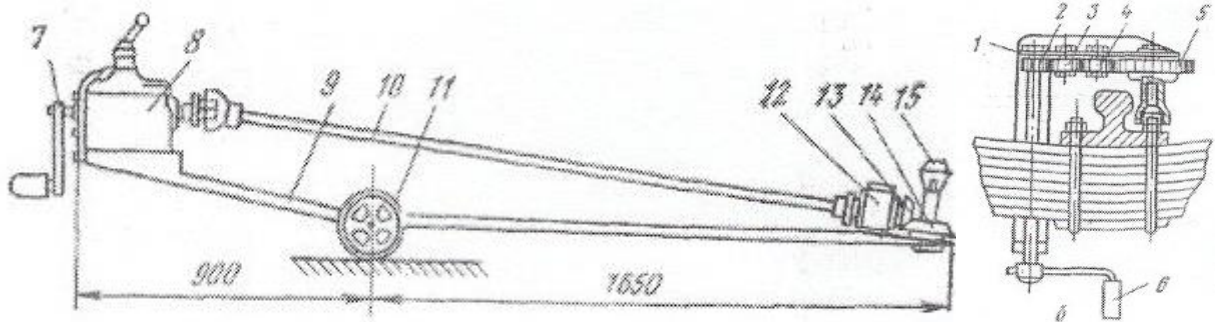


Рис. 1.7. Приспособлення для відгвинчування гайок стрем'янок ресор автомобілів:

*а* – розміщення знизу; *б* – розміщення зверху; 1 – пластина; 2 – ведуча шестерня; 3 і 4 – проміжні шестерні; 5 – ведена шестерня; 6 і 7 – ручки; 8 – коробка передач; 9 – рама; 10 – карданний вал; 11 – опорні колеса; 12 – корпус підшипників; 13 і 14 – конічні шестерні; 15 – головка ключа.

Воно складається з рами 9, яка встановлена на колеса 11 діаметром 150 мм. На передньому кінці рами знаходиться коробка передач 8 від автомобіля ГАЗ з ручкою 7. Ведений вал коробки передач з'єднаний з карданним валом 10, другий кінець якого закріплений в корпусі підшипника 12 і з'єднаний з шестернею 13, яка перебуває в зачепленні з шестернею 14. На її осі за допомогою квадрата встановлена головка 15 торцевого ключа, призначена для гайок стрем'янок ресор.

Для відгвинчування гайок приспособлення підкочують під автомобіль, надівають головку 15 на гайку, включають першу передачу і, обертаючи ручкою 7, відкручують гайку. Щоб пришвидшити процес, після того як гайка відгвинчена на 1-2 оберти, можна переключити на третю або четверту передачу.

Якщо гайки розташовані зверху ресори, як, наприклад, в автобусі ЗІЛ-158, застосовують механічний ключ, який складається з сталюї пластини 1

(рис. 1.7, б) товщиною 10–12 мм і довжиною 270–300 мм, в підшипниках якої закріплені чотири шестерні, що передають обертання з передавальним співвідношенням 1:3. Ведуча шестерня 2 приводиться в обертання рукою 6, і далі обертання передається через дві проміжні шестерні 3 і 4 до шестерні 5, на якій закріплена головка з внутрішнім шестигранником під розмір гайок стрем'янок.

Для відгвинчування і загвинчування гайок болтів, що кріплять бичі молотильного барабана комбайна, застосовують колообертовий ключ з розмірами, показаними на рисунку 1.8, а. Якщо головки болтів прокручуються в гніздах і гайки неможливо відгвинтити, болти штопорять за допомогою спеціального пристосування. Це пристосування складається з кутника 1 (рис. 1.8, б), шарнірно з'єднаного з ним зацепа 2, а також гвинта 6 з воротком 5, який вкручений у втулку 7, що запресована в кутник 1 і закріплена штифтом 4. На нижньому кінці гвинта 6 встановлена надставка 3, що з'єднана з гвинтом двома штифтами 8, запресованими в два просвердлені отвори.

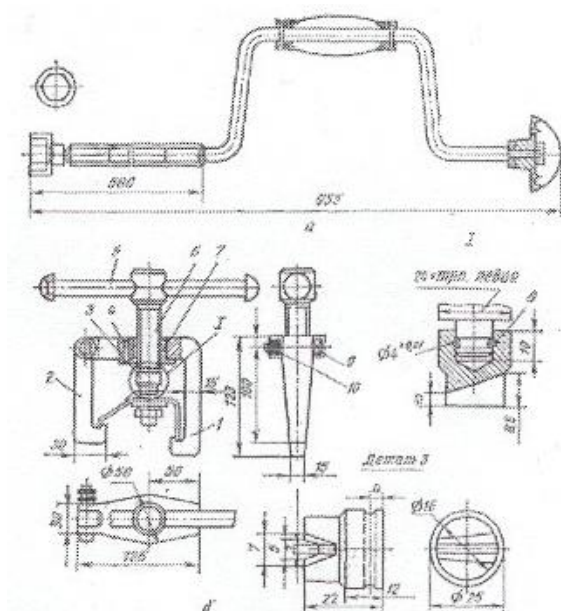


Рис. 1.8. Ключ і пристосування для гайок бичів молотильного барабана комбайна:

*a* – ключ; *б* – штопорне пристосування; 1 – кутник; 2 – зацеп; 3 – надставка; 4 і 8 – штифти; 5 – вороток; 6 – гвинт; 7 – втулка; 9 – палець; 10 – гайка.

Надставка має отвори для штифтів 8, які вільно ковзають по кільцевому виточуванню на кінці гвинта, замінюючи проходи для з'єднувальних штифтів. Завдяки цьому, гвинт не обертає надставку, а просто переміщає її вздовж осі, "тягнувши" її.

Ключ для тугосидячих гайок із планетарною передачею (рис. 1.9) дозволяє відгвинчувати гайки з великим крутним моментом, при цьому не потрібно прикладати великого зусилля до ручки. Ключ складається з ковпачка 1, всередині якого є шестигранний отвір, а зовні — зубчастий вінчик. Верхня частина ковпачка встановлена в ексцентрикову головку 4, з якою він з'єднаний за допомогою внутрішнього ряду голок 7 від роликових підшипників. Шайба 8 і гвинт 9 утримують ковпачок від випадання.

Ексцентрикова головка встановлена в корпус 6 ключа, з'єднується з ним через зовнішній ряд голок 2. Для запобігання випадання головку утримує кільце 3, яке закріплено гвинтами на корпусі. Підшипникові голки утворюють два ексцентричних кільця.

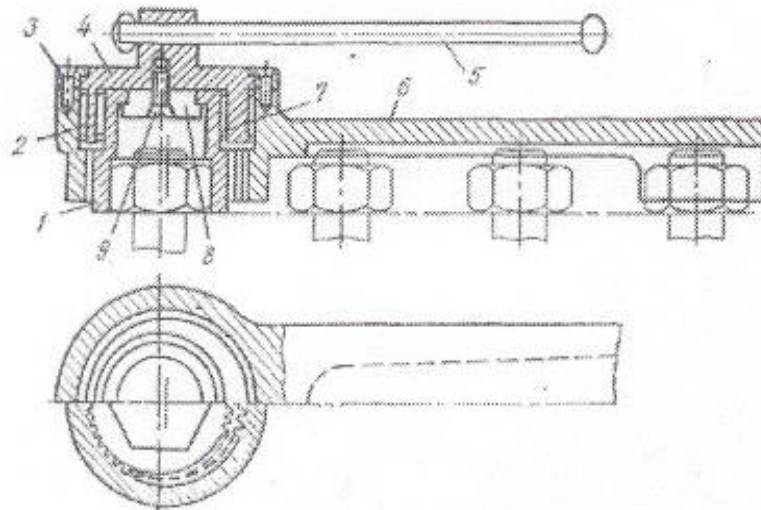


Рис. 1.9. Ключ із планетарною передачею:

1 – ковпачок; 2 і 7 – голки від роликових підшипників; 3 – кільце; 4 – ексцентрикова головка; 5 – ручка; 6 – корпус; 8 – шайба; 9 – гвинт.

При відгвинчуванні гайки корпус 6 може зачепити будь-який виступаючий елемент, наприклад іншу гайку. Всередині корпуса є зубці, які взаємодіють із зубчастим вінцем ковпачка.

Обертаючи ручку 5, оператор приводить в рух ексцентрикову головку 4, що, своєю чергою, переміщує ковпачок 1 і змушує його обертатися планетарно, обкочуючи своїм зубчастим вінцем внутрішні зубці корпусу. При цьому ковпачок обертається значно повільніше за ручку, а крутний момент збільшується відповідно.

Відгвинчування гайок на колесах вантажних автомобілів є досить трудомістким процесом, і часто це не вдається зробити звичайними балонними ключами. У таких випадках доцільно використовувати спеціалізовані ключі.

Ключ-фіксатор призначений для запобігання одночасному зняттю гайки внутрішнього колеса при відгвинчуванні гайки зовнішнього колеса автомобіля.

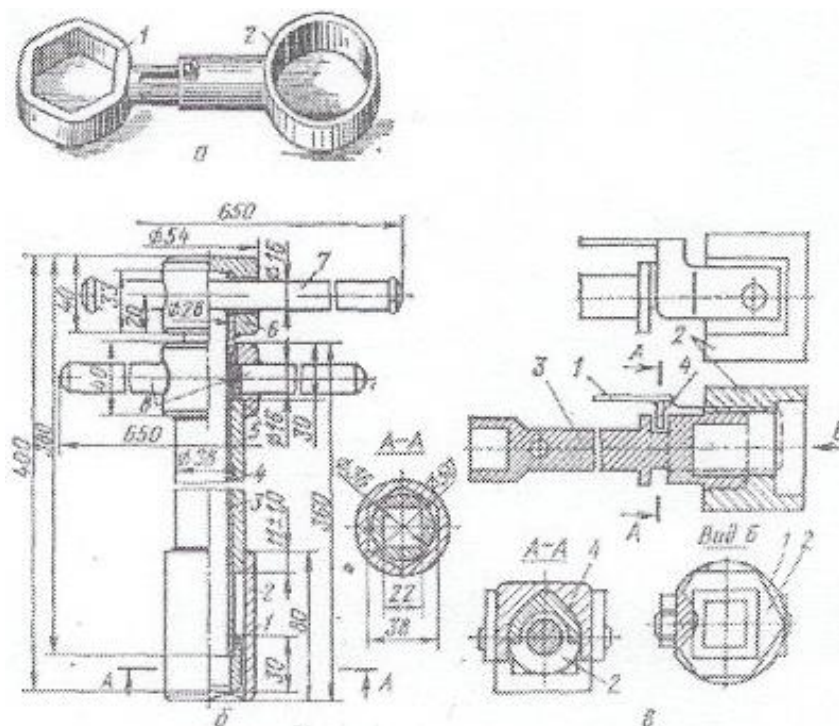


Рис. 1.10. Ключі для відгвинчування гайок коліс вантажних автомобілів: *a* – ключ-фіксатор: 1 – головка; 2 – фіксує кільце; *б* – комбінований ключ: 1 і 2 – втулки; 3 і 4 – муфти; 5 і 6 – головки; 7 – вороток; 8 – ручка; *в* – ключ з торцевою головкою: 1 – обойма; 2 – головка; 3 – ключ; 4 – зубець.

Комбінований ключ [23]. На вантажних автомобілях іноді трапляється, що обриваються шпильки кріплення заднього колеса, що ускладнює відкручування зовнішньої гайки через прокручування внутрішньої, яка знаходиться на обірваній шпильці. У таких випадках для відгвинчування

зовнішньої гайки можна використовувати комбінований ключ. Цей ключ складається з двох ключів, вставлених один в інший. Він включає втулки 1 і 2 (рис. 1.10, б), внутрішні поверхні яких оброблені для квадратних і шестигранних з'єднань, муфти 3 і 4 з труб діаметром 28 і 38 мм і товщиною стінок 4 і 4,5 мм, а також головки 5 і 6. У головці 5 зовнішнього ключа закріплена ручка 8, а в головку 6 внутрішнього ключа вставлений вороток 7.

Ключ з торцевою головкою [23]. Інтерес викликає також ключ, що складається з торцевої головки 2 (рис. 1.10, в) із шестигранним зівом, яка надіта на торцевий ключ 3 із чотиригранним зівом. Головка 2 має шарнірно закріплену обойму 1 із зубцем 4. Цей ключ дозволяє збільшити крутний момент в 6 разів і призначений для відгвинчування тугосидячих гайок у колесах автомобілів та тракторів.

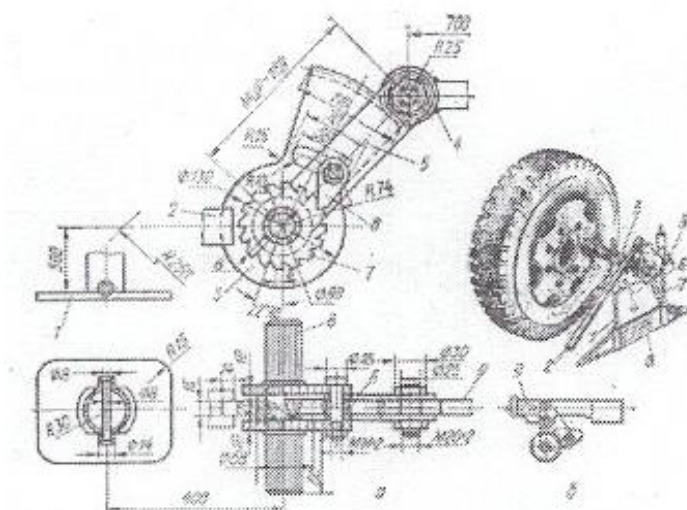


Рис. 1.11. Ключі для відгвинчування тугосидячих гайок коліс тракторів і автомобілів:

*а* – ключ із збільшеним крутним моментом: 1 – рухома п'ята; 2 – опорна труба; 3 – сектор; 4 – шестерня; 5 – поворотні пластини; 6 – собачки; 7 – зірочка; 8 – шлицеві вали; 9 – ручка; *б* – ключ із змінною частотою обертання: 1 – стійка; 2 – важіль; 3 – змінна головка; 4 – пластина; 5 – штопор; 6 – валик; 7 – ручка; 8 – опорна пластина; 9 – трансмісія.

Основними компонентами ключа є сектор 3 (рис. 1.11, а) і шестерня 4. Зусилля від ручки 9 передається на шестерню 4 і поворотні пластини 5. В цих пластинах на спільній осі встановлені дві собачки 6, які своїми зубцями входять в пази двох зірочок 7. Зірочки жорстко з'єднані з валами 8, через які зусилля

передається на змінні наконечники гайкових ключів, що використовуються для відгвинчування гайок. Ключ має два кінці, що дозволяють використовувати його для відгвинчування гайок як з правою, так і з лівою різьбою.

До сектора 3 приварена опорна труба 2 з рухомою п'ятою 1, яка регулює висоту розміщення гайки. Ключ із змінною частотою обертання дозволяє спочатку відгвинчувати гайки з великим зусиллям, але повільно, а потім, коли гайка почне зрушуватися, закінчити відгвинчування швидко, прикладаючи менше зусилля.

Механізм ключа побудований за принципом трансмісії 9 (рис. 1.11, б) ручного механічного преса. Такий механізм закріплюється на пластині 4, яка має втулки, посаджені на стійки 1, приварені до опорної пластини 8. Пластина 4 фіксується гвинтовими штопорами 5. Ключ має вихідний валик 6 для з'єднання з гайками коліс, з лівою і правою різьбою.

На шліці валика 6 з однієї сторони монтується змінна головка 3, а з іншої – ручка 7 для зручного відгвинчування гайок. На початку процесу відгвинчування використовують важіль 2, який дозволяє прикласти великий момент.

Пневматичний ключ для відгвинчування та загвинчування великих гайок складається з шестигранної насадки 1 (рис. 1.12, а), шарнірно з'єднаної з пневматичним kleпальним молотком. Пневматичний молоток може обертатися на  $220^\circ$  навколо шарніра 4, на який передається удар бойка. Ця конструкція зручна для роботи в обмежених умовах. Віддачу молотка амортизує пружина в корпусі 2 насадки. Ключ може розвивати максимальний момент у межах 6000...8000 Нм.

Приспосіблення для відгвинчування круглих шліцевих гайок великих розмірів

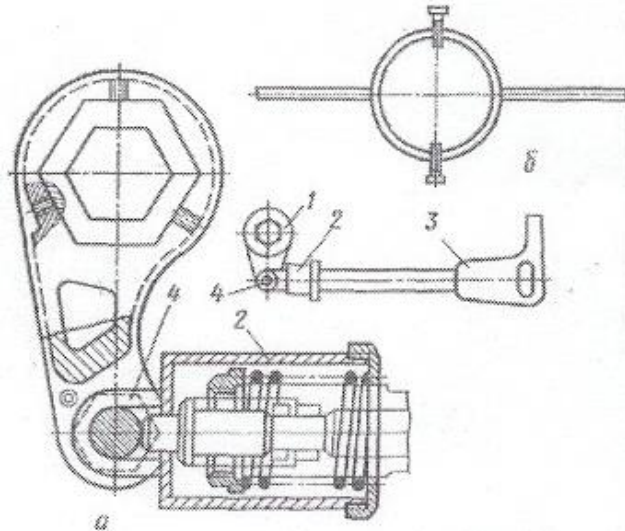


Рис. 1.12. Приспособлення для відгвинчування великих гайок:  
*а* – пневматичне для шестигранних: 1 – насадка; 2 – корпус насадки; 3 – пневматичний клепальний молоток; 4 – шарнір; *б* – кільцеве для круглих шліцьованих.

і аналогічних їм деталей.

Щоб відкрутити гайку або деталь за допомогою цього приспособлення, потрібно надіти його на гайку, вставити болти в прорізи приспособлення (рис. 1.12, б), а потім, обертаючи ручки, відгвинтити деталь.

Ключі, що утримують болти, гвинти та гайки: Для вкручування болтів і гвинтів у важкодоступні отвори можуть бути зручні ключі з фіксацією болтів, гвинтів і гайок, які зображені на рисунку 1.13.

Перший тип (рис. 1.13, а): Ключ складається з трубки 3, виготовленої з немагнітного матеріалу, наприклад, нержавіючої сталі, на нижньому кінці якої закріплена головка 4 торцевого ключа. Верхній кінець трубки закріплений в ручці 2. Всередині трубки розміщений стержень 1 з магнітним наконечником. Стержень можна вкручувати по різьбі, нарізаній на верхньому кінці трубки, що дозволяє переміщати його вздовж трубки.

