

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет  
(заочна форма навчання)

Кафедра Технологій машинобудування та матеріалознавства  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Россохі Анатолію Леонідовичу  
(ПІБ)

академічної групи 131М-17з-1  
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва  
(офіційна назва)

на тему Зниження енергоємності обробки заготовок з конструкційних сталей та чавунів

(назва за наказом ректора)

| Керівники              | Прізвище,<br>ініціали | Оцінка за шкалою |               | Підпис |
|------------------------|-----------------------|------------------|---------------|--------|
|                        |                       | рейтинговою      | інституційною |        |
| кваліфікаційної роботи | доц. Зіль В.В.        |                  |               |        |
| розділів               | доц. Зіль В.В.        |                  |               |        |
| Аналітичний            | доц. Зіль В.В.        |                  |               |        |
| Технологічний          | доц. Зіль В.В.        |                  |               |        |
| Конструкторський       | доц. Зіль В.В.        |                  |               |        |
| Спеціальний            | доц. Зіль В.В.        |                  |               |        |

|               |  |  |  |
|---------------|--|--|--|
| Рецензент     |  |  |  |
| Нормоконтроль |  |  |  |

Дніпро  
2018

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
**Технологій машинобудування та матеріалознавства**  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ **В.В. Проців** \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеню магістра**  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

студенту \_\_\_\_\_ **Россохі А.Л.** \_\_\_\_\_ академічної групи \_\_\_\_\_ **131М-17з-1** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності \_\_\_\_\_ **131 Прикладна механіка** \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою \_\_\_\_\_  
**Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва**  
(офіційна назва)

на тему **Зниження енергоємності обробки заготовок з конструкційних сталей та чавунів**

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від **29.11.18** № **2031-Л**

| <b>Розділ</b>    | <b>Зміст</b>  | <b>Термін виконання</b> |
|------------------|---|-------------------------|
| Аналітичний      | Аналіз технологічності деталей  | 03.09.18-27.09.18       |
| Технологічний    | Технологічний процес обробки деталі   | 28.09.18-20.10.18       |
| Конструкторський | Розробка та розрахунок пристосування  | 21.10.18-30.10.18       |
| Спеціальний      | Зниження енергоємності обробки заготовок з конструкційних сталей та чавунів | 30.10.18-08.12.18       |

Завдання видано \_\_\_\_\_ **доц. Зіль В.В.** \_\_\_\_\_  
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі \_\_\_\_\_ **01.09.18** \_\_\_\_\_

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_ **12.12.2018** \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ **Россоха А.Л.** \_\_\_\_\_  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Настоящая квалификационная работа посвящена проблеме снижения энергоёмкости обработки заготовок из конструкционных сталей и чугунов.

**Актуальность проблемы.** Механическая обработка в настоящее время занимает и будет занимать в обозримом будущем значительный удельный вес в обрабатывающей стадии. Несмотря на возникшие в последние годы трудности в машиностроительных отраслях промышленности, по всей стране обработкой резанием удаляются в год сотни тысяч тонн стружки. На это расходуется немалое количество электрической энергии, а в связи с постоянным повышением цен на топливо и энергоносители доля затрат на электроэнергию в общей себестоимости машиностроительной продукции неуклонно возрастает.

В этой связи работа, направленная на исследование возможностей снижения энергозатрат при механической обработке, является актуальной.

Однако, несмотря на остроту проблемы, до настоящего времени не существует комплексного подхода к экономии энергии при механической обработке. Так, при анализе энергетических критериев обработки учитываются, как правило, только процессы в зоне резания, и, наоборот, потери энергии в устройствах приводов металлорежущего станка рассматриваются без учета влияния на их величину режимов обработки.

Снижение потребления электроэнергии при обработке путем уменьшения энергозатрат на процесс резания и потерь энергии в приводах металлорежущих станков позволит снизить себестоимость и повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Целью работы является разработка научно обоснованных рекомендаций по экономии электрической энергии при токарной обработке и, в частности, методологического подхода к выбору режимов продольного наружного точения, позволяющих минимизировать энергетические затраты с учетом обеспечения параметров шероховатости обработанных поверхностей.

