

Шифр «Ключі»

**Наукова робота**

**на тему:**

**«Дослідження ресурсу гайкових ключів »**

## Зміст

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Зміст .....                                                                                                                                | 2  |
| ВСТУП.....                                                                                                                                 | 3  |
| 1. Класифікація інструменту, пристроїв та пристосіблення для розбирання<br>різьбових з'єднань.....                                         | 5  |
| 2. Експериментальні дослідження технічного стану комбінованих гайкових<br>ключів .....                                                     | 7  |
| Рис. 2.4. Визначення дійсних розмірів відкритого зіву і кільця:.....                                                                       | 10 |
| 3. Технологічне оснащення для визначення технічного стану комбінованих<br>гайкових ключів різних фірм .....                                | 16 |
| 4. Результати досліджень визначення технічного стану та порівняльного<br>аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм- виробників..... | 20 |
| 4.1 Результати випробування ключів за максимальним крутним моментом .....                                                                  | 26 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....                                                                                                                     | 29 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                                                                           | 31 |

## ВСТУП

Для виконання кріпильних і розбирально-скаладальних робіт використовують різноманітні інструменти, пристрої та пристосування.

Одним із основних факторів надійності різьбового з'єднання є умови затягування різьбових деталей.

Зусилля затягування різьбових з'єднань – досить важливий фактор. Недостатнє зусилля призводить до порушення щільності з'єднання, особливо негативно воно впливає на різьбове з'єднання, яке сприймає змінні навантаження, наприклад шатунні болти.

Під час всіх кріпильних операцій потрібно користуватися накидними і торцевими ключами: вони краще тримаються на гайках і зручні в користуванні.

Правильно виготовлені ключі витримують не менше трьох плавних випробувальних навантажень без зміни встановлених розмірів

**Мета роботи-** визначити найбільш якісний інструмент та його виробника за різними показниками.

### ***Завдання дослідження:***

- прокласифікувати інструмент, пристрої та пристосування для розбирання різьбових з'єднань.

- розробити методику визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників за геометричними параметрами.

- вибрати та описати технологічне оснащення для визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників.

- виконати методику визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників за геометричними параметрами. Після отримання результатів досліджень

- опрацювати їх, визначивши за рейтинговою оцінкою найкращих фірм-виробників.

**Об’єкт дослідження:** спеціалізовані гайкові ключі для виконання кріпильних та розбирально-збиральних операцій

**Предмет дослідження:** залежність ресурсу та інших параметрів гайкових ключів від марки виробника

**Наукова новизна** одержаних результатів полягає в тому, що вперше:

- дослідження залежності ресурсу гайкових ключів від марки виробника
- визначення дійсних показників гайкових ключів та рейтингова оцінка за якістю
- точні та незалежні випробування

**Практичне значення** результатів полягає у тому, що:

- Встановлення ресурсу гайкових ключів призначених для кріпильних та розбирально-складальних робіт дало змогу визначити рейтинг та їх якісні показники
- Розраховані вага одного міліметра довжини ключа, дійсний розмір зіва та кільця, сумарний кут відхилу дали змогу провести порівняльний аналіз технологічних можливостей ключів шляхом комплексного рейтингового оцінювання окремих показників

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

Під час складання машин та їх агрегатів, особливо тих, складальні одиниці яких працюють під великим внутрішнім тиском або піддаються змінним навантаженням, необхідно затягувати деталі що кріпляться рівномірно, із певним зусиллям.

Якщо ж не дотримуватися цього, може виникнути деформація спряжених деталей, з'явиться підтікання мастила і води по площинах роз'єму, швидко ослабнуть з'єднання. А тому затягувати гайки та гвинти найкраще, по-перше, у певній послідовності і, по-друге, із необхідним зусиллям і рівномірно.

В результаті довготривалого перебування різьбових з'єднань в затягнутому стані відбуваються процеси (окислення та ін.), які в значній мірі утруднюють відкручування гайок і гвинтів.

Зусилля затягування змінюється прямопропорційно моменту на ключі, але ця залежність може значно відрізнитися для різних різьбових пар за рахунок цілого ряду факторів (захисне покриття, що нанесене на різьбу, її мастило, твердість поверхонь, що труться і тд.).

Наприклад, якщо при постійному моменті на ключі затягнути різьбове з'єднання без покриття і мастила і прийняти зусилля затягування за 1, то при змащуванні різьби веретенним маслом відносне значення зусилля затягування виявиться 1,08, а касторовим – 1,22.

Усі інструменти, пристрої та приспособлення для розбирання різьбових з'єднань можна розділити на гайкові ключі, викрутки і гайкові головки. Всі їх види описуються нижче в даному розділі.

Схема класифікації інструментів, пристроїв та приспособлення для розбирання різьбових з'єднань зображена на рисунку 1.1. Загальний вигляд і будова прокласифікованого інструменту показаний в пунктах 1.1...1.3.