Другий тип (рис. 1.13, б): Ключ є звичайним торцевим (рис. 1.13, б), у якому в головці є спеціальне гніздо з вставленим гумовим ковпачком 5. Коли ключ надягають на головку болта або гвинта, ковпачок охоплює її і не дає змоги болту або гвинту випадати з ключа під час використання.

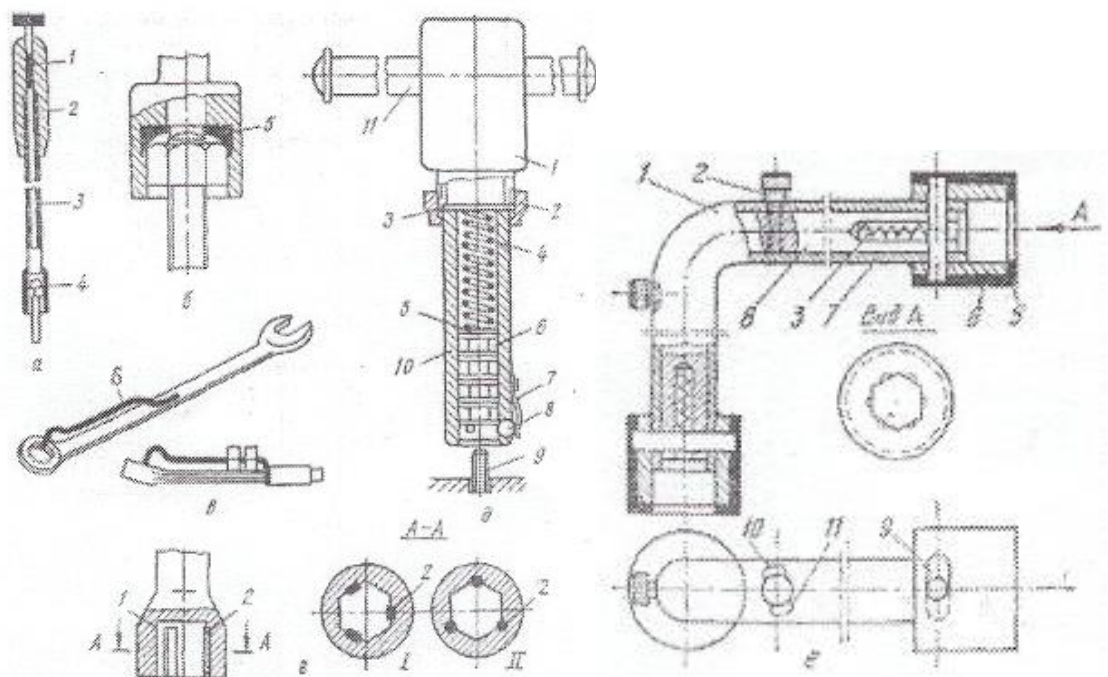


Рис. 1.13. Ключі, що утримують болти, гвинти і гайки:

*a* – магнітний; *б* – з гумовим ковпачком; *в* – з крючком; *г* – стержень з магнітним наконечником; *д* – ручка; *е* – трубка; *ж* – головка торцевого ключа; *з* – гумовий ковпачок; *и* – крючок; *к* – з гумовими стержнями: *л* – зів; *м* – стержні; *н* – торцевий з магазином: *о* – корпус; *п* і *р* – гайки; *с* і *т* – заглушки; *у* – пружина; *ф* – плоска пружина; *х* – шарики; *ц* – шпилька; *ч* – стакан; *ш* – вороток; *щ* – торцевий з захватом: *ц* – трубка; *д* – ручка; *е* – пружина; *ж* – шпилька; *з* – стакан; *и* – гайкова головка; *к*, *л*, *м* і *н* – пази; *о* – стержень.

впасти болту якого відгвинчують.

Ключ з пристосуванням для утримування гайки [23] містить зігнутий дрiт, який крiпиться до ключа у виглядi пружинної скобки з листового металу, а також розпiрний гвинт для фiксацiї на ручцi. Iнодi дрiт приварюється до ручки i загинається у виглядi крючка (рис. 1.13, в), що не тiльки утримує гайки, а й слугує їх сховищем. Це дозволяє зручно насаджувати та накручувати гайки однією рукою, що зручно у важкодоступних мiсцях.

Ключі з фіксатором [23] надійніше утримують гайки. Вони мають фіксатор, встановлений у зіві ключа (рис. 1.13, г), що складається з гумових стержнів із фасками на торцях. Стержні зафіксовані в пазах, розміщених в гранях або кутах зiва.

Торцевий ключ з магазином застосовується для нагвинчування великої кількості однакових гайок. Він складається з стакана 10 (рис. 1.13, д) з внутрішньою шестигранною порожниною. Стакан з'єднаний з корпусом 1 ключа, а також може бути прикріплений до шпинделя електрогайкокрута або свердлильного верстата. В стакан вставлена пружина, що утримує гайки і запобігає їх випадінню завдяки шарикам в нижній частині.

Торцевий ключ з захватом (рис. 1.13, е) складається з трубки, зігнутої під прямим кутом, з привареними гайковими головками та стержнями всередині. Ключ має захоплення, що закріплюється шпилькою, і використовується для затягування гайок у важкодоступних місцях.

Граничні ключі дозволяють рівномірно затягувати різьбові з'єднання із заданим крутним моментом. Вони поділяються на два типи: граничні ключі, які зупиняються при досягненні встановленого моменту, і динамометричні ключі, що постійно показують величину прикладеної сили під час затягування.

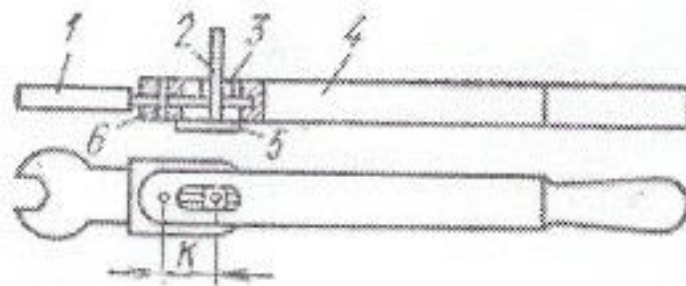


Рис. 1.14. Ключ із штифтом, що зрізується:

1 – головка; 2 – закладний штифт; 3 – повзун; 4 – ручка; 5 – упор; 6 – вісь.

Ключ зі зрізним штифтом складається з головки 1 (рис. 1.14) [23], яка з'єднана шарніром із ручкою 4 за допомогою осі 6. Шарнірне з'єднання закривається закладним штифтом 2, виготовленим із каліброваного дроту, що розташований у повзуні 3.

При відкручуванні гайок і гвинтів ручка 4 впирається в упор 5, що дозволяє закладному штифту залишатися неробочим, незалежно від прикладеного навантаження — штифт не зрізається.

При затягуванні ж штифт зрізається, якщо прикладений момент перевищує допустиме значення, тим самим автоматично відключаючи ключ від подальшої роботи.

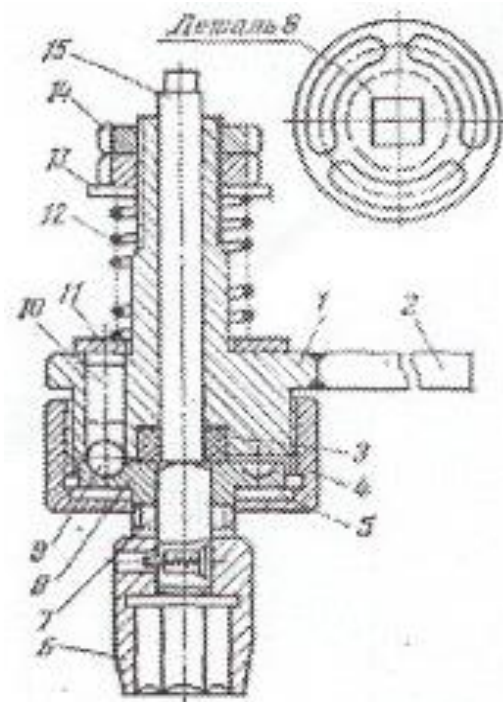


Рис. 1.15. Граничний ключ з шариками:

1 – корпус; 2 – ручка; 3 і 5 – текстолітові шайби; 4 – гайка; 6 – головка гайкового ключа; 7 – шпилька; 8 – диск; 9 – шарик; 10 – стійка; 11 і 13 – шайби; 12 – пружина; 14 – гайка; 15 – стрижень.

Для штифта слід використовувати дрiт з м'якого металу, наприклад, алюмінію. Змінюючи діаметр дроту, можна налаштувати ключ на потрібний крутний момент у широких межах.

Ключ із кульками складається з корпусу 1 (рис. 1.15) [23], до якого приварена ручка 2, і диска 8, що містить три кульки 9. Диск затиснутий гайкою 4 між двома текстолітовими шайбами 3 і 5 та жорстко з'єднаний зі стрижнем 15 за допомогою шпильки 7. На нижню квадратну частину стрижня встановлюється змінна головка 6 торцевого ключа.

Стрижень 15 утримується всередині корпусу 1 за допомогою пружини 12, обмеженої сталевими шайбами 11 і 13 по краях.

Обертання передається через ручку 2 безпосередньо на кульки 9, які з'єднані з диском 8, а з нього – на стрижень 15 із головкою. Поки крутний момент не досяг значного рівня, всі частини залишаються нерухомими одна відносно іншої, і ключ функціонує як єдине ціле.

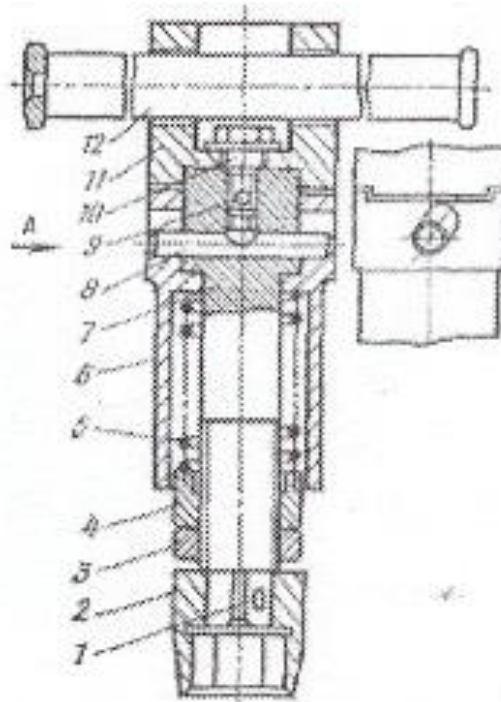


Рис. 1.16. Ключ з кулачками:

1 і 9 – шплінти; 2 – головка гайкового ключа; 3 – контрогайка; 4 – гайка; 5 – пружина; 6 – гільза; 7 – шпindel; 8 – шпилька; 10 – гвинт; 11 – стакан; 12 – ручка.

Під час остаточного затягування виникає значне зусилля, що змушує кульки зміщуватися до упорів. Далі кульки піднімаються вгору і через стійки 10 стискають пружину 12, роз'єднуючи диск 8 від корпусу 1. Після цього ключ працює в режимі холостого ходу. Налаштування здійснюється шляхом регулювання натягу пружини 12 за допомогою гайок 14.

Ключ із кулачками, зображений на рисунку 1.16 [23], має таку конструкцію: на шпindelі 7 закріплена головка 2 гайкового ключа, утримувана шплінтом 1. На протилежному кінці шпинделя 7 запресована шпилька 8, на яку спирається гільза 6, притиснута пружиною 5 і з'єднана зубцями зі стаканом 11. Цей стакан, у свою чергу, закріплений на шпindelі 7 за допомогою гвинта 10 і шплінта 9.

Натяг пружини 5 можна регулювати гайкою 4 і контргайкою 3, що дозволяє встановлювати необхідну силу.

Ключ із зірочкою є однією з варіацій граничних ключів [23]. Такі ключі можуть мати різні конструкційні виконання.

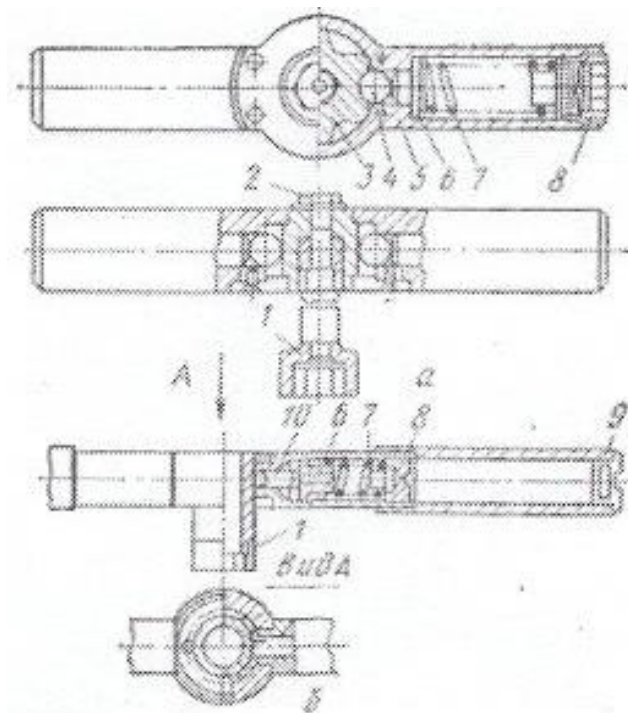


Рис. 1.17. Граничний ключ із зірочкою:

*а* – перший варіант; *б* – другий варіант; 1 – торцевий ключ; 2 – гвинт; 3 – зірочка; 4 – шарик; 5 – корпус; 6 – сухар; 7 – пружина; 8 – гайка; 9 – пробка; 10 – палець.

Перший варіант ключа з зірочкою: Торцевий ключ 1 (рис. 1.17, а) вставлений у зірочку 3 і закріплений гвинтом 2. Зірочка знаходиться всередині корпусу 5, який також слугує рукою ключа. Корпус і зірочка з'єднуються через кульки 4, які під дією пружини 7 входять у пази зірочки 3.

Якщо прикладене зусилля перевищує встановлений ліміт, ключ вимикається, оскільки кулька 4 котиться по профілю зірочки та стискає пружину 7 через сухар 6. Налаштування ключа на потрібний момент здійснюється стисненням пружини 7 за допомогою гайки 8.

Другий варіант (рис. 1.17, б): Конструкція ключа схожа на попередню, але відрізняється формою зубців зірочки — замість кульки використовується

палець 10. Крім того, у цього варіанту більші ручки, що дозволяє створювати більший крутний момент. Для доступу до регулювальної гайки спочатку потрібно викрутити пробку 9.

Ключ з нахиленими зубцями складається з стержня 5 (рис. 1.18) [23] і гільзи 2, яка закріплена гвинтом 10, що входить у виїмку на стержні 5 і не дозволяє гільзі обертатися навколо нього. Верхній торець гільзи 2

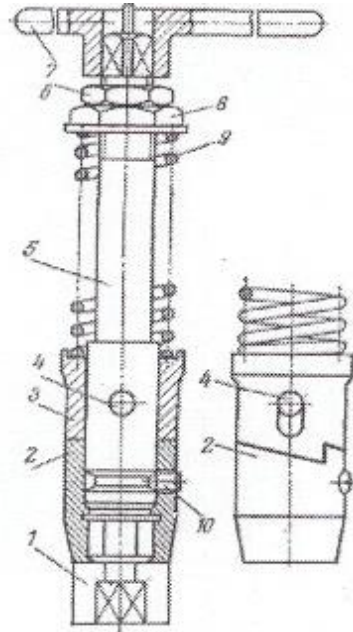


Рис. 1.18. Граничний ключ з нахиленими зубцями:

1 – змінна головка; 2 – гільза; 3 – втулка; 4 – штифт; 5 – стержень; 6 – контрогайка; 7 – вороток; 8 – гайка; 9 – пружина; 10 – гвинт.

У верхньому торці гільзи 2 розташовані три зубці зі зрізаними краями, які входять у зачеплення з зубцями втулки 3. Вони фіксуються відносно обертання на стержні 5 за допомогою штифта 4, що проходить через видовжений виріз у втулці. У нижній торець гільзи вставляється змінна головка 1 гайкового ключа. Втулка 3 притискається до гільзи 2 пружиною 9, яка спирається на гайку 8. Ця гайка використовується для налаштування крутного моменту ключа та фіксується контрогайкою 6.

Цей ключ також може використовуватися для відкручування міцно затягнутих гайок.

Ключ із ручкою, що зламується [23] має кілька варіантів конструкції.

Перший варіант складається з подовжувачів: малого 2 (рис. 1.19, а) і великого 13...

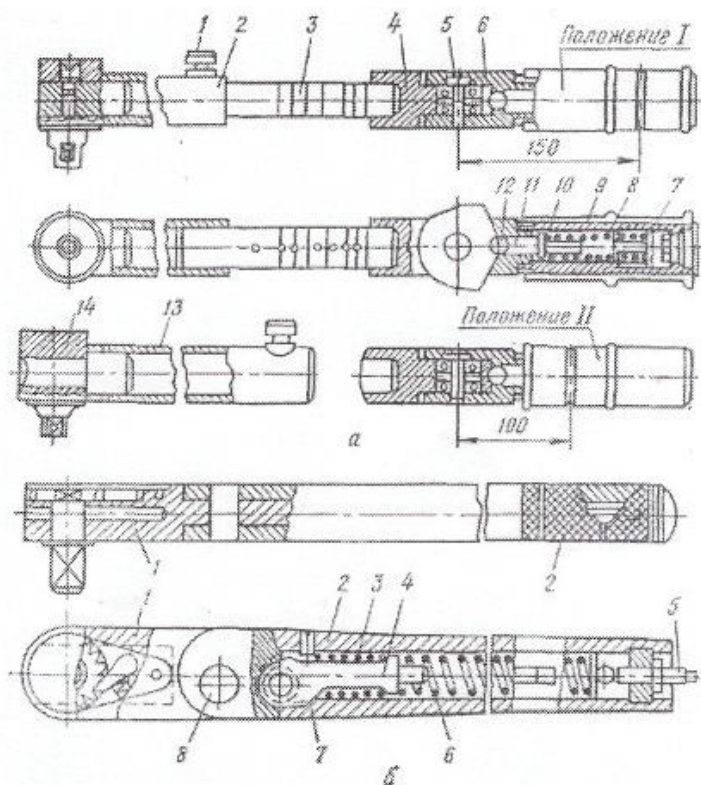


Рис. 1.19. Граничний ключ із рукою що зломується:

*а* – перший варіант: 1 – фіксатор; 2 – малий подовжувач; 3 – шток; 4 – повідок; 5 – вісь; 6 – вилка; 7 – регулювальний гвинт; 8 – пружина; 9 – ручка; 10 – вороток; 11 – штовхач; 12 – шарик; 13 – великий подовжувач; 14 – наконечник з квадратом; *б* – другий варіант: 1 – головка; 2 – ручка; 3 – голчасті ролики; 4 – фіксатор; 5 – регулювальний болт; 6 – пружина; 7 – направляючі; 8 – палець.