**Ключевые слова:** Механическая обработка, себестоимость, энергозатраты, процесс резания.

|      |      |          |       |      |                   |      |
|------|------|----------|-------|------|-------------------|------|
|      |      |          |       |      | ТММ.КР.18.11.Р.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                   |      |

|       |   |  |
|-------|---|--|
|       | ВСТУП.....  |  |
| 1     | <b>АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ</b>   |  |
| 1.1   | Технологічний контроль робочого креслення деталі і технічних вимог                    |  |
| 1.2   | Аналіз технологічності конструкції деталі.....  |  |
| 2     | <b>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>  |  |
| 2.1   | Технологічний процес обробки деталі «Кришка».....                                     |  |
| 2.1.1 | Вибір і економічне обґрунтування методу отримання заготовки.....                      |  |
| 2.1.2 | Вибір методів обробки деталі.....   |  |
| 2.1.3 | Розробка технологічного маршруту обробки деталі.....                                  |  |
| 2.1.4 | Розрахунок припусків на обробку і визначення КІМ.....                                 |  |
| 2.1.5 | Розробка технологічного процесу механічної обробки.....                               |  |
| 2.1.6 | Аналіз заводський і проектованої технології механічної обробки деталі.....            |  |
| 3     | <b>КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....</b>   |  |
| 3.1   | Розрахунок верстатного пристосування корпусної деталі.....                            |  |
| 3.1.1 | Розрахунок точності пристосування.....  |  |
| 3.1.2 | Визначення зусилля затиску.....   |  |
| 3.1.3 | Розрахунок параметрів гідروциліндру.....  |  |
| 3.2   | Проектування ріжучого і вимірювального інструмента.....                               |  |
| 3.2.1 | Конструкція розточної оправлення.....   |  |
| 3.2.2 | Розрахунок виконавчих розмірів калібр - пробки для контролю розміру Ø110H7.....       |  |
| 4     | <b>СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....</b>  |  |
|       | Зниження енергоємності обробки заготовок з конструкційних сталей і чавунів.....       |  |
| 4.1   | Загальні положення.....   |  |
| 4.2   | Енергозберігаюча політика як фактор підвищення конкурентоспроможності продукції.....  |  |
| 4.3   | Енерговикористання в машинобудуванні.....   |  |
| 4.4   | Енергоємність процесу як критерій оптимізації.....                                    |  |
| 5     | <b>АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....</b>                                      |  |
| 5.1   | Пристрої, що забезпечують зниження простоїв обладнання через поломки інструменту..... |  |
|       | ЛІТЕРАТУРА.....   |  |

|          |      |          |         |      |                                 |      |        |
|----------|------|----------|---------|------|---------------------------------|------|--------|
|          |      |          |         |      | <b>ТММ.КР.18.11.С.ПЗ</b>        |      |        |
| Изм      | Лист | № Докум. | Подпись | Дата |                                 |      |        |
| Разраб.  |      | Россоха  |         |      | Лит                             | Лист | Листов |
| Пров     |      |          |         |      |                                 | 4    |        |
| Н.контр. |      |          |         |      | <b>ПОЯСНЮВАЛЬНА<br/>ЗАПИСКА</b> |      |        |
| Утв.     |      | Процив   |         |      |                                 |      |        |

ДОДАТОК.....  
Технологічний процес.....  
Специфікація.....

|      |      |          |       |      |                   |      |
|------|------|----------|-------|------|-------------------|------|
|      |      |          |       |      | ТММ.КР.18.13.С.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                   |      |

## ВСТУП

Зростання цін на енергоносії в Україні, зумовив значне збільшення енергетичної складової собівартості продукції, в результаті було збільшення цін на продукцію більш ніж на 20%. Ситуація, що склалася підвищила інтерес до проблем заощадження енергоресурсів.

Актуальність проблеми. Механічна обробка в даний час займає і буде займати в доступному для огляду майбутньому значну питому вагу в обробній стадії. Незважаючи на виниклі в останні роки труднощі в машинобудівних галузях промисловості, по всій країні обробкою різанням видаляються в рік сотні тисяч тонн стружки. На це витрачається чимала кількість електричної енергії, а в зв'язку з постійним підвищенням цін на паливо та енергоносії частка витрат на електроенергію в загальній собівартості машинобудівної продукції неухильно зростає.

Оскільки на частку механічної обробки заготовок при виробництві деталей машин припадає значна кількість електричної енергії, зниження енерговитрат на обробку зменшує загальну енергоємність виробів і, таким чином, підвищує рівень технологічності їх конструкцій дозволить знизити собівартість і підвищити конкурентоспроможність продукції, що випускається.

Для теорії різання становить інтерес впровадження економічних умов і параметрів реалізації процесу різання. Саме робота різання визначає, в кінцевому рахунку, кількість енергії, споживаної двигунами верстата з електричної мережі, а також навантажувальні втрати в трансмісії. Тому рішення поставленого завдання слід починати з кінцевої ланки – з встановлення оптимальних умов реалізації процесу різання.