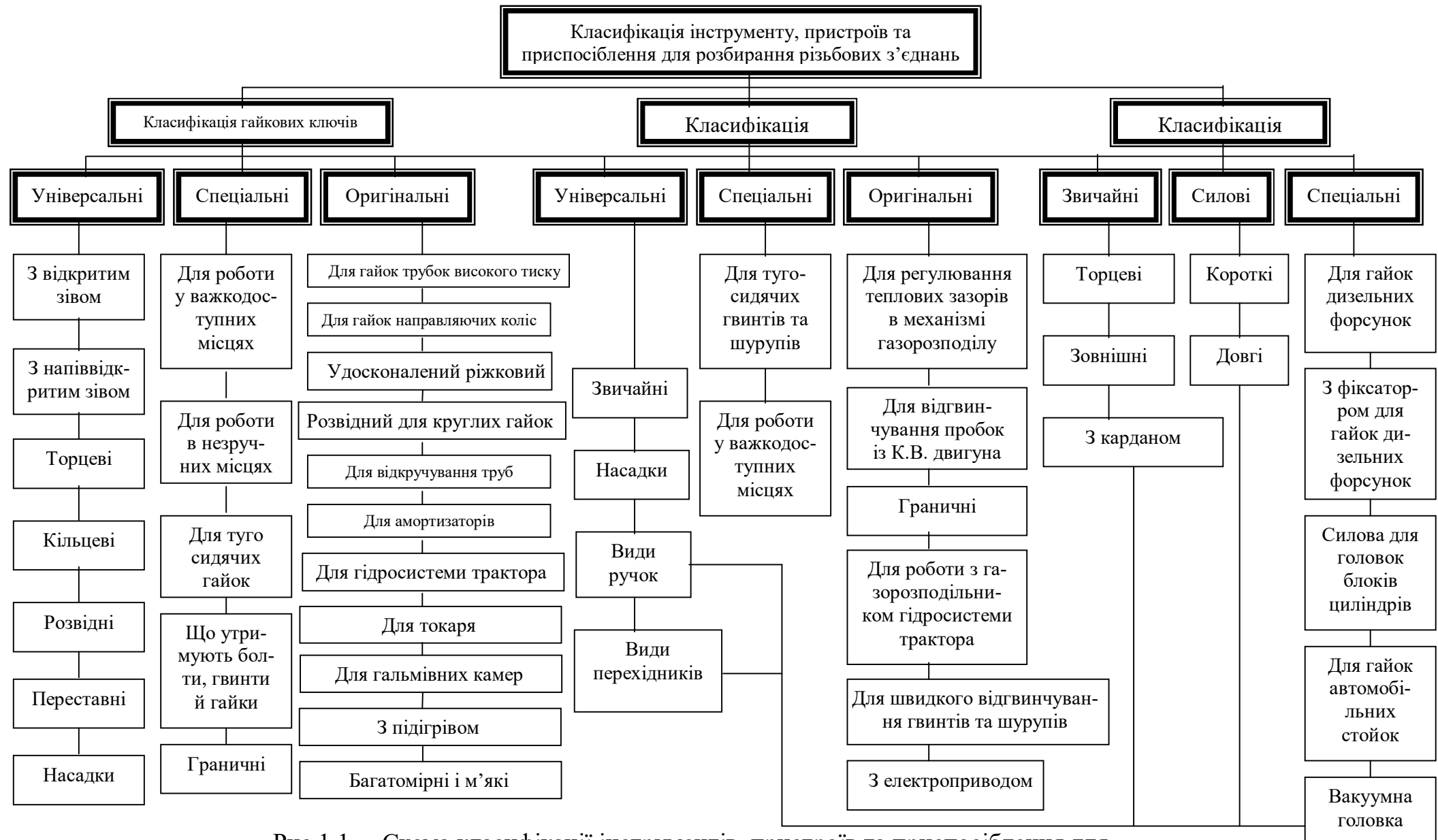


Рис.1.1 – Схема класифікації інструментів, пристроїв та приспособлення для розбирання різьбових з'єднань

## 2. Експериментальні дослідження технічного стану комбінованих гайкових ключів

Для виконання дослідів щодо порівняльного аналізу гайкових ключів за геометричними параметрами кафедрою технічного сервісу і надійності машин ім. проф. О.Д. Семковича було представлено 22 дослідних зразка комбінованих ключів одинадцяти фірм-виробників.

Лабораторні дослідження проводились в лабораторії №10 павільйону механізації ЛНАУ. Для досліджень використовувалось обладнання розроблене на кафедрі.

Під час експлуатації гайкових ключів досить важливо щоб ключ був зручний, якісний і надійний. В такому випадку затрачається менше сили й часу на виконання заданої роботи.

Параметри за якими доцільно порівнювати гайкові комбіновані ключі можна поділити на наступні групи: естетичні; вагові; геометричні; експлуатаційні. Естетичні параметри характеризують зовнішній вигляд, відсутність гострих кромek в зоні захоплення рукою, стійкість до корозії під дією зовнішніх факторів, довершеність форми. Вагові параметри в значній мірі є відносними так як можна припустити, що чим довший важіль ключа і чим він масивніший тим він міцніший, а отже ним можна передати більший момент. Тому для порівняльного аналізу вагових параметрів пропонується такий показник як вага одного міліметра довжини ключа, який можна також назвати питомою вагою одиниці довжини ключа, що визначається з виразу:

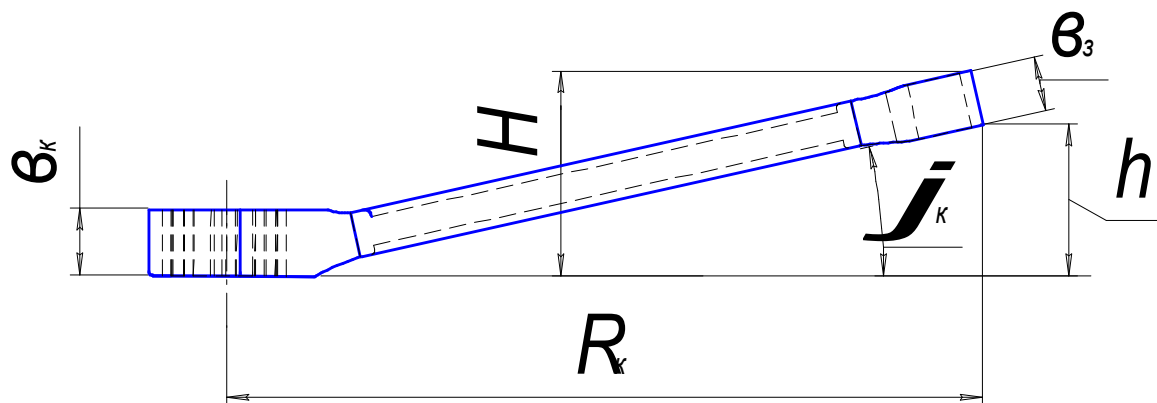
$$p = P / L_2 \quad (2.1)$$

де  $P$  – вага ключа, гр.;  $L_2$  – габаритна довжина ключа, мм.

Геометричні параметри можна розглянути користуючись рис. 2.1., 2.2

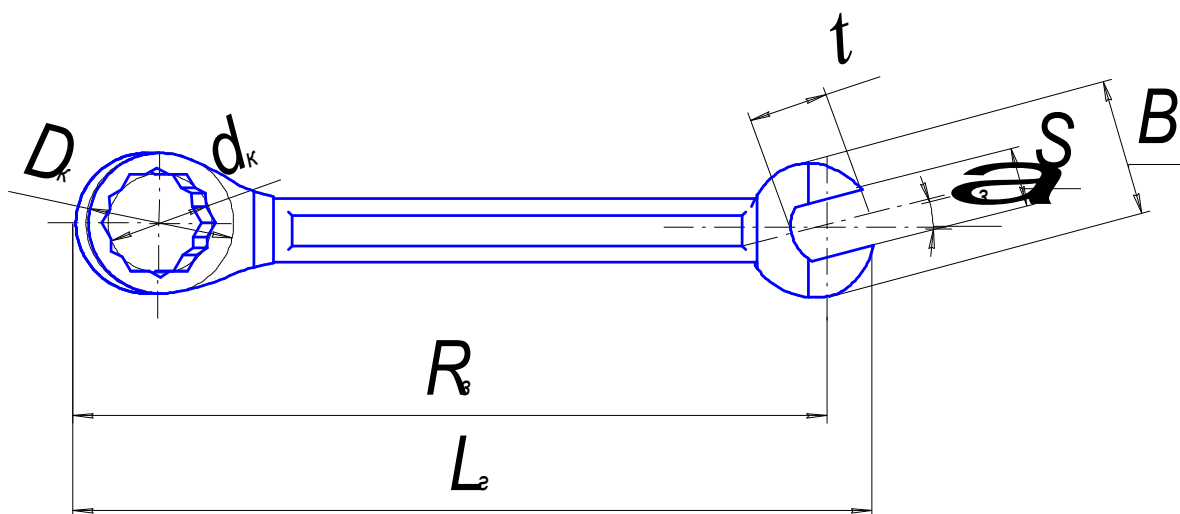
За цими параметрами також було створено рейтинг. Кращим вважався ключ в якого менша глибина зіву та менша вага.