На одному з кінців кожного подовжувача закріплені наконечники з приєднувальними квадратами, а на іншому кінці — фіксатори 1. Подовжувачі надягаються на шток 3, який жорстко з'єднаний із повідком 4. Повідець через вісь 5 шарнірно з'єднаний із вилкою 6. На вилці встановлений вороток 10 з рукою 9. В середині воротка розміщений штовхач 11, на який спирається пружина 8, що стискається за допомогою регулювального гвинта 7.

Штовхач своїм вільним кінцем впирається в кульку 12, яка заходить у виїмку на повідку. Така конструкція дозволяє жорстко з'єднувати ручку ключа з наконечником, на якому закріплена головка ключа. Якщо зусилля затягування

перевищить встановлений ліміт, кулька вийде з виїмки, і ручка разом з воротком повернеться навколо осі, тобто ключ "зламається".

Другий варіант ключа складається з головки 1 (рис. 1.19, б) і фіксатора 4 з роликом, який встановлений у напрямні 7 ручки 2 на голчастих роликах 3. Фіксатор притискається до головки за допомогою пружини 6, а натяг пружини можна регулювати за допомогою болта 5.

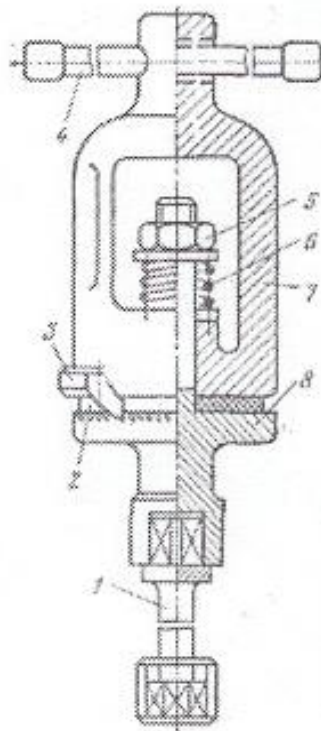


Рис. 1.20. Граничний фрикційний ключ:  
1 – торцевий ключ; 2 – прокладка; 3 – собачка; 4 – вороток;  
5 – гайка; 6 – пружина; 7 – корпус; 8 – шайба.

Під час роботи ключем зусилля, прикладене до ручки 2, передається на головку. Коли досягається встановлений крутний момент, фіксатор втягується в ручку, і вона повертається відносно головки 1 навколо пальця 8, тобто ключ "зламається". Після зняття навантаження ручка повертається у вихідне положення.

Фрикційний ключ. Основні частини цього ключа — корпус 7 (рис. 1.20) [23] з воротком 4 і шайба 8, в нижній частині якої закріплений торцевий ключ

1. Обидві частини з'єднані через хвостовик шайби, який вставлений в отвір корпусу 7 і закріплений гайкою 5. Під гайкою розташована пружина 6.

Між корпусом 7 і шайбою 8 знаходиться фіброва прокладка 2 і храповий механізм. Собачка 3 цього механізму закріплена на корпусі 7 і ковзає по торцевих зубцях шайби 8.

Цей ключ можна використовувати для відкручування гайок і гвинтів. У такому випадку зчеплення між шайбою 8 і корпусом 7 здійснюється через храповий механізм.

### **1.1.3 Оригінальні гайкові ключі**

Існують різні типи спеціалізованих гайкових ключів, зокрема: для гайок трубок високого тиску, гайок направляючих коліс, вдосконалені ріжкові, розвідні для круглих гайок, ключі для відкручування труб, амортизаторів, гідросистем тракторів, токарів, для розбирання та складання гальмівних камер, з підігрівом, багатомірні та "м'які" ключі.

Ключ для гайок трубок високого тиску дизельних двигунів [23]. Під час тестування форсунок дизельних двигунів необхідно іноді послаблювати гайки, що кріплять трубки високого тиску, коли двигун працює. У цьому випадку паливо, яке подається насосом під тиском, може потрапити на обличчя перевіряючого. Щоб цього уникнути, використовують ключ, зображений на рисунку 1.21, а. Козирки, вирізані з листової сталі, приварюють до стандартного гайкового ключа за допомогою газового зварювання. Під час відгвинчування гайок таким ключем паливо відбивається від козирка і не потрапляє на особу, яка перевіряє.

Ключ для гайок направляючих коліс тракторів та автомобілів. Для зручного та безпечного регулювання підшипників направляючих коліс

тракторів і автомобілів використовують торцевий ключ певної форми (рис. 1.21, б), що підходить для відкручування та закручування гайок маточин коліс.

Удосконалений ріжковий ключ. Щоб зменшити кількість використовуваних ріжкових ключів і пришвидшити роботу, один із ріжків стандартного ключа можна шарнірно закріпити на планці (рис. 1.21, в). Це дозволяє зробити ключ універсальним, що підходить для гайок різних розмірів.

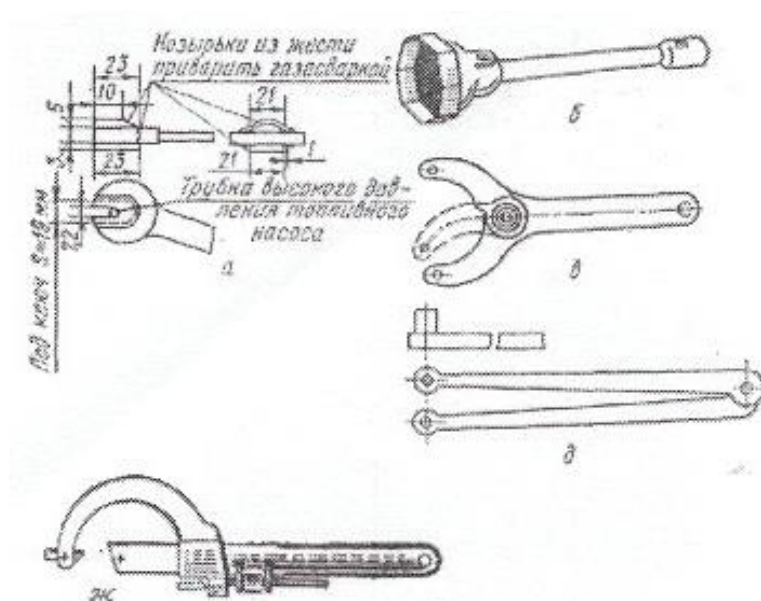


Рис. 1.21. Оригінальні гайкові ключі:

*a* – для гайок трубок високого тиску; *б* – для гайок направляючих коліс;  
*в* і *д* – удосконалений ріжковий; *ж* – розвідний для круглих гайок.

Цей ключ, зображений на рисунку 1.21, д, має таку саму функцію.

**Розвідний ключ для круглих гайок** (рис. 1.21, ж) дозволяє зручно відкручувати та закручувати круглі гайки різних розмірів [23].

**Ключі для відгвинчування труб** широко використовуються на ремонтних підприємствах, оскільки стандартні ключі не завжди є зручними для цієї мети. Нижче наведено опис деяких ключів, що вирізняються своєю простотою у виготовленні та зручністю у використанні.

**Ключ з роликками**, показаний на рисунку 1.22, а, працює за принципом механізмів, що застосовуються для відкручування та вкручування шпильок. Він складається з ручки 2, що жорстко з'єднана з корпусом, в якому розташовані

притискні ролики з ексцентричними отворами. Ролики встановлені на осях, закріплених у корпусі, а на зовнішній поверхні роликів і внутрішній частині корпусу є насічка.

Цей ключ має два ролики, що дозволяють відкручувати та закручувати труби без необхідності перевертати сам ключ. В залежності від напрямку роботи включається один з роликів. Після виготовлення разом з корпусом ролики загартовуються для підвищення їх міцності [23].

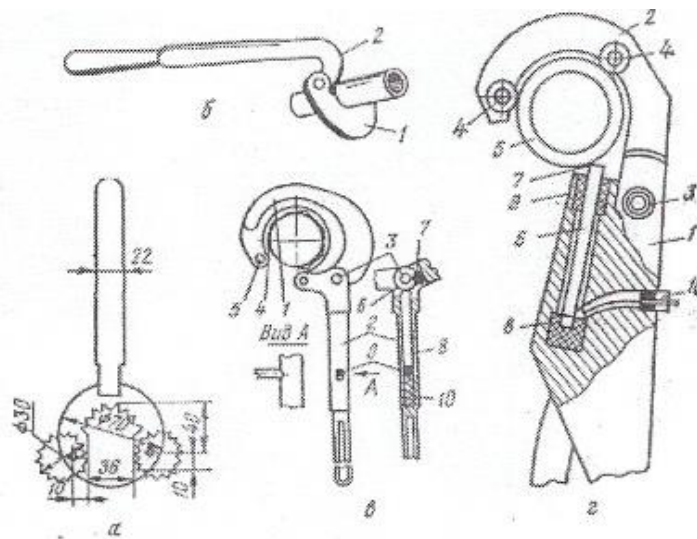


Рис. 1.22. Ключі для відгвинчування труб:

*а, б і в* – механічні; *1* – скобка; *2* – ручка; *3* – вісь; *4* – гнучка стрічка; *5* – палець; *6* – храповик; *7* – штифт; *8* – фіксатор; *9* – штир; *10* – пружина; *г* – п'єзоелектричний: *1* – ручка; *2* – скобка; *3* – шарнір; *4* – ролики; *5* – труба; *6* – п'єзоелемент; *7* – наконечник; *8* – пружна подушка; *9* – гумова втулка; *10* – виходи до електродів п'єзоелемента.

Ключ-скобка, представлений на рисунку 1.22, б, складається з ручки 2 та скобки 1, яка шарнірно з'єднана з рукою. Зовнішня частина вигнутого кінця ручки та внутрішня поверхня скобки мають насічку для кращого захвату. Робочі поверхні ключа заклепані для забезпечення надійності.

Скобка 1 може бути виготовлена як з одного цілого шматка металу, так і з окремих пластин, з'єднаних заклепками.

Ключ для з'єднання полірованих труб показаний на рисунку 1.22, в. Такий ключ використовується для з'єднання труб з полірованою поверхнею,



Ці ключі можна вдосконалити, додавши двосторонні штирки (рис. 1.23, г), які легко замінити на нові, якщо вони зламаються під час роботи.

На рисунку 1.23, д показаний ключ, виготовлений з шматка сталюго дроту.

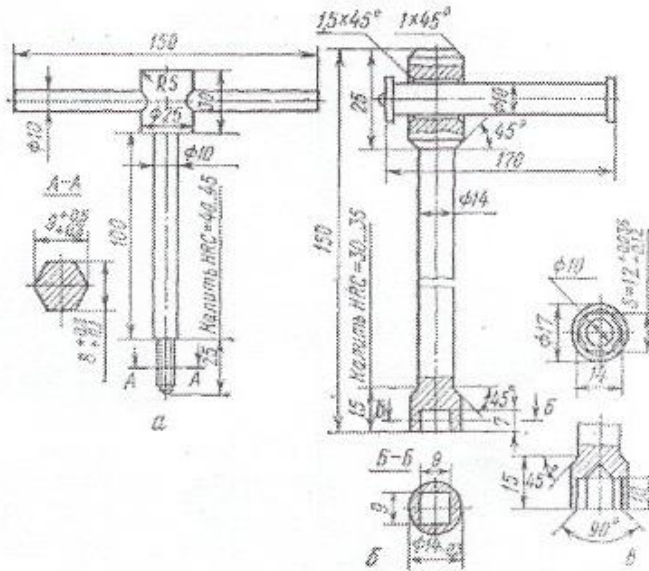


Рис. 1.24. Ключі для гідросистем тракторів:

*a* – для гвинтів кришки помпи; *б* – під гніздо запобіжного клапана; *в* – для гайки кришки розподільника.

Ключі для розбирання та складання агрегатів гідросистем тракторів використовуються для зручного виконання робіт із масляними насосами типу НШ. Для викручування гвинтів кріплення бокових кришок застосовується торцевий ключ, зображений на рисунку 1.24, а.

Для гнізда шарикового клапана запобіжного пристрою передбачений інший ключ, як показано на рисунку 1.24, б.

Конструкція для відгвинчування гайок, які кріплять кришки розподільників, наведена на рисунку 1.24, в.

Ключі для токаря призначені для запобігання травм під час роботи на токарному верстаті. Якщо токарь випадково залишить ключ у патроні і вмикне верстат, це може призвести до серйозної травми. Для запобігання такій ситуації на ключі встановлюється пружина, яка стискається перед використанням, як показано на рисунку 1.25, а. Після завершення затягування патрона, пружина випрямляється і виштовхує ключ з гнізда.

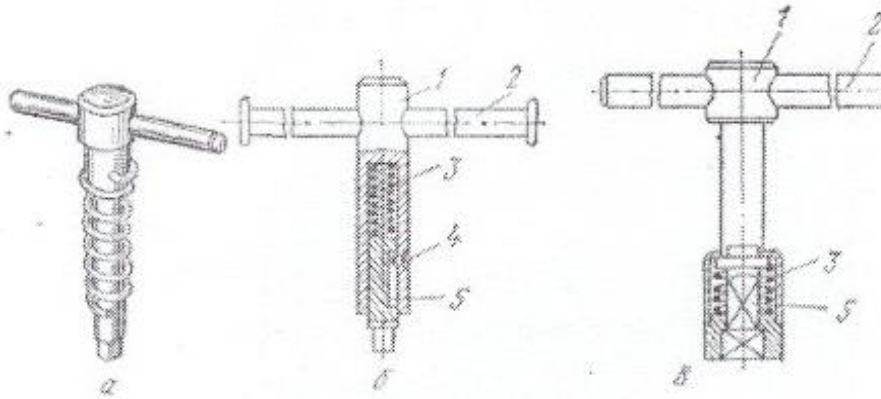


Рис. 1.25. Ключі для токаря:

*a, б і в* – варіанти; 1 – корпус; 2 – вороток; 3 – пружина; 4 – штопорний гвинт; 5 – наконечник.

Для полегшення роботи токаря винахідник Антонов об'єднав два звичайних ключі (один для закріплення різця, інший – для закріплення деталі в патроні) в один інструмент. Цей ключ складається з корпусу 1 (рис. 1.25, б), воротка 2, пружини 3 та наконечника 5, який вставлений у корпус. Наконечник утримується від випадання завдяки штопорному гвинту 4. Внутрішня частина корпусу має форму та розмір головки гвинта, який закріплює різець, а зовнішня частина наконечника – форму і розмір ключа патрона.

Інший варіант ключа для загвинчування гвинтів кріплення різця зображений на рисунку 1.25, в. Для того, щоб відкрити патрон, потрібно натиснути на ключ. У цьому випадку пружина стиснеться, і наконечник вийде назовні.

Приспосіблення для розбирання та складання гальмівних камер складається з скобки 5 (рис. 1.26), яка шарнірно з'єднана з круглообертальним ключем 1. Для розбирання або складання гальмівної камери необхідно пересунути скобку 5 вправо та встановити головки 3 і 4 ключа на гайку та головку болта. Пружина 2 утримує приспособлення в потрібному положенні. Потім, обертаючи ключ 1, можна відгвинтити або закрутити болт, що кріпить гальмівну камеру.

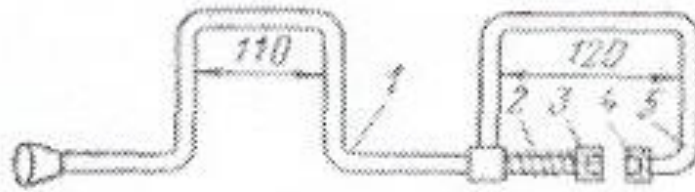


Рис. 1.26. Приспособлення для розбирання і складання гальмівних камер:  
 1 – колообертний ключ; 2 – пружина; 3 і 4 – головки ключа і скобки;  
 5 – скобка.

Торцевий ключ з підігрівом використовується для відгвинчування гайок і гвинтів, які залиті плавкими наповнювачами, такими як бітум. Замість витрачання часу на очищення від наповнювачів через їх зколювання та вилучення, цей ключ дозволяє уникнути цього процесу.

Ключ складається з корпусу 1 (рис. 1.27), воротка 2, робочих головок 3 та електропідігрівальних елементів 4. Нагрівальні елементи виконані у вигляді спіралі з ніхромового дроту, ізолюваного теплостійкою ізоляцією 5 і захищеного металевим кожухом 6. Робоча напруга складає 36 В.

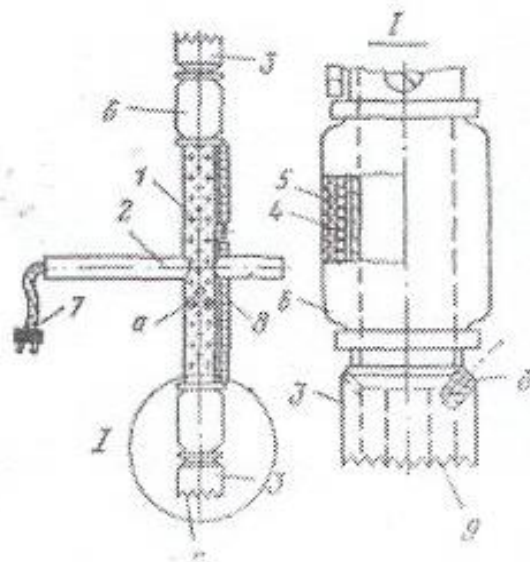


Рис. 1.27. Ключ з підігрівом:  
 1 – корпус; 2 – вороток; 3 – головка; 4 – електропідігрівальний елемент;  
 5 – ізоляція; 6 – кожух; 7 – провід; 8 – керамічна буска; 9 – зубці.

На середній частині корпусу торцевого ключа є отвори для відведення тепла. Струмоведучий провід 7 проходить через вороток, а підвід до головок ізольований керамічними буксами 8. Для поліпшення проникнення робочих головок в наповнювач по їх торцях зроблені зубці 9.