Величина енерговитрат при різанні визначається, перш за все, видом і фізико-механічними властивостями оброблюваного матеріалу. У більшості випадків опрацьований матеріал заданий кресленням деталі, внаслідок чого є для системи різання некерованим чинником.

Крім властивостей матеріалу на величину роботи різання впливають: стан поверхневого шару заготовки, площа зрізаного шару, вид і властивості інструментального матеріалу, геометричні параметри ріжучої частини інструменту, елементи режиму різання, наявність і характеристики СОТС, інші умови реалізації процесу різання, які всі разом утворюють сукупність керованих параметрів. Як відомо, значення керованих параметрів будь-якої системи, в тому числі – системи різання, слід визначати на основі методик оптимізації.

У цій кваліфікаційній роботі зроблена спроба дати оцінку впливу режимів різання на питому роботу обробки заготовок з конструкційних сталей і чавунів на основі даних ВАТ "Агрегатний завод".

# **1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ**

## **1.1 Технологічний контроль робочих креслень деталей і технічних**

### **ВИМОГ**

Робота технолога починається з технологічного контролю креслень, який згідно ГОСТ2.121-80 повинен бути спрямований на дотримання в розроблюваних конструкціях виробів встановлених технологічних норм вимог; досягнення в виробі заданої технологічності; виявлення найбільш раціональних способів виготовлення виробів з урахуванням заданого обсягу випуску.

Вихідними даними для виконання дипломного проекту послужили робочі креслення базового підприємства-кришка циліндричного редуктора і вал.

Робочі креслення деталей містять всі необхідні відомості, розміри і перетину, чітко і однозначно пояснюють конфігурацію і можливі способи отримання заготовки.

На кресленнях вказані всі розміри з необхідними допусками відхилення геометричних форм і взаємного положення поверхонь.

Креслення містять відомості про матеріал, термічній обробці, масі деталі.

На кресленні корпусної деталі відображені розташування ливарних баз і баз механічної обробки. Необроблювані поверхні прив'язані безпосередньо до ливарної чорнової бази. Вихідна база механічної обробки прив'язана до чорнової ливарної бази; всі інші розміри механічно оброблюваних поверхонь, прив'язані до бази механічної обробки.

## **1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі**

До аналізу технологічності деталей приступають після встановлення типу виробництва, так як кожному з них властиві свої способи отримання заготовок і методи їх обробки.

Якісну оцінку технологічності деталі виробляють за матеріалом, геометричній формі, якості поверхонь, по простановці розмірів і можливих способів отримання заготовки.



Кількісну оцінку здійснюють за абсолютними і відносними показниками. В першу чергу встановлюють показники базової і аналізованої деталі: коефіцієнти використання матеріалу, точність обробки, шорсткість поверхонь, трудомісткість виготовлення, технологічну собівартість.

Кришка редуктора виготовляється з сірого чавуну СЧ20 ГОСТ 1412-85 методом відливання з наступною механічною обробкою. Кришка редуктора відноситься до відливання третьої групи складності, відкритої коробчатої форми. Зовнішні поверхні - криволінійні і плоскі з наявністю нависають частин, ребер, кронштейнів, бобишек, фланців з отворами і заглибленнями порівняно складної конфігурації.

Деталь досить міцна і жорстка, що не обмежує режими різання, поверхні доступні для обробки на прохід. Форма посадочних отворів дозволяє розточувати їх на прохід як з однієї, так і з двох сторін. Доступ інструменту вільний до оброблюваних поверхонь. Деталь не має оброблюваних площин і отворів розташованих під кутами. Товщина стінок виливки однакова, без різких переходів тонкостінних частин в товстостінні (виконання цієї вимоги необхідно для отримання однорідної структури виливки і зменшення внутрішньої напруги в ній).

Товщина стінок виливки однакова, без різких переходів тонкостінних частин в товстостінні (виконання цієї вимоги необхідно для отримання однорідної структури виливки і зменшення внутрішньої напруги в ній).

Поверхневі приливи, розташовані перпендикулярно площині роз'єму, мають конструктивні ливарні ухили, щоб при добуванні моделей з форми останні не руйнувалися.

Найбільш високий квалітет точності 7 (посадкові отвори  $\text{Ø}180\text{H}7$ ,  $\text{Ø}110\text{H}7$  і  $\text{Ø}80\text{H}7$ ). На підставі 14 отворів  $\text{Ø}17\text{H}16$  і два отвори під штифти конічні. На площині оглядового вікна виконані 4 отвори  $\text{M}8\text{-}7\text{H}$  і два отвори  $\text{M}16\text{-}7\text{H}$  під риболти. На торцях посадочних фланців виконані (для кріплення кришок) 12 отворів  $\text{M}12\text{-}7\text{H}$ . Найбільш висока чистота поверхні 2,5 Ra на поверхні базових отворів. Вільні розміри виконуються по 16 квалітету.