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



а)

Рис. 2.1. – Основні геометричні параметри комбінованого ключа



б)

Рис. 2.2–Основні геометричні параметри комбінованого ключа

$L_2$  – габаритна довжина, мм;  $b_k$  – товщина кільця, мм;  $b_3$  – товщина губок зівів, мм;  $R_k$  – мінімальний радіус робочої зони важеля кільця, мм;  $h$  – максимальна висота перешкоди для обертання важеля кільця, мм;  $H$  – мінімальна висота верхнього обмеження для обертання важеля кільця, мм;  $\varphi_k$  –



кут нахилу осі важеля ключа відносно площини обертання кільця, град;  $D_k$  – зовнішній діаметр кільця, мм;  $d_k$  – внутрішній діаметр кільця, мм;  $t$  – глибина зіву, мм;  $S$  – ширина зіву, мм;  $\alpha_z$  – кут відхилення осі зіву відносно осі важеля, град;  $R_z$  – мінімальний радіус робочої зони важеля відкритого зіву, мм;  $B$  – максимальна ширина зовнішньої сторони ключа з відкритим зівом, мм.

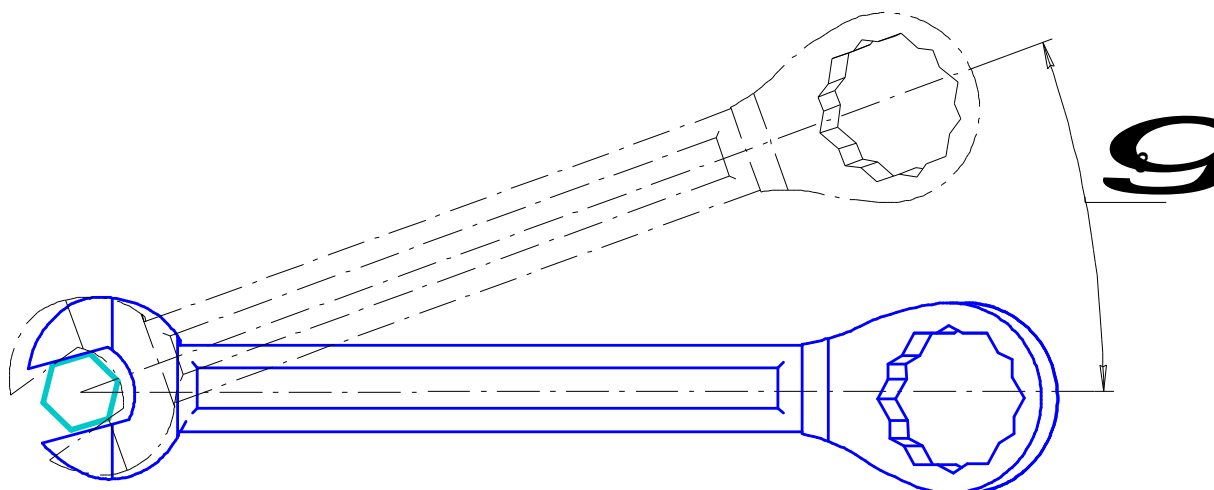


Рис. 2.3 – Схема визначення кута вільного ходу важеля відкритого зіву

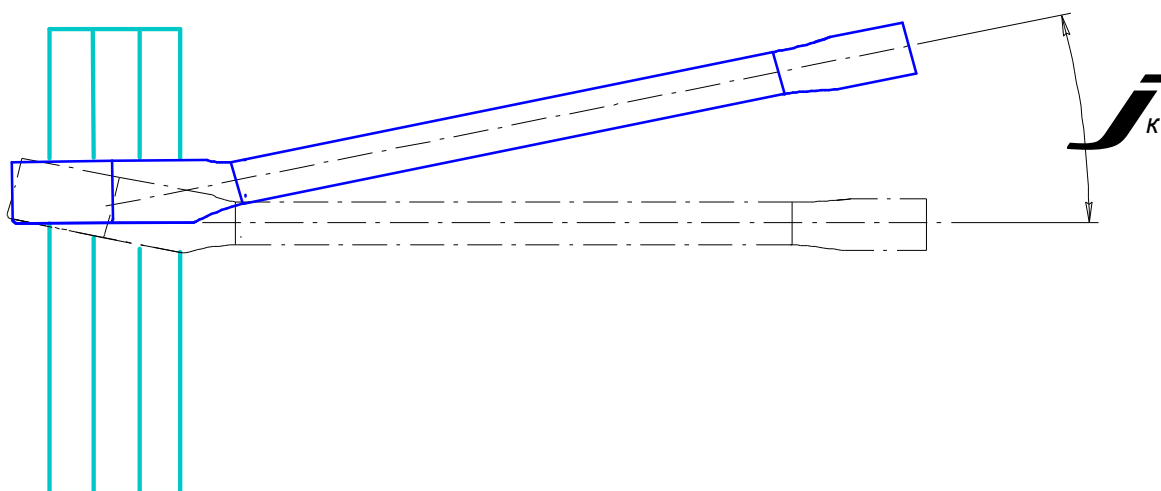


Рис. 2.4 – Схема визначення ширини кільця

Першим параметром, який ми визначали, було визначення дійсних розмірів відкритого зіву і кільця ключа зображені на рисунках 2.1. -2.4.

Величина клина і конуса пристосіблення для визначення дійсних розмірів відкритого зіву і кільця на відстані 100 мм від початку змінюється від 10 мм до 11 мм. Лінійка-клин (рис. 2.5, а) призначена для вимірювання дійсних розмірів відкритого зіву, а лінійка-конус (рис. 2.5, б) – для вимірювання дійсних розмірів кільця.



а)



б)

Рис. 2.5. – Визначення дійсних розмірів відкритого зіву і кільця:

*а* – лінійка-клин, *б* – лінійка-конус.

Під час проведення замірів відкритий зів насаджували на клин однією і другою сторонами, визначали величину насаджування і за допомогою формули 2.2 визначили дійсний розмір зіву.

$$S_{\text{клина}} = 10,050 + (a \cdot b); \quad (2.2)$$

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

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

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

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

Аналогічно провели заміри для кільця ключа, і за формулою 2.3 визначили його дійсний розмір.

$$S_{\text{конуса 1}} = 10,025 + (a \cdot b); \quad (2.3)$$

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

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

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 яким найкращим вважався ключ, розмір якого найближче наблизений до 10 мм.

Під час встановлення відкритого зіву ключа на грані різьбової деталі (болт або гайку) як правило виникає зазор, що спричиняє кут вільного ходу  $\gamma_z$  важеля відкритого зіву (рис.2.3). Під дією прикладеної до важеля ключа сили, важіль деформується і відхиляється на певний кут  $\gamma_d$ . Таким чином кільцева частина ключа може відхилятися в обидва боки на сумарний кут  $\gamma$ , який визначаємо з виразу:

$$\gamma = \gamma_z + \gamma_d, \text{ град} \quad (2.4)$$

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

В умовах обмеженого доступу варто приймати до уваги кут нахилу важеля кільцевого ключа  $\varphi_k$  який визначає мінімальну міжцентрову віддаля між суміжними різьбовими з'єднаннями. Параметри  $H$  та  $h$  відповідно вказують на можливість обходження перешкоди зверху та знизу важеля (рис.2.1)

За допомогою пристрою, зображеного на рисунку 2.6, ми визначили кут вільного ходу ключа для відкритого зіву і кільця комбінованих гайкових ключів.