Багатомірні та "м'які" ключі використовуються з кінця позаминулого століття. Далі описано кілька типів таких ключів, які набули широкого застосування і до сьогодні.

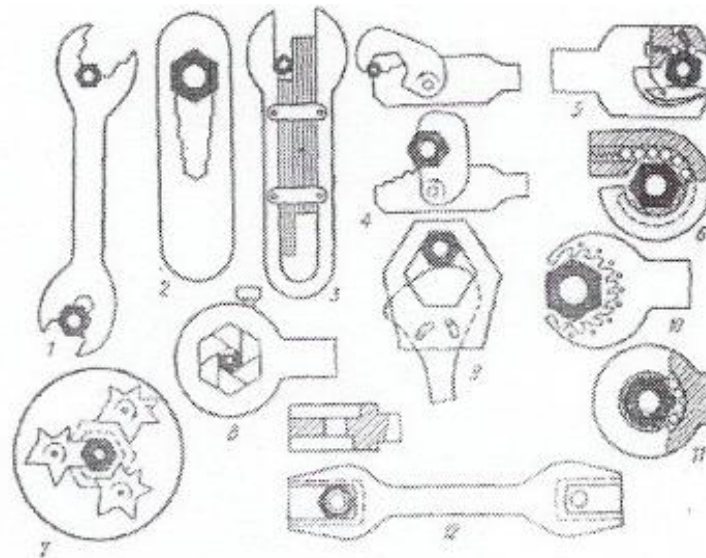


Рис. 1.28. Багатомірні і "м'які" ключі:  
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 – типи.

Багатомірні ключі дозволяють зручно відгвинчувати та загвинчувати гайки різних розмірів. На рисунку 1.28,1 зображений ступінчастий гайковий ключ з відкритим зівом для гайок шести розмірів.

Багатомірний ключ (рис. 1.28,2) представляє собою пластину з ступінчастими прорізами.

Інший тип ключа (рис. 1.28,3) складається з пакета пластин, які можна комбінувати під потрібний розмір гайки.

На рисунку 1.28,4 показаний багатомірний ключ у вигляді важеля, кінець якого виконаний у вигляді "драбинки". Гайка, що відкручується, захоплюється зігнутою губкою, яка обертається на осі, закріпленій на важелі.

У гайкового ключа (рис. 1.28,7) губки для захоплення мають форму зірочок, розташованих по колу з кроком  $120^\circ$ . Зовнішні кути зірочок відповідають зовнішнім кутам гайок різних розмірів. Протилежні кінці зірочок оснащені шестернями, які взаємодіють із зубцями кришки, що їх захоплює. Під час обертання кришки зірочки встановлюються під відповідними кутами, утворюючи захват для гайки певного розміру, і фіксуються в цьому положенні за допомогою кулькових фіксаторів.

Ключ (рис. 1.28,9) має пластину з прорізаним шестикутним отвором для гайки. Гайка притискається до поверхні сектора-ручки, що повертається на штифтах.

На рисунку 1.28,12 показаний ключ з подвійними головками, у яких прорізи для гайок різних розмірів розміщені на протилежних гранях головок.

"М'які" ключі забезпечують рівномірний розподіл зусилля при захваті гайки, що мінімізує ризик її пошкодження.

У корпусі розвідного ключа (рис. 1.28,8) розміщені шість ковзаючих призм. Одна з призм має різьбу для мікрометричного гвинта, який при обертанні переміщує інші призми, формуючи шестигранник.

Ключ на рисунку 1.28,5 має одну губку з підпружиненою планкою, а інша оснащена роликками.

У ключі на рисунку 1.28,11 використовується м'яке кільце, виконане з шариків, що рівномірно захоплюють гайку і прокручуються під час затягування, не виходячи з гнізд.

Інший тип такого ключа з шариками зображений на рисунку 1.28,6, де шарики підпружинені так, що при затягуванні гайки вони переміщуються по канавці, рівномірно охоплюючи грані гайки.

Оригінальна конструкція "м'якого" ключа представлена на рисунку 1.28,10, де губки виконані у вигляді пружних ножок.

## 1.2 Класифікація викруток

Викрутки призначені для закручування та відкручування шурупів, гвинтів і круглих гайок з прямим або хрестоподібним пазом. Вони складаються з стержня, що має робочу частину (наприклад, лезо), і ручку.

Стержні викруток можуть бути квадратними для роботи з гвинтами шириною шліца 1,6...4 мм або круглими для гвинтів з шириною шліца 0,3...4 мм і для круглих гайок з шліцом на торці шириною 0,3...3,5 мм.

Ширина леза повинна бути лише трохи меншою за діаметр головки гвинта (приблизно  $l=0,8d$ ). Використання викруток з занадто вузьким або неправильно загостреним лезом може призвести до того, що кінці інструмента будуть намагатися вийти з пазу в головці, пошкоджуючи кромки та саму головку шурупа чи гвинта.

Для роботи з електроустановками напругою до 1000 В ручка викрутки повинна бути оснащена діелектричним чохлом або покриттям, з упором на стороні леза для запобігання зсковзуванню пальців працівника на неізольовану частину інструмента. Товщина ізоляції повинна бути не меншою за 2 мм.

### 1.2.1 Універсальні викрутки

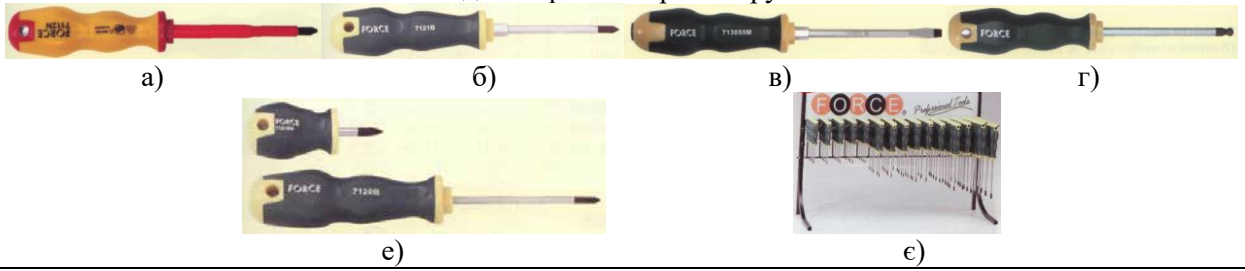
Викрутки можна поділити на три основні категорії: універсальні, спеціальні та оригінальні. Універсальні викрутки застосовуються для широкого кола робіт, а спеціальні та оригінальні — для конкретних завдань або конструкцій.

Класифікація універсальних викруток фірми FORCE може бути представлена наступним чином:

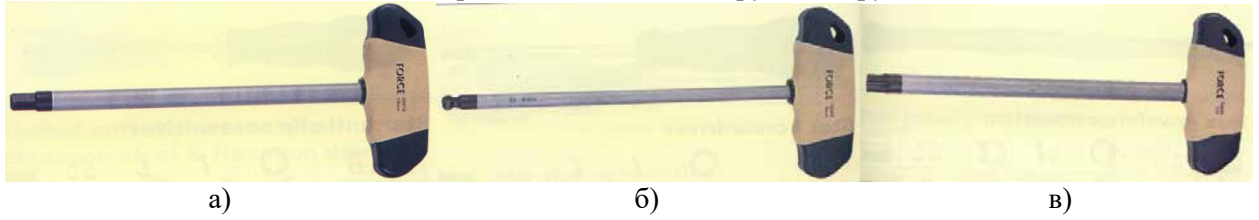
Таблиця 1.2 — Класифікація універсальних викруток фірми FORCE:

**1.Звичайні:**

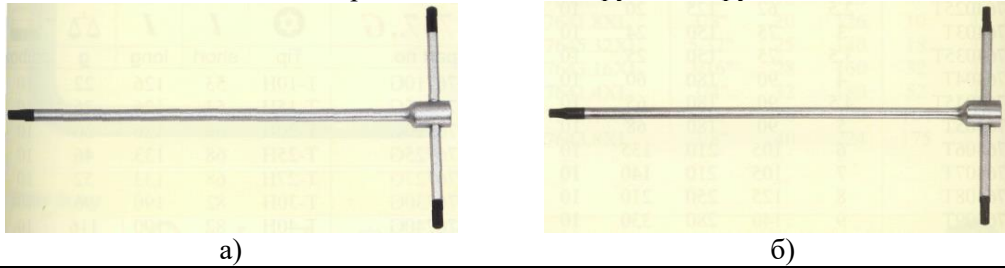
**1.1 Односторонні з прямою ручкою**



**1.2 Односторонні з Т-подібною нерухомою ручкою**



**1.3 Односторонні з Т-подібною рухомою ручкою**

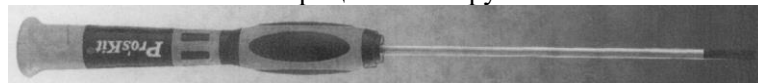


**1.4 Двосторонні з Г-подібною ручкою**






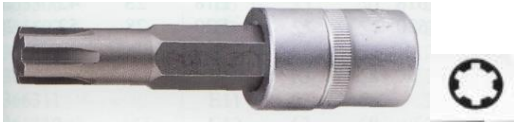





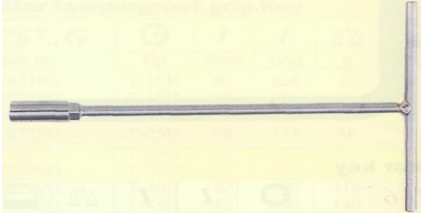
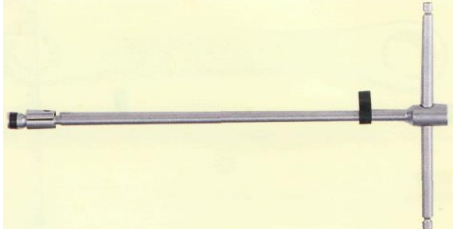
Продовження таблиці 1.2

**1.5 Прице́зійні викруткі**

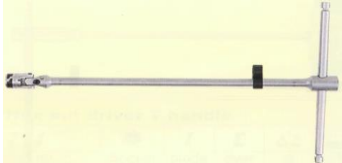








**2.Насадки:**

2.1 Тип А	2.2 Тип В	2.3 Тип С
2.4 Тип D	2.5 Тип Е	2.6 Тип F
2.7 Тип G	2.8 Тип H	2.9 Тип I

<p>2.10 Тип J</p> 	<p>2.11 Тип К</p> 	<p>2.12 Тип L</p> 
<p>2.13 Тип М</p> 		<p>2.14 Тип N</p> 
<p><b>3. Види ручок:</b></p>		
<p>3.1 Одностороння пряма</p>		
<p>а)</p> 	<p>б)</p> 	<p>в)</p> 
<p>3.2 Одностороння з Т-подібною гумовою ручкою</p> 		
<p>3.3 Одностороння з Т-подібною нерухомою ручкою</p> 		
<p>3.4 Одностороння з Т-подібною рухомою ручкою</p> 		

Продовження таблиці 1.2

<p>3.5 Одностороння з Т-подібною рухомою ручкою і з гнучким валом</p>			
<p>а)</p> 	<p>б)</p> 		
<p>3.6 Одностороння пряма і з гнучким валом</p> 			
<p>3.7 З реверсним храповим механізмом</p>			
<p>а)</p> 	<p>б)</p> 	<p>в)</p> 	<p>г)</p> 

3.8 З реверсним храповим механізмом і з гнучкою ручкою



3.9 Вентилеподібна ручка



3.10 Т-подібна коротка рухома ручка

а) звичайна



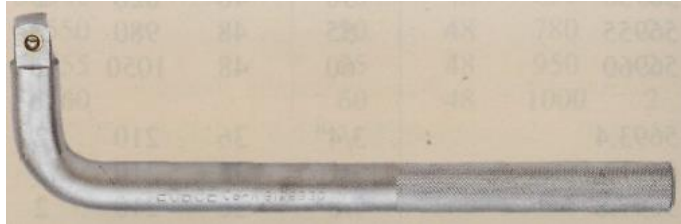
б) з механізмом для заховування шариків



3.11 Одностороння пряма із подвійним гнучким валом



3.12 Звичайна Г-подібна



**4. Види перехідників:**

4.1 Звичайні



а)



б)



в)

Продовження таблиці 1.2

4.2 Карданного типу



4.3 З гнучким валом



а)



б)

4.4 Довгі





Крім того, що зазначено в таблиці 1.2, викрутки можуть також відрізнятися за довжиною леза (насадки) або ручки.

### 1.2.2 Спеціальні викрутки

Спеціальні викрутки поділяються на такі типи:

1. **Для сильно закручених гвинтів та шурупів:**
  - Викрутки з обертальним механізмом;
  - Для великих гвинтів та шурупів;
  - Для зняття пробок рульових тяг тракторів та автомобілів.
2. **Для роботи у важкодоступних місцях:**
  - З шарнірним (гнучким) стержнем;
  - З підсвічуванням;
  - З пристроєм для точного спрямування леза;
  - З вільним ходом.

Якщо звичайною викруткою не вдається відкрутити шуруп, можна спробувати використати молоток разом з викруткою. Якщо ж гвинт чи шуруп

все одно не піддаються, використовують спеціальні викрутки для складних випадків.

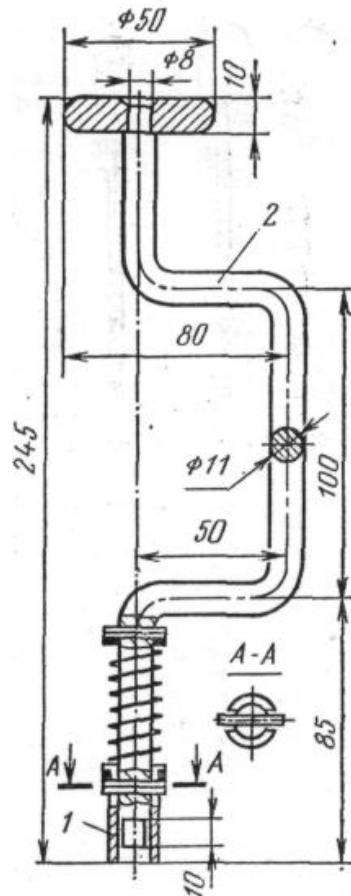


Рис. 1.29. Викрутка з колообертом:  
1— направляюча втулка; 2— колооберт.

Викручувати туго сидячі гвинти зручно за допомогою викрутки з колообертом (рис. 1.29), на кінці якого встановлена направляюча втулка.

Викрутки для гвинтів і шурупів великих розмірів часто мають вигнуту форму (рис. 1.30, а), а їх довжина підбирається в залежності від умов роботи.

Для розбирання тракторів "Беларусь" зручно використовувати викрутку, зображену на рисунку 1.30, б.

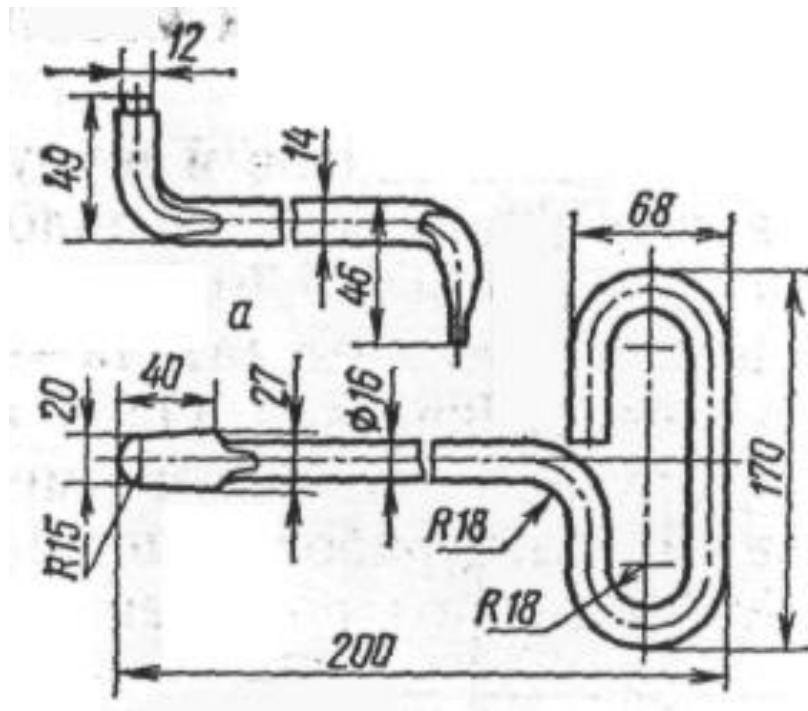


Рис. 1.30. Викрутки:  
*a* і *б* – для гвинтів і шурупів великих розмірів.

Звичайною викруткою незручно відкручувати і закручувати пробки рульових тяг, оскільки важко створити необхідний крутний момент. У таких випадках значно полегшить роботу викрутка, зображена на рисунку 1.31.

Під час роботи з гвинтами та шурупами у важкодоступних місцях важливо знати, як саме розташоване лезо викрутки. Для цього на ручці викрутки слід зробити спеціальні мітки-вказівники — невеликі заглиблення, заповнені білою фарбою. Одну мітку роблять на торці ручки, а іншу — у місці, де зазвичай розміщується великий палець працівника. Положення міток має відповідати напрямку робочої грані викрутки.

Для роботи у важкодоступних місцях використовують викрутки різних конструкцій. Зокрема, викрутку зі згинаючимся стержнем. Якщо необхідно працювати з гвинтами у кутках або важкодоступних місцях, викрутку потрібно підготувати відповідним чином.

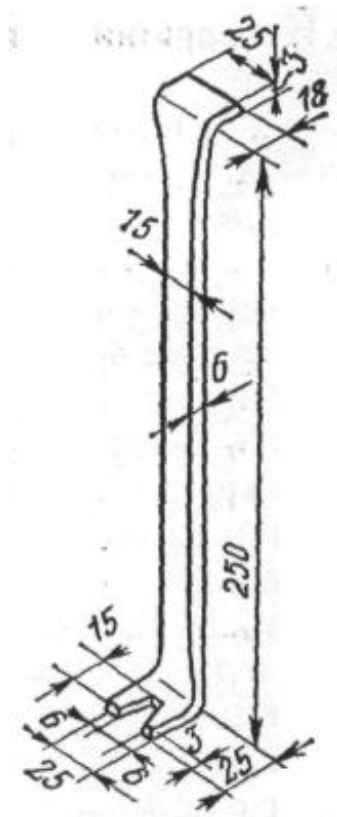


Рис. 1.31. Викрутка для пробок рульових тяг тракторів і автомобілів.