Хімічний склад і механічні властивості сірого чавуну СЧ20 наведені в таблицях 1.1 і 1.2.

Якісний аналіз технологічності конструкції деталі наведено в табл. 1.3.

Сірий чавун СЧ20 застосовується для лиття заготовок відповідальних корпусних деталей з товщиною стінок 10-30 мм, що відповідає конструкції деталі.

Конструкція деталі містить стандартні і уніфіковані елементи. Поверхні, по точності і шорсткості, не вимагають спеціальних доводочних операцій, а також спеціального інструменту, верстатів і пристосувань.

Висновок: на підставі якісної і кількісної оцінки технологічності конструкції деталі, хімічного складу і механічних властивостей матеріалу можна зробити висновок, що деталь кришка - технологічна.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад чавуну СЧ20 ГОСТ1412 - 70

| З       | Si      | Mn      | P         | S    | Cr  | Ni  |
|---------|---------|---------|-----------|------|-----|-----|
|         |         |         | не більше |      |     |     |
| 3,0-3,3 | 1,3-1,7 | 0,8-1,2 | 0,3       | 0,15 | 0,3 | 0,5 |

Таблиця 1.2 - Механічні властивості чавуну СЧ20 ГОСТ1412 - 70

| σв, МПа | σі, МПа | σсж, МПа | твердість НВ |
|---------|---------|----------|--------------|
| 210     | 400     | 700      | 170 ... 220  |

Таблиця 1.3

| Показники технологічності конструкції деталі  | оцінка технологічності |                          |
|---|------------------------|--------------------------|
|   | добре<br>(Допустимо)   | погано<br>(Неприпустимо) |
| 1.Наличие в деталі стандартних і уніфікованих елементів   | +                      | -                        |
| 2.Можливість виготовлення деталі зі стандартних або уніфікованих заготовок (прокату, лиття, штамповок і т.д.)   | +                      | -                        |
| 3.Налічіє оптимальної точності і шорсткості поверхонь деталі  | +                      | -                        |
| 4.Соответствие фізико - хімічних і механічних властивостей матеріалу, жорсткості, форми і розмірів деталі вимогам технології механічної і термічної обробки | +                      | -                        |
| 5.Соответствие показників базових поверхонь деталі (розміри, точність, шорсткість) вимогам установки, обробки і контролю                                    | +                      | -                        |
| 6. Відповідність оформлення робочого креслення деталі вимогам ЕСКД і ЕСПД РЕВ   | +                      | -                        |

Висновок: на підставі якісної і кількісної оцінки технологічності конструкції деталі, хімічного складу і механічних властивостей матеріалу можна зробити висновок, що деталь "Кришка" - технологічна.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Технологічний процес обробки деталі "Кришка"

#### 2.1.1 Вибір і економічне обґрунтування методу отримання заготовки

При виборі методу отримання заготовки головним критерієм є забезпечення необхідної якості деталі при найменшій собівартості механічної обробки.

Деталь кришка редуктора виготовляється з чавуну СЧ20, заготовлюють методом лиття в піщані форми.

Такт випуску деталей, [2]

$$t_s = (60 \cdot F_g \cdot m) / N$$

де  $t_s$  - такт випуску деталей, хв;

$F_g$  - річний дійсний фонд часу роботи верстата, год;

$m$  - число змін роботи верстата на добу;

$N$  - річна програма випуску деталей, шт.

При двозмінній роботі  $F_g \cdot m = 4015$  год.

$$t_s = (60 \cdot 4015) / 5000 = 48,18 \text{ хв.}$$

Отже, виробництво деталей кришка редуктора - середнє серійне.

Середнє штучне час при обробці деталі

$$T_{шт. ср} = T_{e ср} / K,$$

де  $T_{шт. ср}$  - середнє поштучна час при обробці деталі, хв;

$T_{e ср}$  - середнє основний час обробки деталі на двох-трьох операціях, хв;

$K$  - коефіцієнт безперервності роботи верстата, при середньосерійному виробництві  $K = 0,5$ .