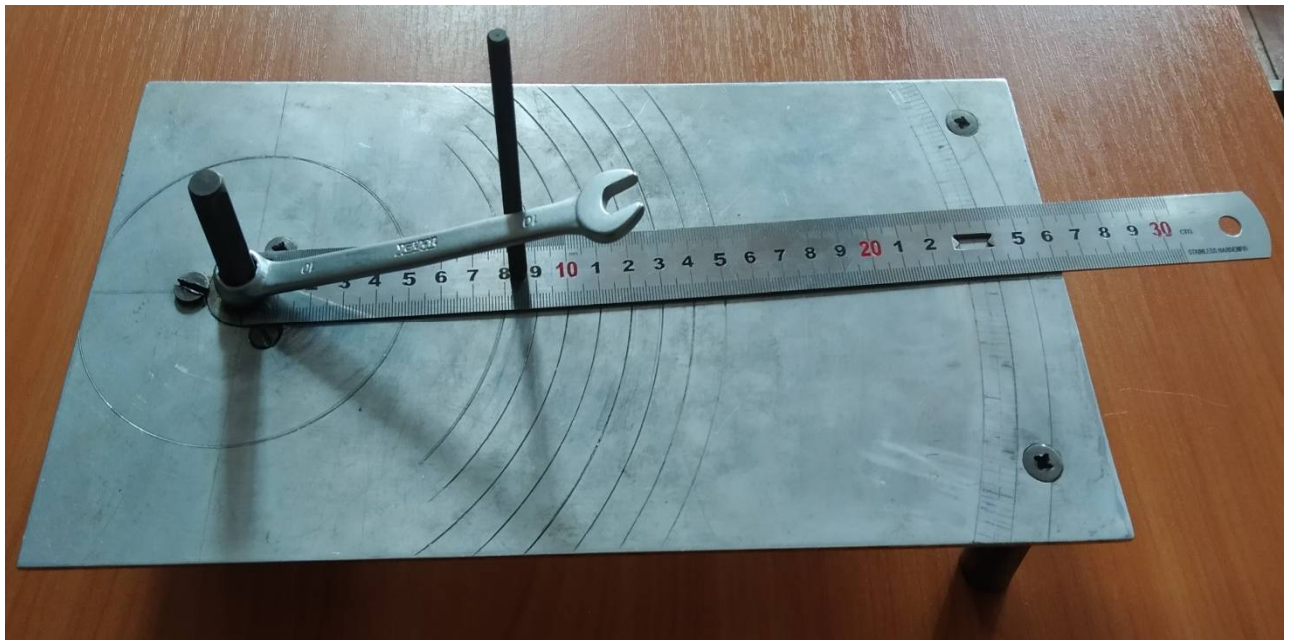


Рис. 2.6. – Визначення кута вільного ходу ключа для відкритого зіву і кільця комбінованих гайкових ключів.

Для того щоб визначити вільний хід ключа для кільця надіваємо комбінований гайковий ключ кільцем на шестигранник. Встановлюємо лінійку з упором в крайнє положення. Одною рукою притримуючи пристрій, а другою відводимо ключ з одного крайнього положення в друге, при цьому в прорізі лінійки фіксуємо кут вільного ходу. Знімаємо дані і записуємо їх у таблицю.

Аналогічно проводимо дослідження і для відкритого зіву гайкового ключа, результати яких також записуємо в таблицю. Після опрацювання всіх результатів було створено рейтинг за яким найкращим вважався ключ, вільний хід важеля якого був найменшим.

Після визначення геометричних параметрів і зважування ключів їх випробовуємо під навантаженням на спеціально виготовленому стенді (рис 2.7). Конструкція стенда дає змогу виконувати його налагодження залежно від геометричних параметрів ключа і створювати потрібне циклічне навантаження з фіксацією кількості циклів. Схема технологічного процесу випробовування ключів зображена на рисунку 2.8.



Рис 2.7 – Випробування ключів під навантаженням на спеціально виготовленому стенді для ресурсних випробувань гайкових ключів

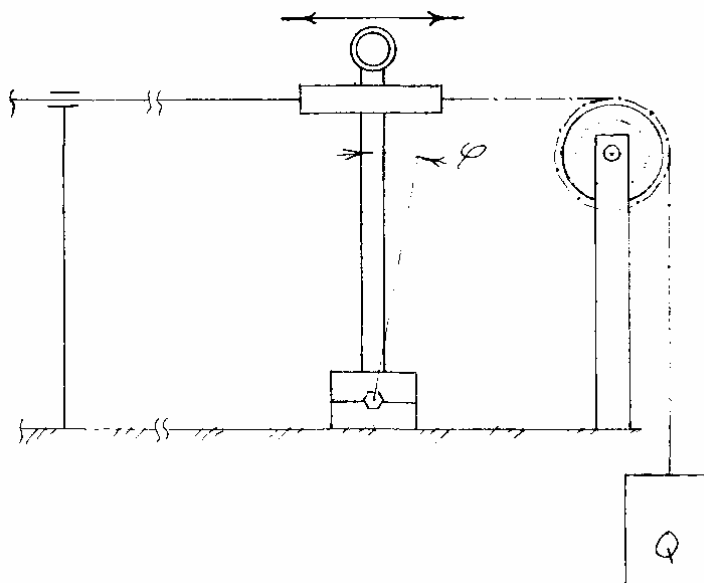


Рис.2.8 – Схема технологічного процесу випробовування комбінованих гайкових ключів.



Для визначення критичного крутного моменту, який можна передати ключем ми також провели дослідження. Для проведення даного дослідження було орендовано торсіометр TruCheck Plus 1000 Нм. (рис 2.9). Дослідження було проведено в лабораторії МНЦ ім. Святого Івана Боско. TruCheck Plus входить до реєстру засобів вимірювальної техніки, він підходить для ключів, циферблатів та електронних ключів, в режимі «контролю» торсіометр буде постійно контролювати сигнал крутного моменту.

TruCheck Plus також має функцію "обмеження", що вибирається користувачем. Оператор встановлює цільовий крутний момент і допуск, і прилад обчислить, чи є показання в межах допуску, і вкаже результати, висвітлюючи один з трьох кольорових світлодіодів: помаранчевий = низький, зелений = добре, червоний = високий.

Зів ключа охоплює спеціальну оправку, яка є шестигранником з розміром 10,0 мм та твердістю 57-60 HRC. Згідно ДСТУ ГОСТ 2838-80 ключі повинні витримувати випробувальний крутний момент для типорозміру 10 не менше 53 Н/м для відкритого зіву і не менше 70 Н/м для кільця. Прилад фіксував момент, при якому відкритий зів ключа повертався на шестиграннику або згиналася сторона з кільцем.



Рис. 2.9. – Випробування ключів торсіометром TruCheck Plus 1000 Нм.