Щоб створити викрутку зі згинаючимся стержнем, стержень слід розрізати на дві частини і з'єднати їх за допомогою шарніра. Зверху необхідно надіти легку пружину (рис. 1.32, а).

**Викрутка з підсвічуванням.** Навіть у добре освітленому цеху буває важко побачити головку гвинта, якщо вона розташована глибоко всередині машини. У таких випадках зазвичай встановлюють додаткове освітлення за допомогою переносної лампи, що не завжди зручно або можливо. Значно простіше використовувати інструмент, який одночасно виконує функцію ліхтаря.

Конструкція такої викрутки зображена на рисунку 1.32, б. У нижній частині ручки, у фокусі параболічного рефлектора, розміщена електрична лампочка. Усередині ручки знаходяться батарейки для живлення. Замість батарейок можна підключити викрутку до акумулятора, пропустивши дрід через ручку. У ручці, навпроти лампочки, зроблені широкі отвори для пропускання світла.

Ця викрутка особливо корисна в аварійних ситуаціях, наприклад, у полі або на дорозі.

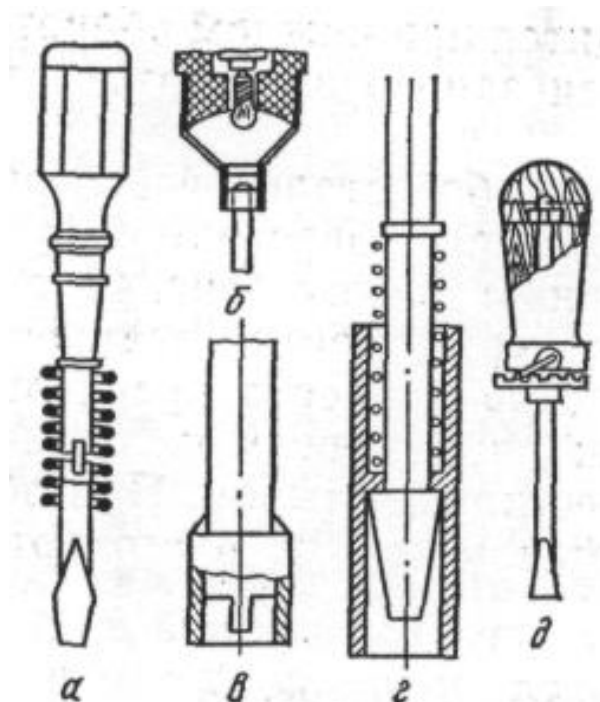


Рис. 1.32. Викрутки для роботи у важкодоступних місцях: *а*– із зломуючимся стержнем; *б*– з освітленням; *в* і *г*– із пристроєм для направлення леза; *д*– з вільним ходом.

**Викрутка із пристроєм для направлення леза.** Для закручування великих гвинтів зручно використовувати викрутки з воротком. Щоб уникнути висковзування леза з паза на головці гвинта, рекомендується застосовувати спеціальну муфту, яка закріплюється на стержні (рис. 1.32, в) або стискається пружиною (рис. 1.32, г). Така викрутка підходить для регулювання теплових зазорів у механізмах газорозподілу двигунів внутрішнього згорання.

**Викрутка з вільним ходом.** Дуже зручно працювати викруткою, коли немає потреби щоразу повертати ручку або заново вставляти лезо в паз гвинта.

Ця викрутка складається зі сталевого штиря, загостреного на кінці, який обертається в дерев'яній ручці. Штир утримується диском (рис. 1.32, д). При обертанні в одну сторону штир викрутки рухається вільно завдяки підпружиненій собачці, яка легко ковзає по радіальним виступам. При зворотному ході собачка впирається у виступ, фіксуючи штир.

### 1.2.3 Оригінальні викрутки

Оригінальні викрутки включають:

Для регулювання теплових зазорів у механізмах газорозподілу;

Для регулювання теплових зазорів без використання щупів у механізмах газорозподілу;

Пристаосування для відкручування пробок з колінчастого вала двигуна;

Гранична викрутка (з обмеженням зусилля);

Для роботи з розподільником гідросистеми трактора;

Для швидкого відкручування гвинтів і шурупів;

З електроприводом.

Під час регулювальних операцій часто доводиться одночасно використовувати два інструменти: гайковий ключ і викрутку. У таких випадках зручно користуватися комбінацією цих інструментів. Використовуючи їх разом, можна виконати роботу з високою точністю і за короткий час. Нижче наведені приклади таких комбінацій.

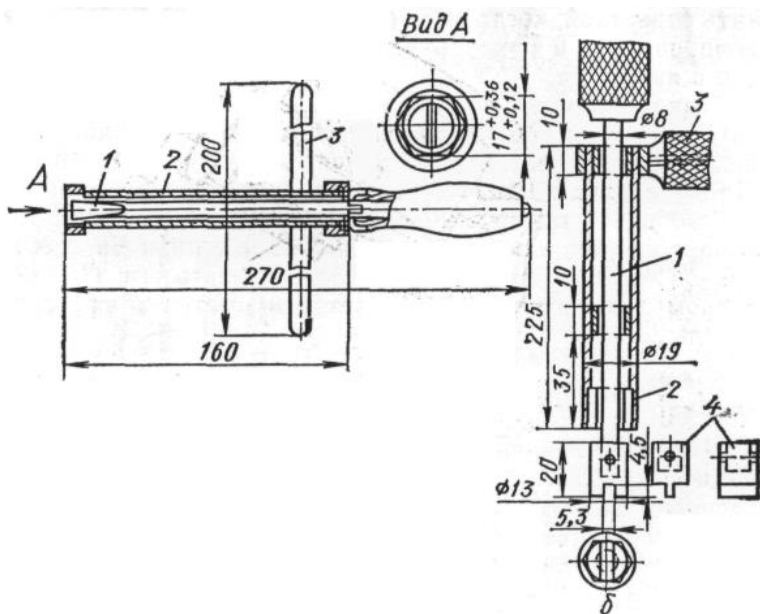


Рис. 1.33. Викрутки для регулювання теплових зазорів в механізмах газорозподілу:

*a* і *б* – варіанти; *1* – викрутка; *2* – торцевий ключ; *3* – вороток; *4* – наконечник.

Викрутки для регулювання теплових зазорів у механізмі газорозподілу двигунів внутрішнього згорання. Одна з таких викруток показана на рисунку 1.33, а. Вона складається з викрутки (1), вставленої в торцевий ключ (2) з воротком (3).

Інша викрутка, призначена для тієї ж мети, зображена на рисунку 1.33, б. Вона відрізняється від першої тим, що на кінці стержня (1) можна встановлювати змінні наконечники (4), які дозволяють обертати регулювальні болти з різними формами хвостовиків.

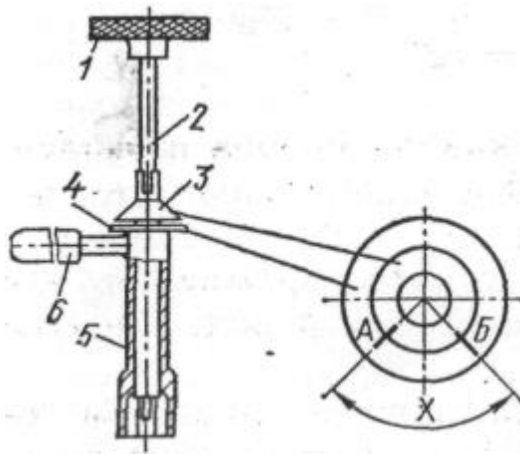


Рис. 1.34. Викрутка для регулювання без щупів теплових зазорів в механізмах газорозподілу:

1 – головка; 2 – викрутка; 3 – лімб; 4 – диск; 5 – торцевий ключ; 6 – ручка.

**Викрутка для регулювання теплових зазорів без використання щупа** в механізмі газорозподілу двигунів внутрішнього згорання зображена на рисунку 1.34. Вона складається з торцевого ключа (5) з ручкою (6). У середині ключа вставлена викрутка (2) з головою (1). На корпусі ключа встановлено нерухомий диск (4), а на викрутці — рухомий лімб (3), який тримається за рахунок сили тертя.

**Пристосування для викручування пробок з колінчастого вала двигуна ЗІЛ-130** значно полегшує роботу і захищає колінчастий вал від механічних пошкоджень. Це пристосування виготовляється зі старого шатуна двигуна ЗІЛ-130. Потрібно зігнути тіло шатуна (3), як показано на рисунку 1.35,

відрізати верхню головку і замість неї приварити стакан (6). Потім в отвір стакану вкручується гайка (7), яка служить опорою для рухомої гайки (5).

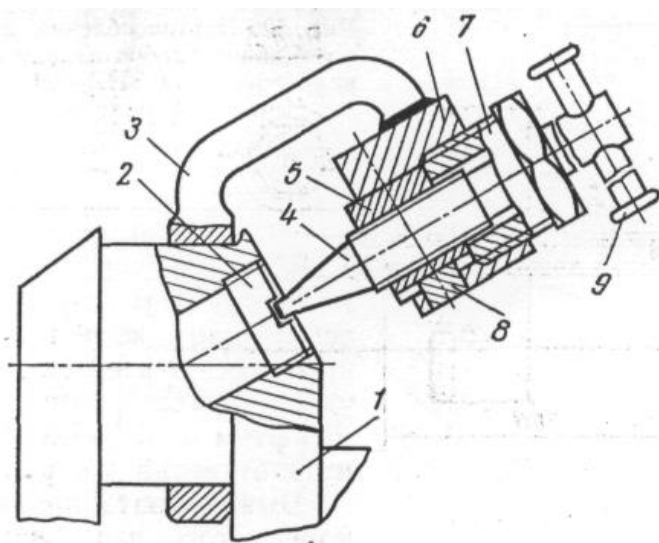


Рис. 1.35. Приспосіблення для викручування пробок із колінчастого вала двигуна ЗІЛ-130:

1 – колінчастий вал; 2 – пробка; 3 – шатун; 4 – викрутка; 5 – рухома гайка; 6 – стакан; 7 – гайка; 8 – штифт; 9 – ручка.

Крок різьби гайки має відповідати кроку різьби пробки (2). Гайка (5) має круглу форму і може переміщуватися вздовж осі стакану, але не може обертатися навколо неї, оскільки утримується штифтом (8). У гайку (5) вкручена викрутка (4) з ручкою (9).

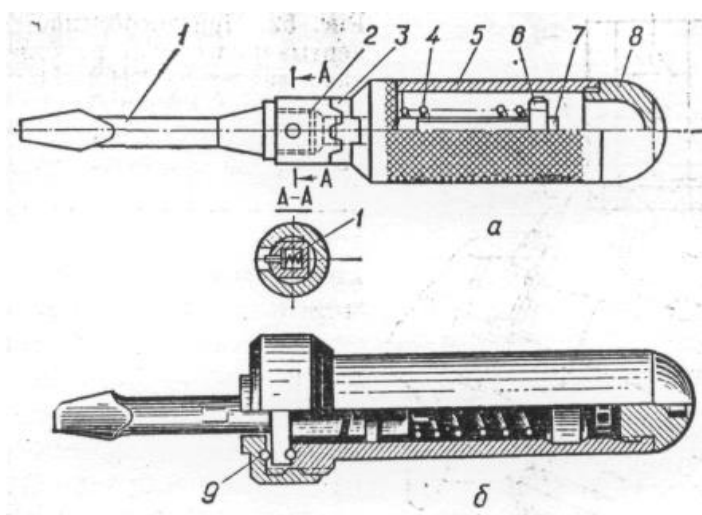


Рис. 1.36. Гранична викрутка:

*a* і *б* – варіанти; 1 – стержень з лезом; 2 – втулка; 3 – сухар; 4 – пружина; 5 – ручка; 6 – гайка; 7 – болт; 8 – кришка; 9 – шарик.

**Граничні викрутки** призначені для закручування гвинтів або шурупів із заданим зусиллям. Їх конструкція виглядає наступним чином:

Стержень з лезом (1) вставлений квадратним кінцем у втулку (2), яка виготовлена разом з болтом (7). На втулці (2) є нарізані зубці, які входять у зубці сухаря (3), вставленого в пази ручки (5). На болт (7) встановлена пружина (4), яка затягується гайкою (6). Ручка викрутки закрита кришкою (8).

У деяких моделях замість зубців використовують храповики з кульками (9) (рис. 1.36, б).

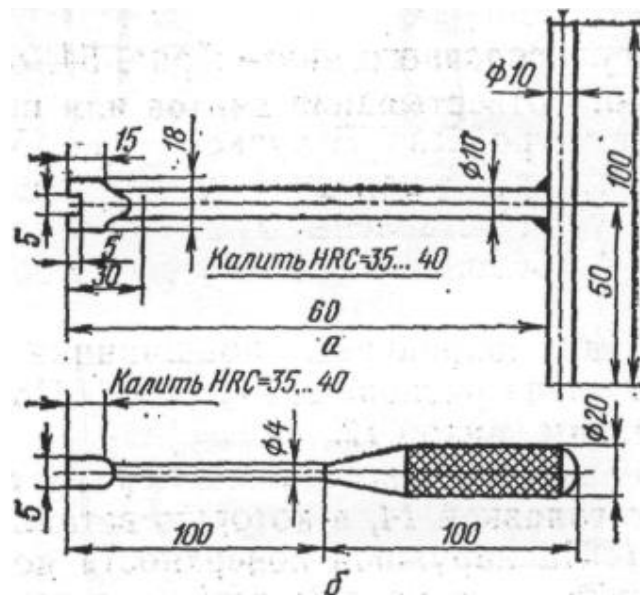


Рис. 1.37. Викрутки для роботи з розподільником гідросистеми трактора для загвинчування і відгвинчування:  
а – пробки золотника; б – регулювального гвинта.

**Викрутки для роботи з розподільником гідросистеми трактора.** На рисунку 1.37 зображені викрутки, які використовуються для загвинчування і відгвинчування пробки золотника (рис. 1.37, а) і регулювального гвинта (рис. 1.37, б).

**Викрутка для швидкого відгвинчування гвинтів і шурупів** має таку конструкцію: у ручці (9) запресована втулка (5) з прямим наковчанням на зовнішній поверхні. В середині втулки вставлені муфта (6) і вісь (7), з'єднані

між собою болтом (8). На осі (7) закріплені два шарикові підшипники (4), між якими встановлена розпірна втулка (11). Підшипники на осі фіксуються гайкою (12).

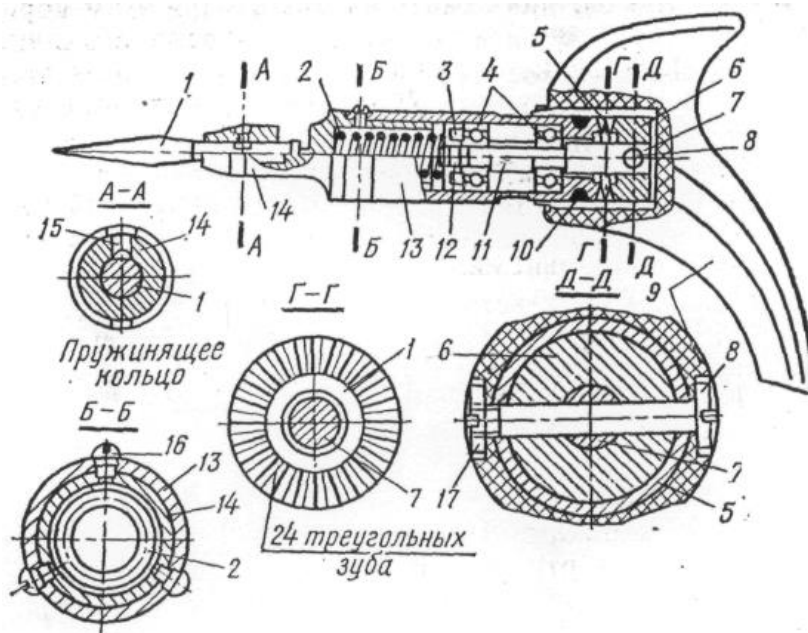


Рис. 1.38. Викрутка для швидкого відгвинчування гвинтів і шурупів:  
 1 – змінне лезо; 2 – пружина; 3, 5 і 11 – втулки; 4 – шарикові підшипники;  
 6 – муфта; 7 – вісь; 8 – болт; 9 – ручка; 10 – сальник; 12 і 17 – гайки;  
 13 – корпус; 14 – головка; 15 – фіксатор; 16 – гвинт.

На шарикових підшипниках обертається корпус (13), який з'єднаний гвинтами з головою (14), у яку вставляються змінні леза (1). На зовнішній поверхні корпуса (13) виконано накручування, а на правому торці — шліци, які мають ту ж форму, що й шліци муфти (6). В проточці корпуса встановлений войлоковий сальник (10), а всередині — спіральна пружина (2), яка через нажимну втулку (3) постійно віджимає корпус від ручки (9).

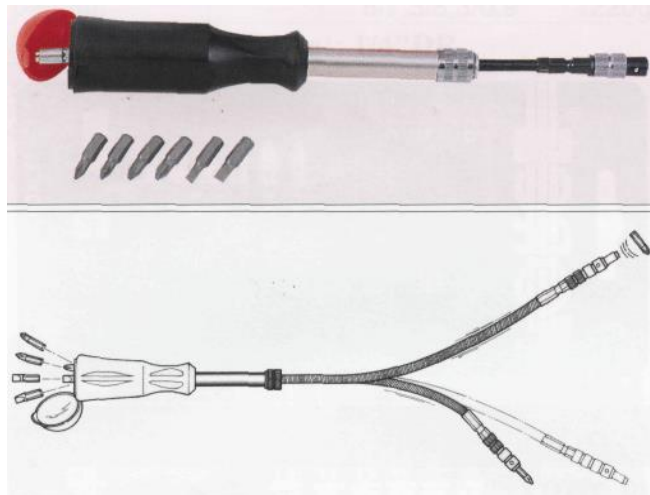


Рис. 1.39. Викрутка з електроприводом і гнучким валом.

Під час загвинчування і відгвинчування гвинтів і шурупів зручно користуватися викруткою з електроприводом і гнучким валом, зображеною на рисунку 1.39.

Завдяки електроприводу працівнику не потрібно прикладати великих зусиль, а гнучкий вал дозволяє використовувати викрутку в важкодоступних місцях. Змінні насадки роблять її універсальною і дозволяють використовувати інструмент у широкому діапазоні задач.