Середнє основний час

$$T_{e ср} = (T_{O1} + T_{O2} + T_{O3}) / 3.$$

Основний час на фрезерування двох площин шириною 60 мм

$$T_{o1} = 0,006 \cdot l \cdot i,$$

де  $l$  - довжина площині, мм;

$i$  - кількість проходів.

$$T_{o1} = 0,006 \cdot 60 \cdot 2 = 0,72 \text{ хв.}$$

Середнє основний час на свердління 2-х отворів  $\varnothing 13,9$  під риболти

$$T_{O2} = 0,00052 \cdot d \cdot l \cdot i,$$

де  $d$  - діаметр свердління, мм;  $l$  - довжина отвору, мм;

$i$  - число отворів.

$$T_{O2} = 0,00052 \cdot 13,9 \cdot 45 \cdot 2 = 0,65 \text{ хв.}$$

Основний час на свердління 14 відп.  $\varnothing 17$  по роз'єму кришки

$$T_{O3} = 0,00052 \cdot d \cdot l \cdot i,$$

де  $d$  - діаметр отвору;

$l$  - глибина отвору;

$i$  - кількість проходів.

$$T_{e\text{ ср}} = (0,72 + 0,65 + 5,9) / 3 = 2,4 \text{ хв.}$$

$$T_{um.\text{ ср}} = 2,4 / 0,5 = 4,8 \text{ хв.}$$

коефіцієнт серійності

$$K_c = t_v / T_{um.\text{ ср}},$$

де  $K_c$  - коефіцієнт серійності.

$$K_c = 48,18 / 4,8 = 10$$

За коефіцієнтом серійності виробництво середнє серійне, розмір цехових накладних витрат - 300%.

маса заготовки

$$B_z = Q \cdot (1 + П1 / 100) = 73 \cdot (1 + 18/100) = 86,14 \text{ кг.}$$

$Q = 73$  кг-маса деталі;

### 2.1.2 Вибір методів обробки деталі

Таблиця 2.1.1

| поверхня                  | Квалитет | Шорсткість,<br>Ra | переходи механічної<br>обробки                                     |
|---------------------------|----------|-------------------|--|
| Ø180H7<br>Ø110H7<br>Ø80H7 | 7        | 2,5               | розточування чорнове<br>розточування чистове<br>розточування тонке |
| отвори Ø17                | 14       | 12,5              | свердління   |
| Розмір 220±1              | 14       | 12,5              | чорнове фрезерування   |
| Розмір 240±1,5            | 14       | 12,5              | чорнове фрезерування   |
| вікно 150x100             | 14       | 12,5              | одноразове фрезерування  |

### 2.1.3 Розробка технологічного маршруту обробки деталі

Технологічний маршрут обробки деталі кришка, з вибором технологічних баз і обладнання, наведено в таблиці 2.1.2.

Таблиця 2.1.2

| № опера | Найменування операції  | устаткування      | зміст операції  | спосіб установки       | технологічні бази        |
|---------|------------------------|-------------------|---|------------------------|--------------------------|
| 005     | розмічальна            | розмічальна плита | Розмітка площині роз'єму і осей   | -                      | -                        |
| 010     | Фрезерно-сверлильна    | 6P13Ф3            | фрезерувати начорно і начисто роз'єм. Свердлити 14 відпØ17                          | На плиті пристосування | площина припливів        |
| 015     | Фрезерно-сверлильна    | 6P13Ф3            | Фрезерувати прилипають-ви, оглядове вікно, 2 відп М16, 4 отв М8                     | На плиті пристосування | площина роз'єму          |
| 020     | слюсарна               | установча плита   | Зібрати кришку і корпус. Заштіфтовать   | -                      | -                        |
| 025     | Горизонтально-розточна | 2A622МФ2          | Фрезерувати торці посадкових відп. розточитиØ180Н7, Ø110Н7,Ø80Н7.Обробка 24 отв.М12 | На плиті пристосування | площина підстави корпусу |
| 030     | слюсарна               | установча плита   | Розібрати корпус і зачистити задирки  | -                      | -                        |
| 035     | мийна                  | мийна машина      | промий деталь   | -                      | -                        |
| 040     | контрольна             | стіл ВТК          | Контроль якості   | -                      | -                        |

#### 2.1.4 Розрахунок припусків на обробку і визначення КІМ

Аналітичний розрахунок припусків на  $\varnothing 180H7$  і лінійний розмір 220 -1.0 наведено в карті розрахунку припусків, таблиця 3.1.3. Сумарне значення просторових відхилень взаємопов'язаних поверхонь при розточування отворів в литих заготовках, [3]

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} = \sqrt{290^2 + 1410^2} = 1440 \text{ мкм}$$

где  $\Delta_{\Sigma}$  - сумарне значення просторових відхилень, мкм;

$\Delta_{\text{кор}}$  - величина жолоблення заготовки по довжині отвору, мкм;

$\Delta_{\text{см}}$  - величина зміщення осі отвору при литві щодо

технологічної бази, мкм.

$$\Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{до}} \cdot L = 1 \cdot 290 = 290 \text{ мкм}$$

де  $\Delta_{\text{до}}$  - викривлення мкм на 1 мм корпусних деталей.