Останнім етапом наших досліджень було визначення ключів найкращих фірм-виробників за сумарними результатами отриманих рейтингів. І в цьому випадку найкращим вважався ключ загальна сума якого була найменшою.

Порівняльний аналіз технологічних можливостей ключів можна провести шляхом комплексного рейтингового оцінювання окремих показників скориставшись виразом:

$$R = k_1 \times r_1 + k_2 \times r_2 + k_3 \times r_3 + k_4 \times r_4 + k_5 \times r_5 \quad (2.5)$$

де  $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5$  - коефіцієнти вагомості відповідних показників.  $k_1=1,5$ ,  $k_2=2$ ,  $k_3=1$ ,  $k_4=2$ ,  $k_5=1.5$ ;

$r_1$  - рейтингова кількість балів за початковим кутом вільного ходу важеля відкритого зіву  $\gamma_{з(0)}$ ;

$r_2$  - рейтингова кількість балів за інтенсивністю спрацювання губок відкритого зіву  $\gamma_{з(22)} - \gamma_{з(0)}$ ;

$r_3$  - рейтингова кількість балів за початковою шириною зіву  $S_0$ ;

$r_4$  - рейтингова кількість балів за критичним моментом кручення  $M_{кр}$ ;

$r_5$  - рейтингова кількість балів за граничним кутом вільного ходу важеля відкритого зіву  $\gamma_{гр}$

Дані розрахунків записуємо в таблиці 4.1– 4.4.

Для оцінки ключів за критерієм ціна-якість можна скористатись наступним виразом:

$$A = C/R \quad (2.6)$$

де  $A$  – показник співвідношення ціна-якість;

$C$  – вартість ключа;

$R$  – комплексний показник рейтингу

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

Для визначення параметрів досліджуваних комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників, які передбачені в методиці визначення їх технічного стану та порівняльного аналізу, необхідно підібрати потрібне технологічне оснащення. Перелік всього необхідного технологічного оснащення для проведення досліджень та його загальна будова описані нижче.

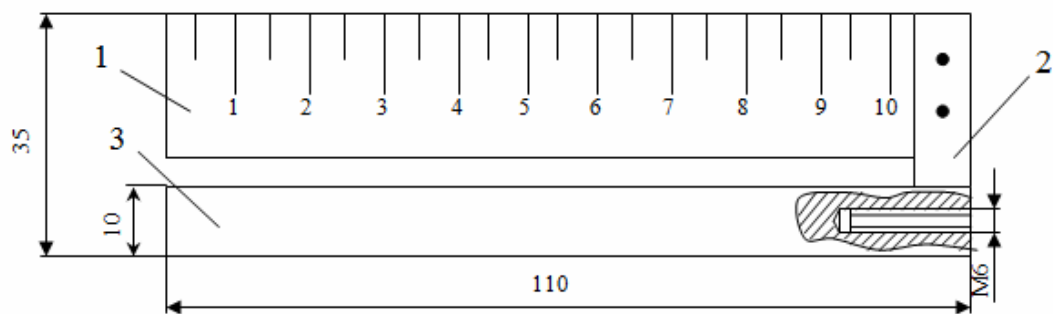
В першу чергу слід сказати, що кафедрою технічного сервісу і надійності машин ім.. проф.. О.Д. Семковича для досліджень було представлено 22 комбінованих гайкових ключі десятого розміру одинадцяти фірм-виробників, а саме: TONA, S&R, DRAPER TOOLS, KING TONY, TOPTUL, FORCE, STANLEY, КЗСМІ (колін.), КЗСМІ (прямий), SITOMO – по 2 штуки кожної, та GEDORE і DROP FORGED – по 1 штуці.

За допомогою лінійки-клина (рис. 3.1, *а*) ми визначали дійсний розмір відкритого зіву комбінованих гайкових ключів. Вона складається з лінійки 1 довжиною 110 мм і з розміщеною шкалою на 100 мм, корпуса 2 та безпосередньо клина 3, товщина сторін якого на відстані 100 мм від початку змінюється від 10 мм до 11 мм. Загальні параметри лінійки-клина зображені на рисунку 3.1, *а*.

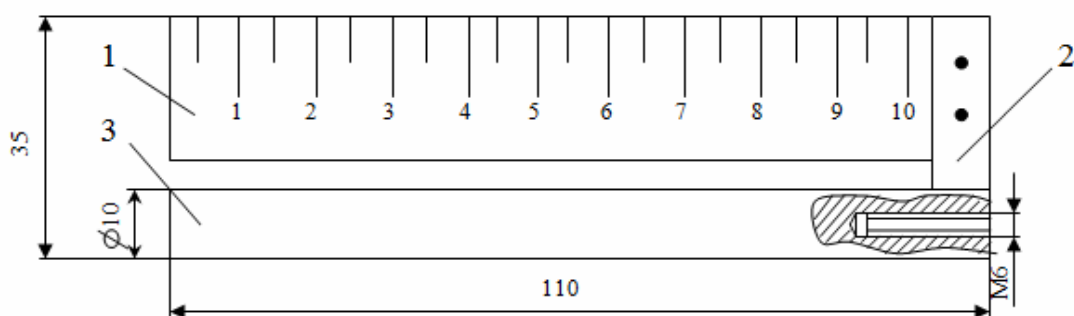
Лінійка-конус, зображена на рисунку 3.1, *б* призначена для визначення дійсних розмірів кільця досліджуваних гайкових ключів. Вона побудована аналогічним чином що й лінійка-клин, а саме з лінійки 1 довжиною 110 мм і з розміщеною шкалою на 100 мм, корпуса 2 та конуса 3, величина діаметра якого на відстані 100 мм від початку також змінюється від 10 мм до 11 мм. Загальні параметри лінійки-конуса зображені на рисунку 3.1, *б*.

Глибину зіву комбінованих гайкових ключів ми визначали за допомогою штангенциркуля, а вагу – за допомогою терезів шляхом зважування.





а)



б)

Рис. 3.1. – Приспособлення для визначення дійсних розмірів відкритого зіву і кільця: а – лінійка-клин: 1 – лінійка; 2 – корпус; 3 – клин; б – лінійка-конус: 1 – лінійка; 2 – корпус; 3 – конус.

На рис. 3.2 зображено стенд для випробовування гайкових ключів. Він призначений для проведення досліджень на гайкових ключах широкого асортименту та розмірів.

Стенд складається з двигун-редуктора *1*, плити *2* на якій розташоване все обладнання, муфти *3*, однієї опори *4* та двох опор *6* трохи іншої конструкції. Крім того до складу стенда входить кривошип *5*, два підшипники *7*, гайковий імітатор *8*, навантажувальний пристрій *9*, давач результатів *10*, показчик результатів *11*, кнопки управління *12*, пускове реле з реле захисту *13* та гиря *14*.



Рис. 3.2 – Стенд для ресурсних випробовування гайкових ключів.

Стенд для випробовування комбінованих гайкових ключів під'єднаний до електричної мережі і працює наступним чином. В гайковий імітатор *8* вставляється досліджуваний гайковий ключ. За допомогою кнопок управління *12* сигнал іде до пускового реле з реле захисту *13* і двигун-редуктор *1*

вмикається і починає працювати. Обертний рух передається через муфту 3 кривошипів 5, який перетворює цей рух в поступальний. За допомогою навантажувального пристрою 9 відбуваються ударні навантаження на ключ. Сила удару по ключу залежить від навантаження гирі 14. Воно може змінюватися в межах від 5 Н до 500 Н.