### 1.3 Класифікація головок для відгвинчування і загвинчування різьбових з'єднань

На сьогодні для відгвинчування і загвинчування різьбових з'єднань широко використовуються головки. Їх можна поділити на три основні види:

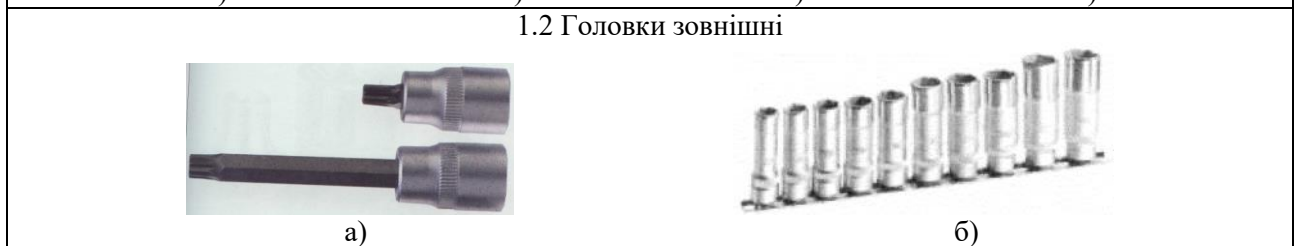
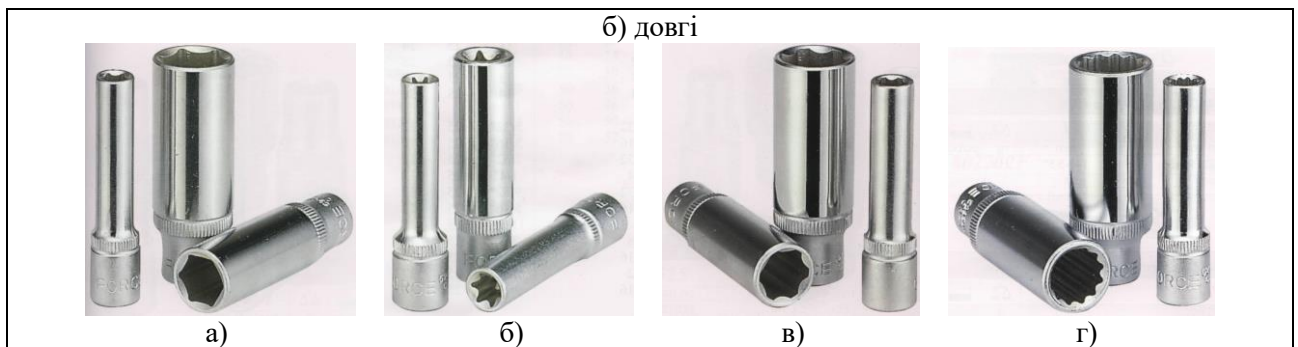
1. **Звичайні головки:**
  - Торцеві
  - Зовнішні
  - З карданом
2. **Силові головки.**
3. **Спеціальні головки:**

- Для гайок дизельних форсунок
- Для головок блока циліндрів
- Для гайок автомобільних стійок
- Вакуумні головки

Більш точна класифікація головок та їх вигляд наведені в таблиці 1.3.

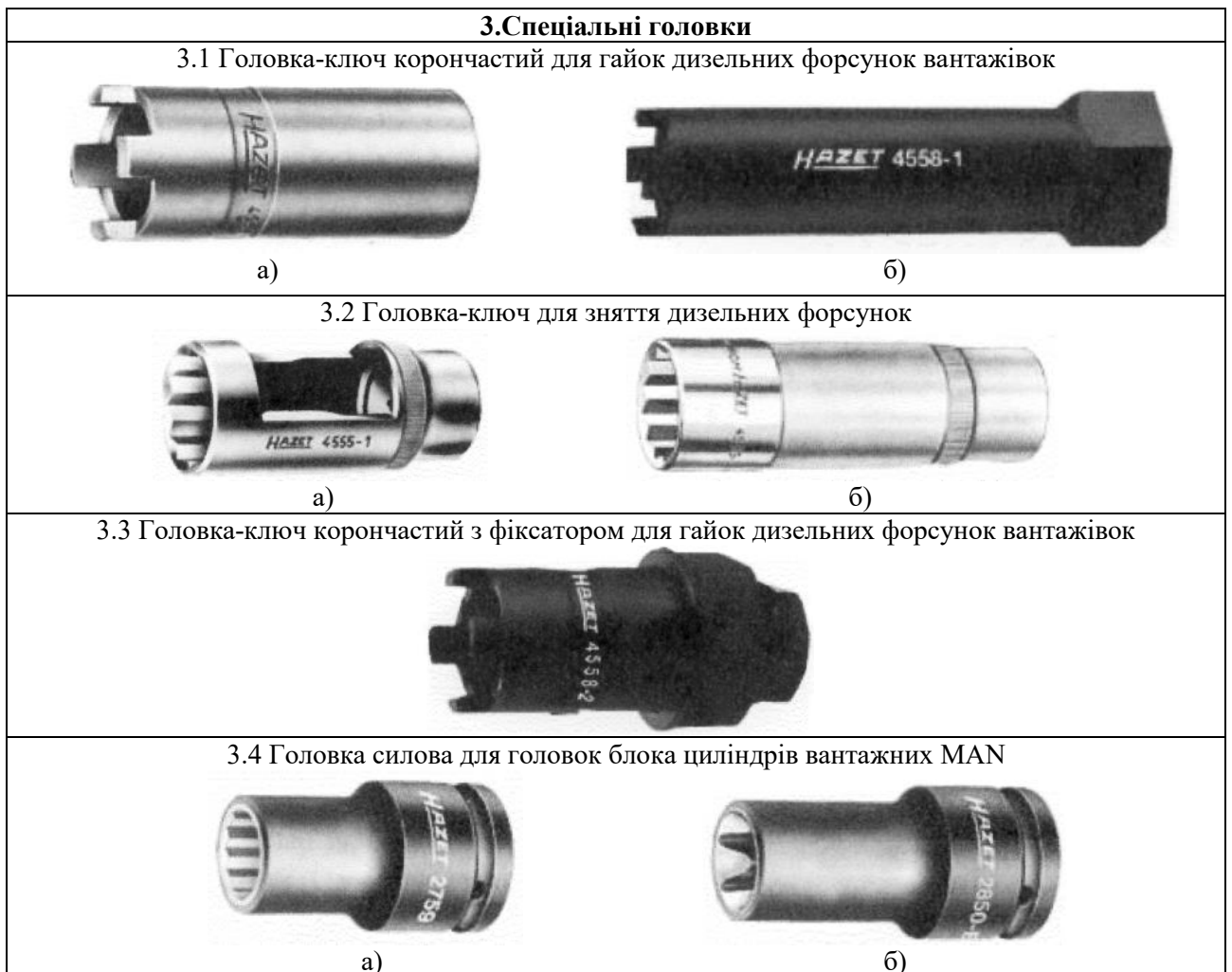


Продовження таблиці 1.3.

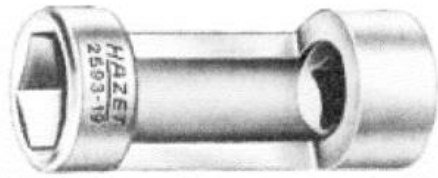




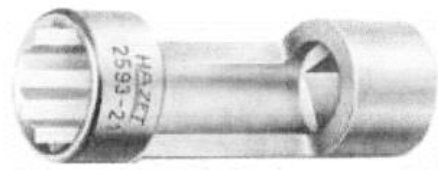
Продовження таблиці 1.3



### 3.5 Головка для гайок автомобільних стоек

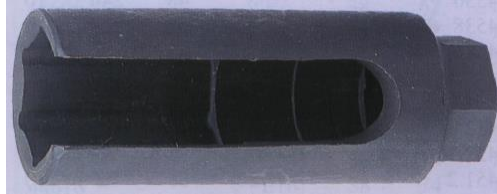


а)



б)

### 3.6 Вакуумна головка



Крім того, що показано в таблиці 1.3, головки мають значну різноманітність за довжиною.

Ручки та перехідники для головок використовуються ті ж самі, що і для викруток. Вони можуть мати розміри верхньої частини  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$  та  $\frac{3}{8}$  дюйма.

## **2. Методика визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників за геометричними параметрами**

Для виконання досліджень щодо порівняльного аналізу гайкових ключів за геометричними параметрами кафедра технічного сервісу і надійності машин представила 22 дослідних зразка комбінованих ключів від одинадцяти фірм-виробників.

Під час експлуатації гайкових ключів важливо, щоб ключ був зручний, якісний і надійний, оскільки це дозволяє зменшити затрати сили та часу на виконання роботи.

Для того щоб визначити, який ключ є найкращим, необхідно врахувати такі параметри:

Дійсний розмір відкритого зіву та кільця.

Глибина зіву.

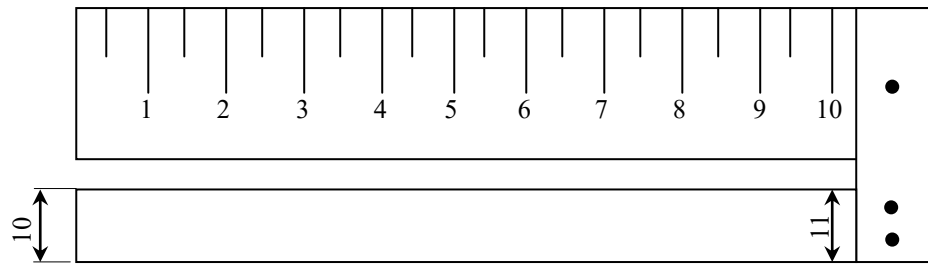
Вільний хід важеля в точці  $l=0,1l = 0,1$  м під дією моменту  $T=0,5T = 0,5$  Нм для відкритого зіву та кільця.

Вага ключа.

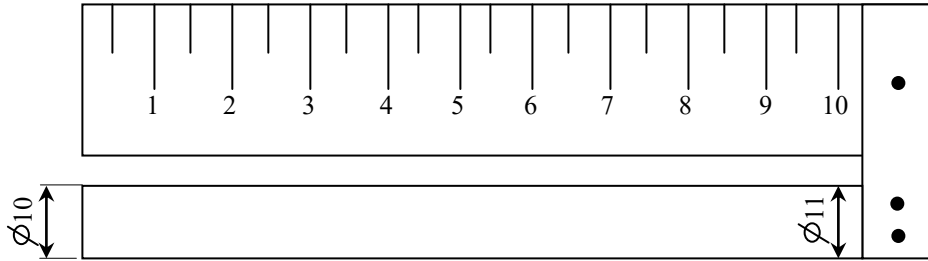
Нижче описано, як визначаються ці параметри та проводиться їх порівняльний аналіз.

Першим параметром, який було визначено, є дійсні розміри відкритого зіву і кільця ключа, для чого використовувалося спеціальне пристосування, зображене на рисунку 2.1.

Величина клина і конуса пристосування для визначення дійсних розмірів відкритого зіву і кільця на відстані 100 мм від початку змінюється від 10 мм до 11 мм. Лінійка-клин (рис. 2.1, а) призначена для вимірювання дійсних розмірів відкритого зіву, а лінійка-конус (рис. 2.1, б) — для вимірювання дійсних розмірів кільця.



а)



б)

Рис. 2.1. Приспосіблення для визначення дійсних розмірів відкритого зіву і кільця:  
*a* – лінійка-клин; *б* – лінійка-конус.

Під час проведення замірів відкритий зів насаджували на клин з обох сторін, визначали величину насаджування і за допомогою формули (2.1) обчислювали дійсний розмір зіву.

Формула для визначення дійсного розміру зіву може виглядати наступним чином:

$$S_{\text{клина}} = 10,050 + (a \cdot b); \quad (2.1)$$

де, *a* – збільшення величини клина на проміжку 1 мм, (*a* = 0,01 мм);

*b* – відстань, на яку зів зайшов на клин.

$$\text{Наприклад, } S_{\text{клина } 1 \text{ min}} = 10,050 + (0,01 \cdot 1) = 10,060 \text{ мм};$$

$$S_{\text{клина } 1 \text{ max}} = 10,050 + (0,01 \cdot 4) = 10,090 \text{ мм}.$$

Аналогічно провели заміри для кільця ключа, і за формулою 2.2 визначили його дійсний розмір.

$$S_{\text{конуса } 1} = 10,025 + (a \cdot b); \quad (2.2)$$

де,  $a$  – збільшення величини конуса на проміжку 1 мм, ( $a = 0,008864$  мм);

$b$  – відстань, на яку кільце зайшло на конус.

Наприклад,  $S_{\text{конуса } 1} = 10,025 + (0,008864 \cdot 59) = 10,548$  мм.

Після всіх замірів та обрахунків було створено рейтинг за розмірами відкритого зіву і кільця. За результатами цього аналізу найкращим вважався ключ, розмір якого найближче наблизений до 10 мм, оскільки цей параметр є оптимальним для ефективної роботи ключа.

Таким чином, ключі, які мали розмір відкритого зіву і кільця, найбільш відповідний цьому значенню, були віднесені до категорії найбільш зручних і ефективних для використання.

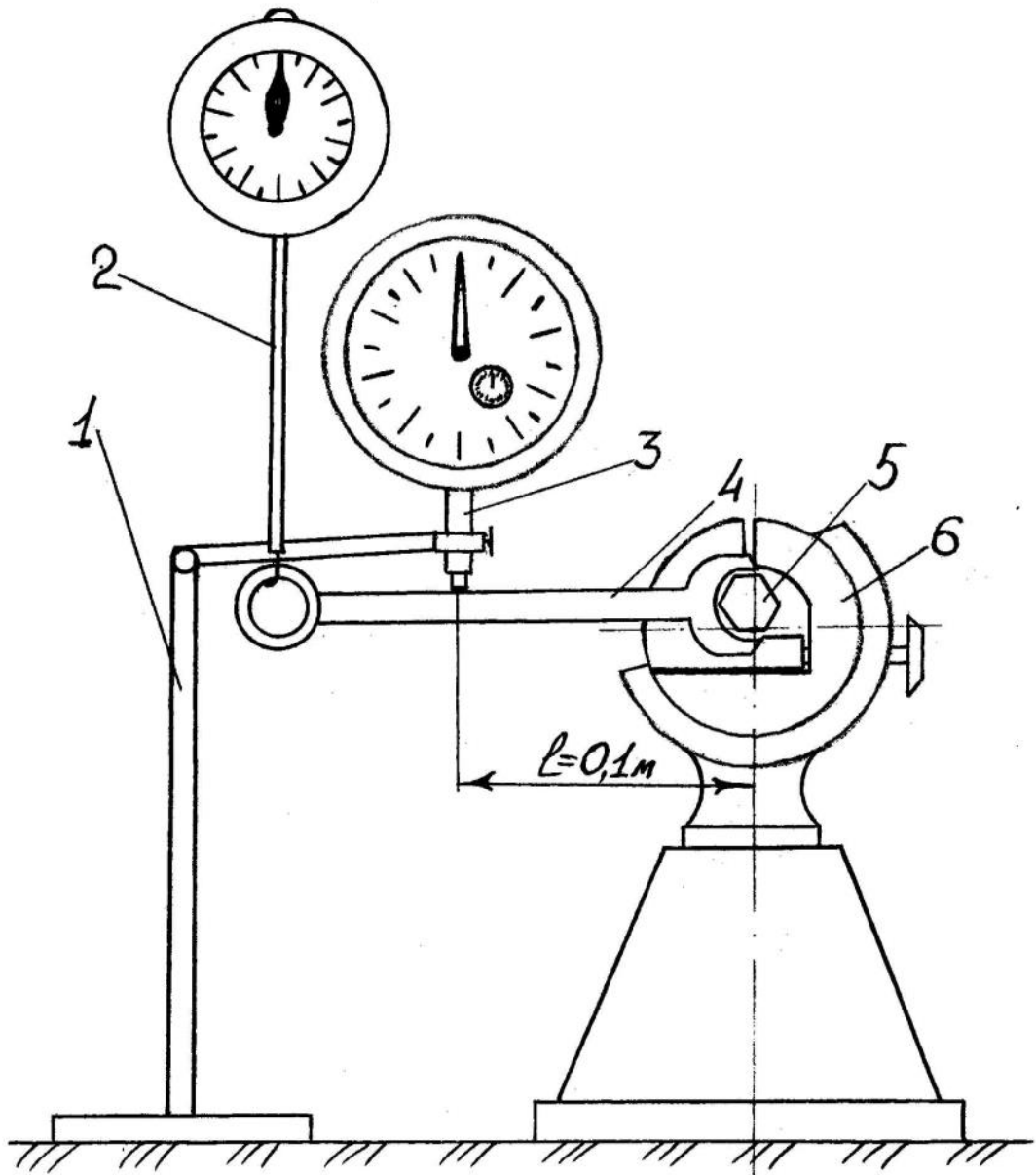


Рис. 2.2. Пристрій для визначення вільного ходу важеля в точці  $l=0,1\text{ м}$  під дією моменту  $T=0,5\text{ Нм}$ :  
 1 – тримач; 2 – динамометр; 3 – манометр; 4 – комбінований гайковий ключ; 5 – шестигранник; 6 – конусний тримач.

Після проведення всіх необхідних замірів і обчислень було створено рейтинг за кількома важливими параметрами комбінованих гайкових ключів, а саме:

1. **Розміри відкритого зіву та кільця** — ключ, розмір якого найближчий до 10 мм, вважався найкращим.

2. **Глибина зіву** — найкращим вважався ключ з найменшою глибиною зіву, оскільки це свідчить про зручність і ефективність роботи з ключем.

3. **Вага ключа** — найкращим вважався ключ з найменшою вагою, оскільки легші інструменти зручніші в експлуатації та знижують фізичне навантаження на працівника.

4. **Вільний хід важеля** — визначався за допомогою спеціального пристрою, і найкращим вважався ключ, у якого вільний хід важеля був найменшим при визначеному моменті.

Для визначення вільного ходу важеля використовувався спеціальний пристрій, що складався з динамометра, манометра та інших компонентів, які дозволяли точно виміряти відхилення при прикладенні визначеного зусилля. Вільний хід важеля вимірювався як відстань, на яку переміщувалась важільна частина ключа під дією певного моменту.

Після зібрання всіх даних по кожному ключу, результати були підсумовані та створено **загальний рейтинг**. Ключ, який мав найменшу суму балів за всіма критеріями (розміри зіву, глибина, вага, вільний хід), визнано найкращим.