$L = 290$  мм - довжина отвору

$\Delta_{\text{см}} = 1410$  мкм - зміщення стержня в горизонтальній або вертикальній площині.

Зсув стрижнів, які утворюють отвір або внутрішні порожнини, слід приймати рівним допуску на найбільший розмір від осі отвору або внутрішньої порожнини до технологічної бази з урахуванням максимальних розмірів виливки. Для подальших переходів сумарне значення просторових відхилень величина похибки установки зменшується з урахуванням коефіцієнта уточнення  $K_u$ . Аналітичні значення припусків наведені в табл. 2.1.3.

$$\Delta_{\Sigma_{\text{чер}}} = 0,06 \Delta_{\Sigma} = 0,06 \cdot 1440 = 86,4 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{\Sigma_{\text{чис}}} = 0,04 \Delta_{\Sigma} = 0,04 \cdot 1440 = 57,6 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{\Sigma_{\text{тон}}} = 0,02 \Delta_{\Sigma} = 0,02 \cdot 1440 = 28,8 \text{ мкм}$$

Похибка установки заготовки в пристосуванні по чистовій технологічній базі (площину підстави) з механізованим притиском,  $\varepsilon = 100$  мкм.

Табличні значення припусків на оброблювані поверхні, допуски і операційні розміри наведені в таблиці 2.1.4.



Таблиця 2.1.4

| Поверхні і технологічні переходи механічної обробки | Припуск,<br>мм | Допуск,<br>мм | Операційний розмір, мм |
|---|----------------|---------------|------------------------|
| отвір Ø110H7 (+0,035)                               |                |               |                        |
| Заготівля - лиття                                   |                | 3,6           | Ø100± 1,8              |
| чорнове розточування                                | 7,5            | 0,87          | Ø107,9 +0,87           |
| чистове розточування                                | 2,1            | 0,14          | Ø109,8 + 0,14          |
| тонке розточування                                  | 0,4            | 0,035         | Ø110 + 0,035           |
| отвір Ø80H7 (+0,035)                                |                |               |                        |
| Заготівля - лиття                                   |                | 3,6           | Ø70 ± 1,6              |
| чорнове розточування                                | 7,5            | 0,87          | Ø77,5 +0,87            |
| чистове розточування                                | 2,1            | 0,14          | Ø79,8 +0,14            |
| тонке розточування                                  | 0,4            | 0,035         | Ø80 +0,035             |
| Лінійний розмір 220 ±1,0                            |                |               |                        |
| Заготівля - лиття                                   |                | 4,0           | 232±2,0                |
| чорнове фрезерування                                | 2x5            | 1,6           | 222-1,6                |
| чистове фрезерування                                | 2              | 1,0           | 220-1,0                |
| Лінійний розмір 240±1,5                             |                |               |                        |
| Заготівля - лиття                                   |                | 3,0 3,0       | 252±1,5                |
| чорнове фрезерування                                | 2x5            | 3,0           | 242±1,5                |
| чистове фрезерування                                | 2              |               | 240±1,5                |