В цей час давач результатів 10 знімає покази (кількість ударних навантажень на ключ) і передає їх показчику результатів 11. Після того, як досліджуваний ключ виходить з ладу показчик результатів фіксує кількість ударних навантажень на ключ. За цим показником проводиться дослідження ресурсу гайкових ключів.

Величину ходу поступального руху можна змінювати шляхом переміщення важеля на кривошипів 5.

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

Після проведення всіх досліджень, замірів та обрахунків всі їх результати були занесені в таблиці 4.1...4.4. В таблиці 4.1 записані результати визначення дійсних розмірів відкритого зіву та кільця 22-ох комбінованих гайкових ключів одинадцяти фірм-виробників за допомогою клина і конуса.

Аналізуючи ці результати можна зробити висновок, що за рейтинговою оцінкою за відкритим зівом найкращими є дослідні комбіновані гайкові ключі таких фірм-виробників як TONA №2, KING TONY №8, STANLEY №14 та GEDORE №15 дійсні розміри яких становлять: за min – 10,05 мм, за max – 10,06 мм.

На другому місці за рейтингом знаходяться ключі таких фірм-виробників як STANLEY №13, а також ключ фірми TONA №1 по мінімальному значенню, розмір відкритого зіву яких становить 10,06 мм. Щодо максимального розміру ключа фірми STANLEY №13, то він становить 10,07 мм, фірми TONA №1 – 10,09 мм, і це результат четвертого місця.

Третє місце по рейтингу займає ключ фірми KING TONY №7 за мінімальним значенням відкритого зіву і становить 10,07 мм. За максимальним значенням цей ключ посідає шосте місце з результатом 10,11 мм. За максимальним значенням відкритого зіву третє місце посідає ключ того ж самого виробника (KING TONY) під номером 8 і становить 10,08 мм.

До найгірших за цим показником відносяться ключі таких фірм-виробників як КЗСМІ (колін.) №16, за мінімальним значенням цей ключ посідає одинадцяте місце з результатом 10,21 мм, а за максимальним – 13-те, з результатом 10,23 мм. Ще гірші показники за величиною дійсного розміру

цим показником є ключ фірми GEDORE №15 розмір кільця в якого 10,406 відкритого зіву комбінованих гайкових ключів має ключ фірми DRAPER TOOLS №6 мінімальна величина якого становить 10,23 мм і знаходиться на дванадцятому місці, а максимальна – 10,26 мм знаходиться на чотирнадцятому місці. А найгірший результат має ключ фірми SITOMO №21 мінімальне значення якого 10,25 мм займає тринадцяте місце, а максимальне 10,26 мм – чотирнадцяте.

Ще одним показником за яким оцінювалися комбіновані гайкові ключі в таблиці 4.1 є дійсний розмір кільця.

Найкращим ключем за цим показником є ключ фірми GEDORE №15 розмір кільця в якого 10,406 мм. На другому місці ключ фірми SITOMO №20, в нього кільце має діаметр 10,504 мм. А на третій позиції знаходяться одразу два ключі, це ключі, які представляють фірму STANLEY №13 і №14, в яких однаковий результат – 10,521 мм.

Найгіршими ключами за дійсним розміром кільця є ключі фірми КЗСМІ. Так ключ №16 КЗСМІ (колін.) займає одинадцяте місце, величина кільця якого становить 10,637 мм, ключі КЗСМІ (колін.) №17 і КЗСМІ (прямий) №19 є дванадцятими і мають діаметр 10,645 мм, а ключ КЗСМІ (прямий) №18 з результатом досліджень 10,716 мм займає останню тринадцяту позицію.

З таблиці 4.2 “Контрольовані параметри ключів” видно, що в даній таблиці оцінювали ключі за глибиною зіву, вагою ключа і за вільним ходом важеля в точці  $l = 0,1$  м під дією моменту  $T = 0,5$  Нм відносно кільця і відкритого зіву.

Щодо глибини зіву, то найменшою вона є в ключа КЗСМІ (прямий) №19 і становить 9,6 мм. Трохи більшу глибину – 10,1 мм, мають ключі таких фірм-виробників як KING TONY №8, КЗСМІ (колін.) №16 і №17. Ще більшу глибину зіву, а саме 10,2 мм, мають ключі фірми FORCE №12 та SITOMO №20. А найбільшу величину мають ключі фірми S&R №4 – 12,5 мм, і №3 цього ж виробника з результатом 12,6 мм.

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

Мінімальний хід важеля відносно відкритого зіву досліджуваних гайкових ключів має ключ фірми KING TONY №8 і становить 2,52 мм. На другому місці ключ фірми GEDORE №15 величина вільного ходу якого 2,78 мм. Серед кращих за цим показником є також фірма TONA і її ключ, який знаходиться під №2 має вільний хід 3,21 мм.

Щодо найгірших виробників, то до них відносяться ключі фірми DRAPER TOOLS №6, STANLEY №13, КЗСМІ (колін.) №16 та SITOMO №21 які займають останню дев'ятнадцяту позицію, і мають вільний хід важеля  $\geq 10,00$  мм.

Якщо робити висновок по вільному ходу важеля кільця комбінованих гайкових ключів що досліджувалися, то найменшим він є в ключа фірми GEDORE №15, а саме 1,5 мм. За ним йде ключ фірми DROP FORGED №22, який має хід 4,34 мм. На третьому місці знаходиться гайковий ключ фірми TOPTUL №10, вільний хід важеля кільця якого становить 5,81 мм.

Найбільший вільний хід важеля кільця мають ключі фірми FORCE №11, який займає двадцяту позицію з показником 8,91 мм, фірми TONA №2 – 9,55 мм, займає двадцять перше місце в рейтингу, і останнє місце займає ключ фірми S&R №4, вільний хід важеля кільця в якого становить  $\geq 10,00$  мм.

Останнім із контрольованих параметрів які записані в таблиці 4.2 є вага ключа та його рейтинг за цим показником.

Після зважування всіх дослідних зразків комбінованих гайкових ключів можна сказати, що найменшу вагу 31,10 г. має ключ фірми GEDORE №15, трохи важчим є ключ фірми КЗСМІ (прямий) №18 із вагою 31,97 г. На третьому місці знаходиться ключ фірми DROP FORGED №22 що важить 33,58 г.

До найважчих, за результатами досліджень, можна віднести ключ КЗСМІ (колін.) №16 з вагою 50,60 г., S&R №3 – 55,10 г., а найважчим є ключ S&R №4 що має вагу 55,65 г. і займає останню двадцяту сходинку цього рейтингу.

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика геометричних розмірів ключів.

| Фірма виробник | № ключа | Захід зіву на клин, мм |            | Дійсний розмір зіву, 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          | 10,1                    | 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                   | 10,2       | 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          | 10,1                    | 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          | 10,1                    | 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                        | 10,53                     | 4                          |
| DROP FORGED    | 22      | 3                      | 5          | 10,08                   | 10,1       | 4          | 5          | 65                        | 10,601                    | 10                         |

Таблиця 4.2 – Контрольовані параметри ключів.