Це дозволило визначити не тільки кращі параметри кожного ключа окремо, але й забезпечити загальний рейтинг для порівняння ключів від різних виробників, де найкращим вважався ключ з найменшою сумою оцінок.

### **3. Технологічне оснащення для визначення технічного стану комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників**

Для проведення досліджень комбінованих гайкових ключів та порівняльного аналізу їх технічних характеристик, кафедрою технічного сервісу і надійності машин було представлено 22 комбінованих гайкових ключі десятого розміру, виготовлені одинадцятьма різними фірмами-виробниками.

Серед них:

TONA

S&R

DRAPER TOOLS

KING TONY

TOPTUL

FORCE

STANLEY

КзСМІ (колін.)

КзСМІ (прямий)

SITOMO

GEDORE

DROP FORGED

Кожен з цих виробників надав по 2 зразки своїх комбінованих гайкових ключів, за винятком GEDORE та DROP FORGED, для яких було надано по 1 зразку.

Задача полягає в тому, щоб за допомогою спеціального технологічного оснащення визначити параметри кожного ключа для подальшого порівняльного аналізу. Технологічне оснащення включає в себе інструменти для вимірювання таких параметрів, як розмір відкритого зіву, глибина зіву, вага ключа та вільний хід важеля.

Для визначення параметрів комбінованих гайкових ключів використовувалися спеціальні вимірювальні прилади, що дозволяють точно отримувати необхідні дані для порівняльного аналізу. Ось як було організовано вимірювання:

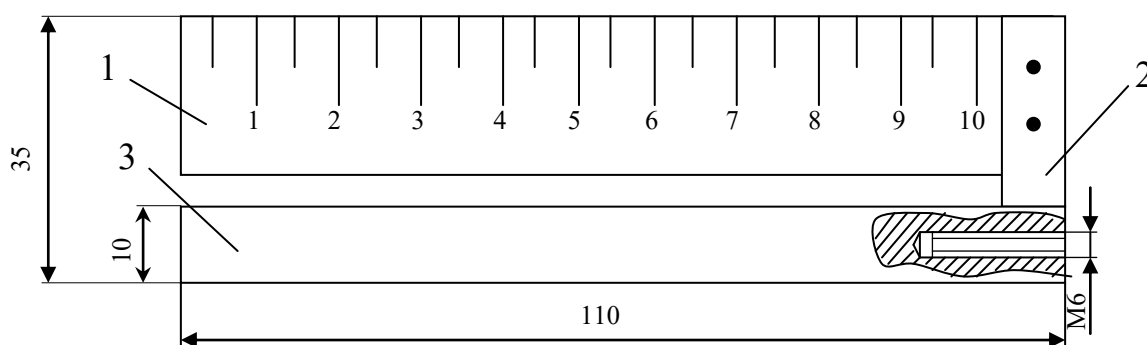
**Лінійка-клин:** Цей інструмент використовується для вимірювання дійсного розміру відкритого зіву гайкових ключів. Лінійка має довжину 110 мм, з розміщеною шкалою на 100 мм, і оснащена корпусом та клином, товщина якого змінюється від 10 мм до 11 мм на відстані 100 мм від початку. Це дозволяє точно виміряти розмір зіву, коли ключ насаджують на клин.

**Лінійка-конус:** Цей інструмент служить для вимірювання дійсних розмірів кільця ключа. Подібно до лінійки-клина, вона має довжину 110 мм і розміщену шкалу на 100 мм, а також корпус та конус, діаметр якого змінюється від 10 мм до 11 мм. Це забезпечує точність вимірювання розміру кільця ключа.

**Штангенциркуль:** Для вимірювання глибини зіву комбінованих гайкових ключів використовувався штангенциркуль, який дозволяє точно виміряти глибину за допомогою шкали та вимірювального губця.

**Терези:** Для визначення ваги ключів застосовувались терези, що дозволяють зважити кожен ключ для подальшого порівняння ваги різних моделей.

Це технологічне оснащення дозволяє точно визначити технічні параметри кожного зразка комбінованого гайкового ключа, що в подальшому використовується для порівняльного аналізу та визначення найкращих моделей.



a)

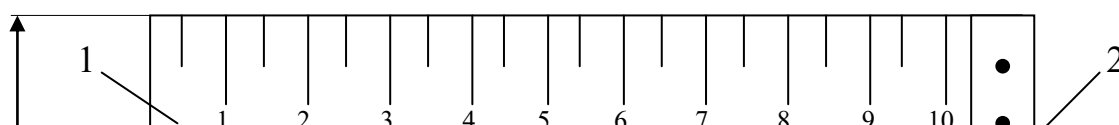


Рис. 3.1. Приспосіблення для визначення дійсних розмірів відкритого зіву і кільця:

*a* – лінійка-клин: 1 – лінійка; 2 – корпус; 3 – клин;  
*б* – лінійка-конус: 1 – лінійка; 2 – корпус; 3 – конус.

Для визначення вільного ходу важеля в точці  $l = 0,1$  м під моментом  $T = 0,5$  Нм відносно відкритого зіву та кільця ключів використовувалося пристосування, зображене на рисунку 3.2. Воно включає тримач 1 з рухомою верхньою частиною, динамометр 2 для вимірювання прикладеного моменту сили, манометр 3 для вимірювання вільного ходу важеля та конусний тримач 6, у який закріплений шестигранник 5. Шестигранник служить для установки комбінованого гайкового ключа відкритим зівом або кільцем під час проведення тесту.

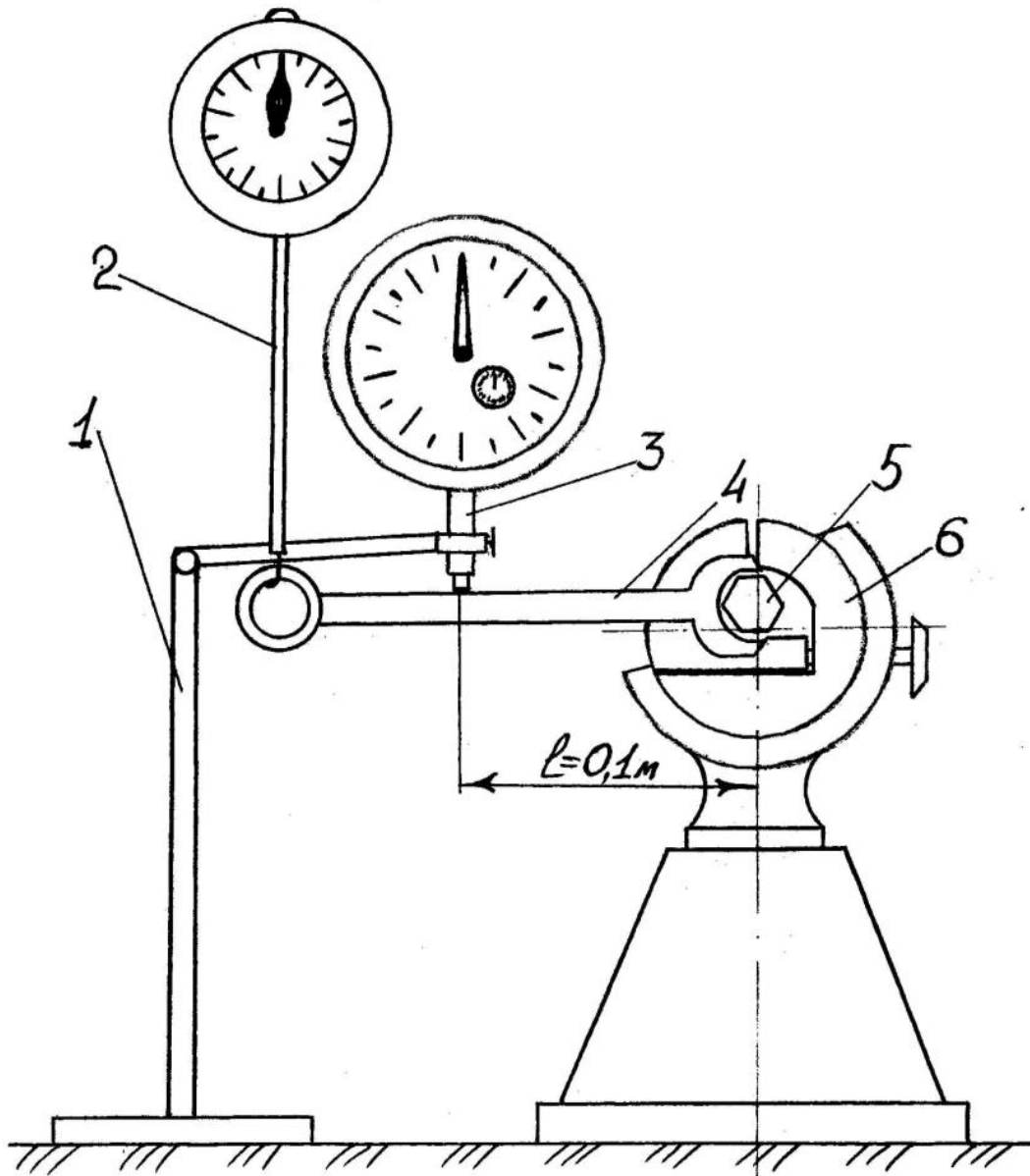


Рис. 3.2. Пристрій для визначення вільного ходу важеля в точці  $l=0,1\text{ м}$  під дією моменту  $T=0,5\text{ Нм}$ :  
 1 – тримач; 2 – динамометр; 3 – манометр; 4 – комбінований гайковий ключ; 5 – шестигранник; 6 – конусний тримач.

На аркуші формату А1 зображено стенд для випробування гайкових ключів, призначений для проведення досліджень на гайкових ключах різних асортиментів і розмірів.

Стенд складається з двигуна-редуктора 1, плити 2, на якій розташоване все обладнання, муфти 3, однієї опори 4 та двох опор 6 іншої конструкції. Додатково в стенд входять кривошип 5, два підшипники 7, гайковий імітатор 8,

навантажувальний пристрій 9, датчик результатів 10, показчик результатів 11, кнопки управління 12, пускове реле з реле захисту 13 та гиря 14.

Технічні характеристики двигуна-редуктора наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика двигун-редуктора.

№ п/п	ПАРАМЕТРИ	Показник	Один. вимір.
1.	Вага двигун-редуктора	18,9	кг
2.	Частота обертання	63	об/хв
3.	Потужність	0,75	кВт

Схема технологічного процесу випробовування ключів зображена на рисунку 3.3.

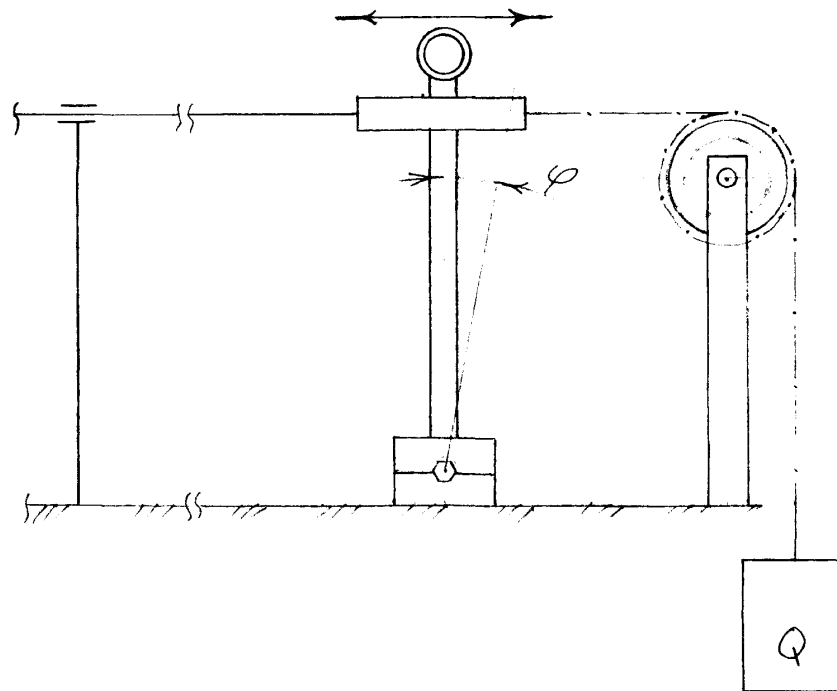


Рис.3.3. Схема технологічного процесу випробовування комбінованих гайкових ключів.

Стенд для тестування комбінованих гайкових ключів підключений до електричної мережі і функціонує таким чином. Досліджуваний ключ

вставляється в імітатор гайки 8. За допомогою кнопок управління 12 подається сигнал на пускове реле з системою захисту 13, що активує двигун-редуктор 1. Коли двигун включається, обертовий рух передається через муфту 3 на кривошип 5, перетворюючи його на поступальний рух.

Навантажувальний пристрій 9 створює ударні навантаження на ключ, сила яких регулюється гирею 14, і може варіюватися від 5 Н до 500 Н.

Датчик результатів 10 фіксує кількість ударних навантажень на ключ і передає ці дані на показчик результатів 11. Після того, як ключ ламається, показчик фіксує загальну кількість ударів.

#### **4. Результати досліджень визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників**

Після завершення всіх досліджень, вимірювань та розрахунків, результати були занесені в таблиці 4.1–4.3.

Таблиця 4.1 містить дані про визначення дійсних розмірів відкритого зіву та кільця 22 комбінованих гайкових ключів від одинадцяти фірм-виробників, отриманих за допомогою клина і конуса.

Аналізуючи ці результати, можна зробити висновок, що за рейтингом щодо розміру відкритого зіву найкращими є ключі таких виробників, як TONA №2, KING TONY №8, STANLEY №14 та GEDORE №15, з мінімальними значеннями розміру 10,05 мм і максимальними — 10,06 мм.

Другу позицію займають ключі фірм STANLEY №13 та TONA №1, у яких мінімальний розмір відкритого зіву становить 10,06 мм. Максимальні розміри у STANLEY №13 та TONA №1 — 10,07 мм і 10,09 мм відповідно, що дає їм четверте місце.

Третє місце займає ключ KING TONY №7 з мінімальним значенням 10,07 мм. За максимальним значенням цей ключ знаходиться на шостому місці з результатом 10,11 мм. За максимальним розміром відкритого зіву на третьому місці знаходиться ключ KING TONY №8 з результатом 10,08 мм.

Найгірші показники мають ключі фірми КЗСМІ (колін.) №16. За мінімальним значенням цей ключ посідає одинадцяте місце з результатом 10,21 мм, а за максимальним — 13-те місце з розміром 10,23 мм.

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика геометричних розмірів ключів.

Фірма виробник	№ ключа	Захід зів на клин, мм		Дійсний розмір зів, мм		Рейтинг за		Захід кільця на конус, мм	Дійсний розмір кільця, мм	Рейтинг за розміром кільця
		<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>			
TONA	1	1	4	10,06	10,09	2	4	59	10,548	6
	2	0	1	10,05	10,06	1	1	58	10,539	5
S&R	3	5	6	10,10	10,11	6	6	60	10,557	7
	4	4	4	10,09	10,09	5	4	60	10,557	7
DRAPER TOOLS	5	12	15	10,17	10,20	10	12	65	10,601	10
	6	18	21	10,23	10,26	12	14	63	10,583	9
KING TONY	7	2	6	10,07	10,11	3	6	58	10,539	5
	8	0	3	10,05	10,08	1	3	61	10,566	8
TOPTUL	9	9	11	10,14	10,16	9	10	61	10,566	8
	10	4	6	10,09	10,11	5	6	63	10,583	9
FORCE	11	4	7	10,09	10,12	5	7	59	10,548	6
	12	6	8	10,11	10,13	7	8	60	10,557	7
STANLEY	13	1	2	10,06	10,07	2	2	56	10,521	3
	14	0	1	10,05	10,06	1	1	56	10,521	3
GEDORE	15	0	1	10,05	10,06	1	1	43	10,406	1
КзСМІ (колін.)	16	16	18	10,21	10,23	11	13	69	10,637	11
КзСМІ (колін.)	17	5	7	10,10	10,12	6	7	70	10,645	12
КзСМІ (прямий)	18	12	12	10,17	10,17	10	11	78	10,716	13
КзСМІ (прямий)	19	5	9	10,10	10,14	6	9	70	10,645	12
SITOMO	20	7	9	10,12	10,14	8	9	54	10,504	2
SITOMO	21	20	21	10,25	10,26	13	14	57	10,530	4
DROP FORGED	22	3	5	10,08	10,10	4	5	65	10,601	10

Відкритий зів комбінованих гайкових ключів фірми DRAPER TOOLS №6 має мінімальний розмір 10,23 мм, що ставить його на дванадцяте місце, а максимальний — 10,26 мм, що відповідає чотирнадцятому місцю. Найгірший результат у ключа SITOMO №21 з мінімальним розміром 10,25 мм (тринадцяте місце) та максимальним розміром 10,26 мм (чотирнадцяте місце).

Ще одним параметром, за яким оцінювали комбіновані гайкові ключі, є дійсний розмір кільця. Найкращим за цим показником є ключ фірми GEDORE №15, діаметр кільця якого становить 10,406 мм. Друге місце займає ключ SITOMO №20 з кільцем діаметром 10,504 мм. Третє місце займають два ключі фірми STANLEY (№13 та №14), у яких однаковий результат — 10,521 мм.

Найгірші показники за дійсним розміром кільця мають ключі фірми КзСМІ. Ключ №16 КзСМІ (колін.) з результатом 10,637 мм займає одинадцяте місце. Ключі КзСМІ (колін.) №17 та КзСМІ (прямий) №19 з діаметром кільця 10,645 мм посідають дванадцяте місце. Ключ КзСМІ (прямий) №18 має найбільший розмір кільця 10,716 мм і займає останнє, тринадцяте місце.

В таблиці 4.2, що містить "Контрольовані параметри ключів", оцінювались такі характеристики, як глибина зіву, вага ключа та вільний хід важеля в точці  $l = 0,1$  м під дією моменту  $T = 0,5$  Нм відносно кільця та відкритого зіву.

Щодо глибини зіву, найменшу має ключ КзСМІ (прямий) №19, що становить 9,6 мм. Трохи більшу глибину — 10,1 мм мають ключі KING TONY №8, КзСМІ (колін.) №16 і №17. Ще більшу глибину зіва, а саме 10,2 мм, мають ключі FORCE №12 та SITOMO №20. Найбільші значення глибини зіву у ключів S&R: №4 — 12,5 мм та №3 — 12,6 мм.