Коефіцієнт використання металу заготовки

$$KIM = Qd / Qз = 73 / 86,14 = 0,85$$

## МАПА

## ОБЛІКУ припусків на обробку І ГРАНИЧНИХ РОЗМІРІВ за технологічними переходами

| Елементарна поверхня деталі і технологічний маршрут її обробки | Елементи припуску в МКМ  |     |      |     | при-пуск в МКМ | Розрахунковий розмір в мм | Допуск Td в МКМ | Граничні розміри в мм        |         | Граничні значення припусків в МКМ |        |
|--|--|-----|------|-----|----------------|---------------------------|-----------------|------------------------------|---------|-----------------------------------|--------|
|  | Rz   | h   | Δ    | ε   |                |                           |                 | dmax                         | dmin    | 2z max                            | 2z min |
| зовнішня поверхня  |  |     |      |     |                |                           |                 | Розмір заготовки             |         | Ø173,95±1,45                      |        |
| Ø180H7 (+0,046)  |  |     |      |     |                |                           |                 |                              |         |                                   |        |
| Заготівля-виливок  | 200  | 300 | 1440 | -   | -              | 175,386                   | 2900            | 175,4                        | 172,5   | -                                 | -      |
| розточування чорнове   | 50   | 50  | 86   | 160 | 2·1950         | 179,286                   | 460             | 179,29                       | 178,83  | 6330                              | 3890   |
| розточування чистове   | 20   | 20  | 58   | 8   | 2·282          | 179,85                    | 185             | 179,850                      | 179,665 | 835                               | 560    |
| розточування тонке   | -  | -   | -    | -   | 2·98           | 180,046                   | 46              | 180,046                      | 180,00  | 335                               | 196    |
|  |  |     |      |     |                |                           |                 |                              |         | 7500                              | 4646   |
|  | <i>Контроль: Td з - Td д = 2854 = 2z про max - 2z о min = 2854</i> |     |      |     |                |                           |                 |                              |         |                                   |        |
| лінійний розмір  |  |     |      |     |                |                           |                 | Розмір заготовки 224,15±1,45 |         |                                   |        |
| Заготівля-виливок  | 200  | 300 | 820  | -   | -              | 222,67                    | 2900            | 225,6                        | 222,7   | -                                 | -      |
| фрезерування чорнове   | -  | -   | -    | 160 | 2·1 335        | 220                       | 1000            | 220,0                        | 219,0   | 5600                              | 3700   |
|  | <i>Контроль: Td з - Td д = 1900 = 2z про max - 2z о min = 1900</i> |     |      |     |                |                           |                 |                              |         |                                   |        |

## 2.1.5 Розробка технологічного процесу механічної обробки

*Операція 005. Розмічальна, код 0190*

Устаткування: Розмічальна плита 2 - 2-1600 x 1000, ГОСТ 10905-86, код 393550.

Комплект розмічального інструменту.

Зміст операції.

1. Розмаїття площину роз'єму кришки.

2. Розмаїття кришку по осях

Штучний час Тшт. = 18 хв.

*операція 010. Фрезерно-свердлильна з ЧПУ, код 4261*

Устаткування: Верстат моделі 6P13Ф3, код +381861.

Технічна характеристика верстата

Розміри робочої поверхні стола, мм 400 x 1600

Найбільші переміщення столу, мм

поздовжнє 1000

поперечне 400

Подача столу, мм / хв:

Поздовжня, поперечна і вертикальна 10 - 1200

Швидкість швидкого ходу столу, мм / хв:

Поздовжня, поперечна і вертикальна 2400

Частота обертання шпинделя 40 - 2000

Потужність електроприводу шпинделя, кВт 7,5

Габаритні розміри:

довжина 3425

ширина 3200

висота 2520

Пристосування: Спеціальне пристосування з гідрозажиму, код 396191.

Зміст операції.

1. Встановити деталь в пристосуванні, вивірити і закріпити.

2. Фрезерувати начорно площину роз'єму на довжині 820x290, в розмір 227-1
3. Фрезерувати начисто площину роз'єму на довжині 820x290, в розмір 225-1
4. Центрувати 14 відп.  $\varnothing 10$ , на глибину 10.
5. Свердлити 14 відп.  $\varnothing 17$ , глибиною 90 (6 відп) і глибиною 16 (8 відп) на прохід.
6. Зняти деталь.

Ріжучий інструмент.

Фреза торцева насадні з тригранними пластинами ВК8,  $\varnothing 100$ ,  $z = 8$ ,  
ГОСТ-24359-80, код 391890  
свердел центрувальне  $\varnothing 10$ , Р6М5, ОСТ 2І20-5-80, код +391242.  
свердло спіральне  $\varnothing 17$ , Р6М5, ОСТ 2І20-2-80, код 39

Контрольний інструмент.

Лінійка ШП 1000 x 18, ГОСТ 8026-75, код 393510.  
Штангенрейсмас ШР 100-1000, ГОСТ 164-80, код 393320.  
Штангенциркуль ШЦ-ІІ-350 x 0,05, ГОСТ 166-80, код 393311. Режими різання по переходах визначені табличним методом [5] і сведе  
Режими різання по переходах визначені табличним методом [5] і сведе  
ни в табл. 2.1.5.