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



Таблиця 4.3 – Загальний рейтинг ключів за основними геометричними параметрами.

| Фірма виробник | №<br>ключа | Рейтинг за глиби-<br>ною зів | Рейтинг ключів за |            |                    |       |                 |              | Сума | Загальний рейтинг<br>( <i>min</i> ) |
|----------------|------------|------------------------------|-------------------|------------|--------------------|-------|-----------------|--------------|------|-------------------------------------|
|                |            |                              | розміром          |            | розміром<br>кільця | вагою | ходом<br>кільця | ходом<br>зів |      |                                     |
|                |            |                              | <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                                   |

Загальний рейтинг ключів за основними геометричними параметрами показано в таблиці 4.3. Вона була побудована наступним чином. В цю таблицю було записано всі рейтинги ключів, потім їх просумовано і за цим показником ми визначили загальний рейтинг, при чому найкращим вважався ключ, сума рейтингових балів якого була меншою.

Слід зауважити, що в цю суму рейтинг за глибиною зіву не входив, оскільки цей показник є не важливим під час оцінювання якості комбінованих гайкових ключів.

З таблиці 4.3 можна зробити висновок, що явно найкращим є ключ №15 фірми GEDORE сума балів якого становить 7. На другому місці знаходиться ключ фірми STANLEY №14 із сумою балів 31, на третьому місці ключ фірми DROP FORGED №22, сума його рейтингів становить 32.

До найгірших за загальним рейтингом відносяться ключі фірми КЗСМІ (колін.) №17 (сума дорівнює 71), займає сімнадцяте місце, DRAPER TOOLS №6, сума рейтингових балів якого складає 75, це вісімнадцяте місце. А найгіршим ключем є ключ фірми КЗСМІ (колін.) №16 із сумою 84, який займає дев'ятнадцяте місце.

#### **4.1 Результати випробування ключів за максимальним крутним моментом**

Додатково було проведено випробування ключів із визначенням граничного крутного моменту. Щоб зареєструвати граничні моменти, було зламано всі ключі. Всі зіву злегка розкрилися, а гостра грань оправки у багатьох зняла з поверхні шматочки металу. Кільцеві частини або відламувалися, або відгиналися на великі кути, що не дозволяють далі працювати цим інструментом. Результати наведені в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Результати випробування ключів граничним крутним моментом

| Марка ключа | Зусилля до поломки (відкритий зів) Н/м | Зусилля до поломки (кільцевий зів) Н/м | Розмір губок відкритого зіву після випробування. мм | Характер пошкоджень                              |
|-------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Sigma       | 160                                    | 240                                    | 15,2                                                | Зминання губок, зломалась ручка, кільце ціле     |
| Світязь     | 163                                    | 216                                    | 15                                                  | Зминання губок, зломалась ручка, кільце тріснуло |
| Miol        | 140                                    | 254                                    | 15,1                                                | Зминання губок, зломалась ручка, кільце ціле     |
| Intertool   | 126                                    | 269                                    | -                                                   | Відламався ріг, кільце ціле                      |
| Topex       | 168                                    | 290                                    | 15                                                  | Зминання губок, зломалась ручка, кільце ціле     |
| Matrix      | 160                                    | 289                                    | 14,9                                                | Зминання губок, зломалась ручка, кільце ціле     |
| Yato        | 109                                    | 245                                    | -                                                   | Відламався ріг, кільце ціле                      |
| TopTul      | 194                                    | 311                                    | 14,9                                                | Зминання губок, зломалась ручка, кільце ціле     |
| Stanley     | 150                                    | 250                                    | 15                                                  | Зминання губок, кільце ціле                      |

Проаналізувавши таблицю 4.4 ми бачимо, що у двох ключах було відламану половину зіву. Розмір відкритого зіву збільшився на 0,9мм у двох ключах.

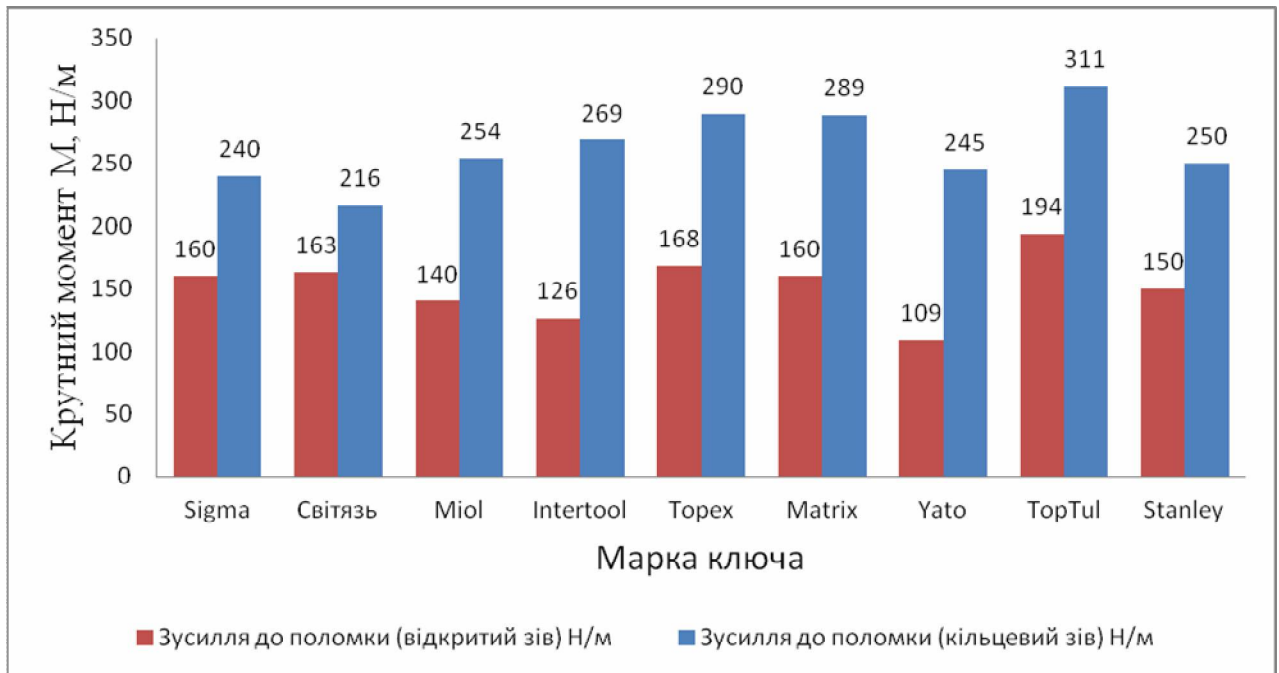


Рис 4.1 – Значення моменту руйнування ключів

З графіка бачимо, що максимальний крутний момент для відкритого зіву склав 194Н/м (TopTul), а для кільця – 311Н/м (TopTul). Найменший крутний момент склав для відкритого зіву 109Н/м (Yato), а для кільця - 216 Н/м (Світязь)

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній роботі розглянуто існуючий інструмент та обладнання провідних виробників для розбирання різьбових з'єднань, а зокрема фірми FORCE, HAZET та деяких вітчизняних підприємств. На їх основі зроблена класифікація інструменту, пристроїв та пристосіблення для розбирання різьбових з'єднань. Весь інструмент було розділено на три основні види: гайкові ключі, викрутки та головки, які в свою чергу поділяються ще на ряд підвидів.