Вільний хід важеля в точці  $l = 0,1$  м під дією моменту  $T = 0,5$  Нм є важливим показником при оцінюванні комбінованих гайкових ключів.

Таблиця 4.2 – Контрольовані параметри ключів.

Фірма виробник	№ ключа	Глибина зів, мм	Рейтинг за глибиною зів ( <i>min</i> )	Вільний хід важеля в точці $l=0,1\text{м}$ під дією моменту $T=0,5\text{Нм}$ , мм		Рейтинг за вільним ходом важеля ( <i>min</i> )		Вага ключа, г	Рейтинг за вагою ( <i>min</i> )
				кільця	відкритого зів	кільця	відкр. зів		
TONA	23	11,6	14	8,84	5,63	19	12	40,50	13
	24	11,8	15	9,55	3,21	21	3	40,00	12
S&R	25	12,6	18	8,11	4,90	15	9	55,10	19
	26	12,5	17	$\geq 10,00$	3,96	22	5	55,65	20
DRAPER TOOLS	27	10,7	8	7,46	7,11	9	17	37,35	8
	28	10,7	8	7,56	$\geq 10,00$	10	19	39,75	11
KING TONY	29	10,9	9	7,28	4,05	7	6	41,80	14
	30	10,1	2	8,33	2,52	17	1	42,30	15
TOPTUL	31	11,5	13	6,73	5,69	5	13	43,65	16
	32	11,3	12	5,81	4,30	3	7	43,65	16
FORCE	33	10,6	7	8,91	5,77	20	14	38,00	9
	34	10,2	3	7,85	5,40	14	10	39,00	10
STANLEY	35	10,5	6	8,41	$\geq 10,00$	18	19	36,13	6
	36	10,4	5	8,29	3,29	16	4	36,13	6
GEDORE	37	11,2	11	1,50	2,78	1	2	31,10	1
КзСМІ (колін.)	38	10,1	2	7,73	$\geq 10,00$	12	19	50,60	18
КзСМІ (колін.)	39	10,1	2	7,63	7,43	11	18	50,17	17
КзСМІ (прямий)	40	11,1	10	7,75	7,03	13	16	31,97	2
КзСМІ (прямий)	41	9,6	1	7,37	6,23	8	15	36,37	7
SITOMO	42	10,2	3	7,19	5,62	6	11	35,98	5
SITOMO	43	10,3	4	6,44	$\geq 10,00$	4	19	34,98	4
DROP FORGED	44	12,0	16	4,34	4,33	2	8	33,58	3



Мінімальний хід важеля відносно відкритого зіву у досліджуваних комбінованих гайкових ключів має ключ фірми KING TONY №8, який складає 2,52 мм. На другому місці знаходиться ключ фірми GEDORE №15 з вільним ходом 2,78 мм. Третє місце за цим показником займає ключ фірми TONA №2, у якого вільний хід становить 3,21 мм.

Серед найгірших результатів у цьому параметрі виділяються ключі фірм DRAPER TOOLS №6, STANLEY №13, КЗСМІ (колін.) №16 і SITOMO №21, які займають останнє дев'яте місце і мають вільний хід важеля  $\geq 10,00$  мм.

Що стосується вільного ходу важеля кільця, то найменший він у ключа фірми GEDORE №15, який складає 1,5 мм. За ним слідує ключ фірми DROP FORGED №22 з вільним ходом 4,34 мм. На третьому місці знаходиться ключ фірми TOPTUL №10 з вільним ходом 5,81 мм.

Найбільший вільний хід важеля кільця мають ключі фірми FORCE №11 (8,91 мм), TONA №2 (9,55 мм) і S&R №4 ( $\geq 10,00$  мм), який займає останнє місце в рейтингу.

Останнім параметром, який оцінювався в таблиці 4.2, є вага ключа. Найменшу вагу має ключ фірми GEDORE №15 — 31,10 г. На другому місці знаходиться ключ фірми КЗСМІ (прямий) №18 з вагою 31,97 г, а на третьому — ключ фірми DROP FORGED №22 з вагою 33,58 г.

До найважчих ключів за результатами досліджень відносяться ключі КЗСМІ (колін.) №16 з вагою 50,60 г, S&R №3 з вагою 55,10 г та найважчий ключ S&R №4, вага якого складає 55,65 г, що ставить його на останнє місце в рейтингу.

Загальний рейтинг ключів за основними геометричними параметрами представлений у таблиці 4.3, яка була складена на основі цих результатів.

Таблиця 4.3 – Загальний рейтинг ключів за основними геометричними параметрами.

Фірма виробник	№ ключа	Рейтинг за глибиною з'ява	Рейтинг ключів за						Сума	Загальний рейтинг ( <i>min</i> )
			розміром з'ява		розміром кільця	вагою	ходом кільця	ходом з'ява		
			<i>min</i>	<i>max</i>						
TONA	1	14	2	4	6	13	19	12	56	9
	2	15	1	1	5	12	21	3	43	5
S&R	3	18	6	6	7	19	15	9	62	13
	4	17	5	4	7	20	22	5	63	14
DRAPER TOOLS	5	8	10	12	10	8	9	17	66	16
	6	8	12	14	9	11	10	19	75	18
KING TONY	7	9	3	6	5	14	7	6	41	4
	8	2	1	3	8	15	17	1	45	6
TOPTUL	9	13	9	10	8	16	5	13	61	12
	10	12	5	6	9	16	3	7	46	7
FORCE	11	7	5	7	6	9	20	14	61	12
	12	3	7	8	7	10	14	10	56	9
STANLEY	13	6	2	2	3	6	18	19	50	8
	14	5	1	1	3	6	16	4	31	2
GEDORE	15	11	1	1	1	1	1	2	7	1
КзСМІ (колін.)	16	2	11	13	11	18	12	19	84	19
КзСМІ (колін.)	17	2	6	7	12	17	11	18	71	17
КзСМІ (прямий)	18	10	10	11	13	2	13	16	65	15
КзСМІ (прямий)	19	1	6	9	12	7	8	15	57	10
SITOMO	20	3	8	9	2	5	6	11	41	4
SITOMO	21	4	13	14	4	4	4	19	58	11
DROP FORGED	22	16	4	5	10	3	2	8	32	3 <sup>84</sup>

У результаті підсумування всіх рейтингів комбінованих гайкових ключів, було визначено загальний рейтинг, де найкращим вважався ключ із найменшою сумою балів. Важливо зазначити, що рейтинг за глибиною зіву не враховувався, оскільки цей параметр не є визначальним для оцінки якості гайкових ключів.

Згідно з таблицею 4.3, ключ фірми GEDORE №15 виявився найкращим, отримавши суму балів 7. На другому місці розташувався ключ фірми STANLEY №14 з сумою 31, а на третьому — ключ фірми DROP FORGED №22, чия сума балів становить 32.

До найгірших ключів за загальним рейтингом потрапили:

Ключ фірми КЗСМІ (колін.) №17 із сумою балів 71, що займає 17-те місце;

Ключ фірми DRAPER TOOLS №6, сума рейтингів якого становить 75, що ставить його на 18-те місце;

Найгіршим ключем є КЗСМІ (колін.) №16 з сумою 84 бали, який займає 19-те місце.

## 5. Охорона праці

### 5.1 Моделювання процесів виникнення аварій і травм

Для моделювання ймовірності виникнення аварій та травм при роботі зі стендом для випробувань комбінованих гайкових ключів використовуємо метод логічного моделювання процесів, що визначають виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків. Цей метод дозволяє через побудову "дерева" відмов та помилок оператора різних систем виконувати математичну обробку моделі для оцінки ймовірності випадкових подій, таких як травма, аварія чи катастрофа. Обчислення рівня небезпеки спрямовані на покращення конструкції стенда, зниження небезпеки та вжиття необхідних заходів для усунення небезпек з високим рівнем ризику.

Метод "дерева відмов" або "дерево несправностей та помилок оператора" використовується для аналізу складних систем. Моделювання процесів, що призводять до аварій та травм, може бути здійснене шляхом побудови "дерева" відмов та помилок оператора в людино-машинних системах, зокрема у сільському господарстві. Для цього створимо логіко-імітаційну модель травм при роботі зі стендом для випробувань комбінованих гайкових ключів.

Основною небезпекою при роботі зі стендом є ураження електричним струмом. Якщо взяти це як головну подію і пов'язати її з наступними подіями, що спричиняють її виникнення через логічні оператори "І", "АБО" та інші, то можна сформулювати ланцюг подій, з яких і утворюється головна подія: ураження електричним струмом. Ця модель нагадує структуру дерева, що й пояснює її назву "дерево відмов і помилок". Кінцеві події в моделі є базовими.

Зазвичай, побудова моделі починається з головної події — ураження електричним струмом, і потім йдуть події, які спричиняють її, розташовані

зверху вниз до базових подій. Кожен етап моделювання позначається певним блоком, що означає подію або етап побудови моделі:

Головна подія — відмова або травма системи;

Послідовність подій, що призводять до відмови системи;

Логічні оператори "І", "АБО" та інші для зв'язку подій;

Прямокутник — подія, що виникає як результат дії оператора;

Базові події зображуються як кружечки з написами і є кінцевими точками моделі;

Ромб — нерозкрита подія, що потребує додаткових досліджень.

Процес виникнення ураження електричним струмом (головна подія) пов'язаний із серією інших подій: пробивання на корпусі стенда, пошкодження ізоляції, неправильне підключення до мережі, перегрів дроту, механічні пошкодження тощо. Всі ці події виникають через інші базові події, які стосуються стану контролю чи професійного рівня працівників.

Рис. 5.1. Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травми у працюючого при роботі із стендом для випробування

комбінованих гайкових ключів:

1,2,3,...,12,13 – номери подій; 0,3; 0,5... – ймовірності подій.

Контроль за станом ізоляції силового дроту є базовою подією 2, і вона впливає на попередження таких подій, як механічне пошкодження або перегрів. Базова подія 2 пов'язана з неправильним розрахунком діаметру дроту під час конструювання стенда, що може призвести до аварійних ситуацій.

Базова подія 4, що відноситься до "стану контролю", для події 6 (механічне пошкодження) передбачає контроль стану ізоляції силового дроту. Це необхідно для запобігання можливим механічним ушкодженням, які можуть виникнути через неправильний монтаж чи використання устаткування.

Базова подія 5 стосується професіоналізму при виконанні робіт у зоні силового кабелю. Це важливо, оскільки низький рівень професійної підготовки може призвести до пошкодження кабелю і виникнення небезпечних ситуацій.

Базова подія 8, яка стосується "стану контролю", впливає на подію 10 — неправильне під'єднання стенда. Вона пов'язана з необхідністю належного контролю за станом стенда (ЩТО), що допомагає уникнути помилок при підключенні обладнання.

Базова подія 9, що відноситься до професійного рівня працівників, визначає правильність підключення стенда до мережі. Без належної кваліфікації оператора, підключення може бути здійснене неправильно, що спричинить аварійну ситуацію.

## 5.2 Оцінка рівня безпеки виникнення аварій і травм

Методика оцінки рівня безпеки на робочих місцях, в машинах, виробничих процесах та на окремих виробництвах передбачає пошук об'єктивного критерію для оцінки безпеки конкретного об'єкта. Таким критерієм є ймовірність виникнення аварій або травм, яка залежить від аналізованого явища.

Для оцінки безпеки стенда для випробувань комбінованих гайкових ключів можна застосувати метод розрахунку ймовірності виникнення випадкових подій, який широко використовується в міжнародній інженерній практиці.

Ймовірність базових подій визначається на основі даних виробничих процесів. Наприклад, для події "стан контролю охорони праці" ймовірність визначається залежно від того, на який відсоток контроль на об'єкті відповідає ідеальному рівню. Якщо рівень контролю становить 30%, то ймовірність буде

дорівнювати 0,3. Якщо контроль повністю відсутній, ймовірність становить 1, а при ідеальному контролі — 0.

Для подій, пов'язаних з контролем (1, 4, 8), ймовірність встановлюється на рівні 0,3, а для подій, що стосуються професійного рівня (2, 5, 9), ймовірність дорівнює 0,5.

Після цього модель (рис. 5.1) готова для математичної обробки. Для розрахунку ймовірностей випадкових подій в логіко-імітаційній моделі використовуються відповідні математичні формули.

Для оцінки ймовірності травм буде використана логіко-імітаційна модель, яка враховує процеси виникнення травм і дозволяє визначити загальну ймовірність їх виникнення.

1. Ймовірність події P3:

$$P3 = P1 + P2 - P1 \cdot P2 \quad (5.1)$$

Умовно прийнемо, що ймовірність базових подій  $P1 = 0.3$ , а  $P2 = 0.5$ .

Підставивши дані ймовірностей базових подій, одержимо:

$$P3 = 0.3 + 0.5 - 0.3 \cdot 0.5 = 0.65$$

Слід зауважити, що обчислення ймовірностей випадкових подій проводяться відповідно до положень булевої алгебри [15].

Аналогічно обчислюємо ймовірність інших подій залежно від їх номера.

$$P6 = P4 + P5 - P4 \cdot P5 = 0.65; \quad (5.2)$$

$$P7 = P3 + P6 - P3 \cdot P6 = 0.87; \quad (5.3)$$

$$P10 = P8 + P9 - P8 \cdot P9 = 0.65; \quad (5.4)$$

$$P11 = P7 + P10 - P7 \cdot P10 = 0.95; \quad (5.5)$$

$$P13 = P11 \cdot P12 = 0.095. \quad (5.6)$$

Отже, на робочому місці, де використовується стенд для випробувань гайкових ключів, з урахуванням виявлених недоліків у сфері охорони праці, що відображені в базових подіях, на 100 таких робочих місць можна очікувати 9,5 травм.

На цьому робочому місці можуть існувати й інші недоліки, що призводять до травм з інших причин. Проте ймовірними складовими цих травм є фактори, як-от неефективний контроль або недостатній професійний рівень знань працівників. У такому випадку необхідно побудувати відповідну модель і провести відповідні обчислення для оцінки цих ризиків.

### 5.3 Запобігання небезпечним ситуаціям

Для попередження небезпечних ситуацій під час роботи зі стендом для випробувань гайкових ключів необхідно підвищити професійний рівень працівників та конструкторів, які розробляли це обладнання, покращити контроль під час технічних оглядів, а також значно вдосконалити інструктажі з безпеки праці та контроль за їх дотриманням.

Якщо ці недоліки будуть усунуті (підвищення кваліфікації працівників, поліпшення контролю на технічних оглядах), то повторний розрахунок у моделі продемонструє, що рівень безпеки буде наближатися до нуля, а рівень безпеки — до одиниці.

Визначення ймовірності використовується при розробці заходів впливу на працівників, які часто допускають небезпечні дії, а також для стимулювання тих, на робочих місцях яких ймовірність виникнення травм чи аварій дуже низька.

Це свідчить про необхідність доступного, простого та ефективного методу прогнозування аварій та травм на робочих місцях. При розробці системи управління безпекою життєдіяльності важливо передбачити ефективну оцінку стану охорони праці та систему стимулювання працівників. У новій системі варто використовувати об'єктивний метод оцінки стану охорони праці, розраховуючи ймовірність виникнення травми або аварії на певному робочому місці.

Для зменшення кількості небезпечних ситуацій та травм при роботі зі стендом для випробувань комбінованих гайкових ключів необхідно розробити чіткі правила техніки безпеки:

до роботи із стендом допускаються лише фізично здорові особи віком від 18 років, які пройшли навчання та інструктаж;

під час обслуговування стенда (заміни ключів, регулювання) необхідно вивішувати таблички "не вмикати" біля пускової кнопки;

не можна працювати зі стендом, якщо відсутнє заземлення;

не слід торкатися голими руками струмовідвідних частин та проводів.

Для запобігання виникненню пожеж необхідно розробити правила протипожежної безпеки. Важливо враховувати основні причини пожеж, зокрема:

займання горючих та легкозаймистих матеріалів;

незадовільний стан заземлення;

порушення правил монтажу та експлуатації електричних пристроїв;

несправність опалювальних приладів і порушення правил їх експлуатації.

Приміщення повинні бути обладнані евакуаційними шляхами і виходами належного розміру, а також засобами пожежогасіння. На горищах категорично забороняється зберігання горючих матеріалів, і ці приміщення повинні бути закриті на замок.

## Висновки

У цій роботі досліджено інструменти та обладнання від провідних виробників, таких як FORCE, HAZET та деякі вітчизняні компанії, що застосовуються для розбирання різьбових з'єднань. На основі цього проведено класифікацію інструментів, пристроїв і допоміжних засобів для виконання цієї роботи. Усі інструменти було розподілено на три основні групи: гайкові ключі, викрутки та головки, які, в свою чергу, діляться на кілька підкатегорій.

У роботі також описано методику визначення технічного стану комбінованих гайкових ключів різних виробників та проведено порівняльний аналіз їх геометричних характеристик. Зокрема, розглянуто методику вимірювання фактичних розмірів відкритого зіву та кільця ключів, глибини відкритого зіву, ваги ключа та вільного ходу важеля в точці  $l = 0,1$  м під дією моменту  $T = 0,5$  Нм відносно відкритого зіву і кільця ключа.

Представлено перелік обладнання, необхідного для визначення технічного стану комбінованих гайкових ключів, а також описано конструкцію клина та конуса для вимірювання розмірів зіву і кільця ключів, а також пристрою для вимірювання вільного ходу важеля. Окрім того, детально описано будову і принцип роботи стенда для випробовування комбінованих гайкових ключів.

Результати дослідження технічного стану та порівняльного аналізу ключів від різних виробників були опрацьовані на базі 22 дослідних зразків комбінованих гайкових ключів одинадцяти фірм. Під час оцінювання ключів за вищезазначеними показниками, найкращим виявився ключ №15 фірми GEDORE з рейтингом 7 балів, друге місце зайняв ключ №14 фірми STANLEY з 31 балом, а третє — ключ №22 фірми DROP FORGED з 32 балами.

До найбільш низьких за рейтингом віднесено ключі фірм КЗСМІ (колін.) №17, DRAPER TOOLS №6, а найгіршим за результатами досліджень визнано ключ №16 фірми КЗСМІ (колін.) з 84 балами.

Також була побудована логіко-імітаційна модель виникнення травми у працівника при роботі зі стендом для випробовування гайкових ключів. За результатами моделювання, на 100 робочих місць можна очікувати 9,5 травм, враховуючи наявні недоліки з охорони праці, відображені в базових подіях.