Крім того описано методику визначення технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників за геометричними параметрами. А саме описано методику визначення дійсних розмірів відкритого зіву та кільця досліджуваних 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 та кільця ключа.

Подано перелік технологічного оснащення для визначення технічного стану комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників. Описано будову клина і конуса для визначення дійсних розмірів відкритого зіву та кільця ключів, пристрою для визначення вільного ходу важеля в точці  $l = 0,1$  м під дією моменту  $T = 0,5$  Нм відносно відкритого зіву та кільця ключа. Також описано будову та принцип роботи стенда для випробовування комбінованих гайкових ключів.

Опрацьовано результати досліджень по визначенню технічного стану та порівняльного аналізу комбінованих гайкових ключів різних фірм-виробників. Загалом кафедрою технічного сервісу і надійності машин було представлено 22 дослідних зразка комбінованих гайкових ключів одинадцяти фірм-виробників. Ці ключі оцінювалися за загальним рейтингом вище перерахованих показників під час досліджень, при чому найкращим вважався ключ, сума рейтингових балів якого була меншою.

Роблячи висновок слід сказати, що явно найкращим є ключ №15 фірми

GEDORE сума балів якого становить 7. На другому місці знаходиться ключ фірми STANLEY №14 із сумою балів 31, на третьому місці ключ фірми DROP FORGED №22, сума його рейтингів становить 32.

До найгірших за загальним рейтингом відносяться ключі фірми КЗСМІ (колін.) №17 (сума дорівнює 71), займає сімнадцяте місце, DRAPER TOOLS №6, сума рейтингових балів якого складає 75, це вісімнадцяте місце. А найгіршим ключем за результатами досліджень є ключ фірми КЗСМІ (колін.) №16 із сумою 84, який займає дев'ятнадцяте місце.

Під час випробування ключів граничним крутним моментом бачимо, що у двох ключах було відламано половину зіву. Максимальний крутний момент для відкритого зіву склав 194Нм (ТорТул), а для кільця – 311Нм (ТорТул) при цьому розмір відкритого зіву збільшився на 0,9мм.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1967. – 688 с.
2. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979.
3. Бабусенко С. М. Проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 350 с.
4. Баранов Л. Ф. Техническое обслуживание и ремонт машин: Учебное пособие / Л. Ф. Баранов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. – 416 с.
5. Биргер И. А. Расчет резьбовых соединений. – М.: Оборониздат, 1979. – 294 с.
6. Боголюбов С. К. Черчение: Учебник для средних специальных учебных заведений. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 1989. – 336 с.: ил.
7. Бутенко В. Г. Ремонт машин в АПК України: організація, проектування, оптимізація. – Дніпропетровськ: 1997. – 159 с.
8. Гряник Г. М., Лехман С. Д., Бутко Д. А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с.
9. Гуревич А. М. Тракторы и автомобили. – М.: Колос, 1983. – 336 с.
10. Жирецкий В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основы охорони праці. – Львів: Афіша, 2000. – 349 с.
11. Каталог інструментів для розбирання різьбових з'єднань фірми FORCE. 2003 / 2004. – 296 с.: іл.
12. Каталог средств технического обслуживания тракторов, комбайнов, и сельскохозяйственных машин. – М., 1975. – 129 с.
13. Климовицкий М. А. Механизация и автоматизация ремонта сельскохозяйственной техники. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 192 с.

14. Куклин Н. Г., Куклина Г. С. Детали машин: Учебник для машиностроительных специальных техникумов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1987. – 383 с.
15. Лехман С. Д., Рубль В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. – К.: Урожай, 1993. – 270 с.
16. Матвеев В. А., Пустовалов И. И. Техническое нормирование работ в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1979. – 288 с.
17. Матеріали із всесвітньої інформаційної мережі INTERNET деяких фірм-виробників інструментів. 106 с.: іл.
18. Полупанов Ф. П., Семенюк І. М., Блауберг В. Е. Та ін. Технічне обслуговування машино-тракторного парку. – К.: Урожай, 1973. – 272 с.
19. Практикум з ремонту машин. / За ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка – К.: Урожай, 1995. – 224 с.
20. Ремонт автомобилей: Учебник для автотранспортных техникумов / Румянцев С. И., Боднев А. Г., Бойко Н. Г. и др.; Под ред. С. И. Румянцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1988. – 327 с.
21. Ремонт машин. Методичні поради до курсового і дипломного проектування: у 2-х частинах / За заг. ред. академіка О. Д. Семковича. – Львів: Львів. держ. агр. ун-т, 1997.
22. Семенов В. М. Нестандартный инструмент для разборочно-сборочных работ. – М.: Колос, 1975.
23. Семенов В. М. Нестандартный инструмент для разборочно-сборочных работ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 287 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для подгот. с.-х. кадров массовых профессий).
24. Смелов А. П., Серый И. С. и др. Курсовое и дипломное проектирование по ремонту машин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 192 с.



25. Спектор А. Г., Путинцева М. А. Техническое обслуживание машинно-тракторного парка. – М.: Колос, 1972. – 384 с.
26. Тельнов Н. Ф. Ремонт машин. – М.: Агропромиздат, 1992. – 560 с.
27. Технические условия на капитальный ремонт автомобилей ГАЗ-53А.  
Министерство автомобильного транспорта и шоссейных дорог РСФСР. Изд-во “Транспорт”, 1968 г., стр. 1-456.
28. Технологічна наладка та усунення несправностей с.-г. машин: Довідник / За ред. Г. Р. Гаврилюка. – К.: Урожай, 1988. – 256 с.: іл.
29. Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. – 14-е изд., перераб. и доп. / Под ред. Г. Н. Поповой. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – 416 с.
30. Черкун В. Е., Забелин В. В. Разборочные и сборочные работы при ремонте машин. – М.: Колос, 1971. – 144 с.
31. Чухрай В. Є., Кулинич І. Я. Механізація складання різьбових з'єднань/ Вісник Львів. держ. агр. ун-ту: Агроінженерні дослідження (№4). – Львів, 2000. – 207 с.
32. Чухрай В. Є. Обґрунтування технологічних параметрів обладнання для операцій розбирання-складання машин в умовах ремонтної бази їх власників. Механізація та електрифікація сільського господарства. Випуск 83. Наукове видання. Глеваха, 2000 – с. 234-238.
33. Чухрай В. Є. Технологічні підстави універсалізації розбирально-складального устаткування. Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження (№1). – Львів: Львів. держ. агр. ун-т, 1997. – с. 142-146.
34. Шевченко Е. П. Чтение машиностроительных чертежей. Справочное пособие. – СПб.: Наука и Техника, 2003. – 192 с.: ил.