Таблиця 2.1.5

| <i>№<br/>пере-<br/>ходу</i> | <i>t,<br/>мм</i> | <i>S,<br/>мм / об</i> | <i>n,<br/>хв-1</i> | <i>V,<br/>м / хв</i> | <i>i</i>                | <i>T<sub>0</sub>,<br/>хв</i> |
|-----------------------------|------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|------------------------------|
| 2                           | 5                | 1,44                  | 250                | 78,5                 | 1                       | 5,42                         |
| 3                           | 2                | 0,5                   | 315                | 99,0                 | 1                       | 1,92                         |
| 4                           | 5                | 0,19                  | 1000               | 31,4                 | 14                      | 1,64                         |
| 5                           | 8,5              | 0,26                  | 600                | 32                   | 6/8                     | 2,42 /<br>0,97               |
|                             |                  |                       |                    |                      | T <sub>0Σ</sub> = 12,37 |                              |

## Нормування операції 010

штучний час

$$T_{шт} = T_{e\Sigma} + T_v + T_{об} + T_{НП} = 12,37 + 2,46 + 1,48 = 16,31 \text{ хв.}$$

де  $T_{шт}$  - штучний час на обробку деталі, хв;

$T_{e\Sigma}$ - сумарне основний час по всіх переходах, табл. 3.1.5, хв.,

$T_v$  допоміжний час на установку і зняття деталі, допоміжний час пов'язане з виконанням переходів, час на контрольні вимірювання і час холостих ходів, хв.

$T_{об}$ -час на організаційне і технічне обслуговування, хв.

$T_{нп}$ - час на нормовані перерви, хв.

допоміжний час

$$T_v = T_{ву} + T_{во} + T_{вк} + T_{вхх} = 1,13 + 0,8 + 0,26 + 0,27 = 2,46 \text{ хв.}$$

де  $T_{ву} = 1,13$  хв. - допоміжний час на установку, вивірку і зняття деталі;

$T_{во} = 0,8$  хв. - допоміжний час на перехід;

$T_{вк} = 0,26$  хв. - допоміжний час на контрольні заміри розмірів;

$T_{вхх}$ -час холостих пробігів, підведення і відведення інструменту

$$T_{вхх} = L_{хх} / V_{хх} = 2010 / 7500 = 0,27 \text{ хв.}$$

Де  $V_{хх} = 7500$  мм / хв - швидкість холостого ходу.

Час на організаційне, технічне обслуговування та нормовані перерви приймається в розмірі 10% від оперативного часу [5]

$$T_{об} + T_{НП} = 0,1 (T_{e\Sigma} + T_v) = 0,1 (12,37 + 2,46) = 1,48 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{ПЗ} / n_z = 16,31 + 28,4 / 154 = 16,46 \text{ хв,}$$

де  $T_{ПЗ} = 28,4$  хв. - підготовчо-заключний час на партію деталей;

$n_z$  - розмір партії деталей для запуску у виробництво

$$n_z = q N / Fq = 8 \cdot 5000 / 260 = 154 \text{ шт.}$$

де  $q$  - запас деталей на складі,  $q = 8$  дн.

$N = 5000$  шт - річна програма випуску деталей;

$Fq = 260$  дн. - дійсний річний фонд часу роботи обладнання.

*операція 015.* Фрезерно-свердлильна з ЧПУ, код 4261

Фрезерний верстат моделі 6P13Ф3, код 381611.

Технічна характеристика верстата приведена в операції 010.

Пристосування: Спеціальне верстатне пристосування з гідрозажіма, код 396191

зміст операції

1. Установити, вивірити по розмітці, закріпити.
2. Фрезерувати площині двох припливів, шириною 60, на довжині 80 мм.
3. Фрезерувати площину оглядового вікна 200x150.
4. фрезерувати контур оглядового вікна 150x100.
5. Центрованим 6 відп.  $\varnothing 10$  на глибину 5 мм.
6. Свердлити 4 отв.  $\varnothing 6,6$ ;  $l = 15$  мм.
7. Свердлити 2 отв.  $\varnothing 13,8$ ;  $l = 45$  мм.
8. Зенковать 6 відп.  $\varnothing 34$ ;  $l = 3$  мм.
9. Зенкеровать 2 відп.  $\varnothing 22$ ;  $l = 8$  мм, витримавши фаску 120 град.
10. Нарізати різьбу М16-7Н в 2 відп.,  $l = 40$  мм.
12. Нарізати різьбу М8-7Н в 4 відп.,  $l = 15$  мм.
13. Зняти деталь.

Ріжучий інструмент

Фреза торцева насадні з ножами ВК8,  $\varnothing 100$ ,  $Z = 8$ , ГОСТ24359-80, код 392190.

Фреза кінцева  $\varnothing 32$ ,  $Z = 6$ , Р6М5, ГОСТ17026-71, код 391820.

Фреза кінцева  $\varnothing 10$ ,  $Z = 4$ , Р6М5, ГОСТ17026-71, код 391820.

свердел центрувальне  $\varnothing 10$ , Р6М5, ОСТ2-І-211-5-80, код391242.

свердло спіральне  $\varnothing 6,6$ ;  $\varnothing 13,8$ ;  $\varnothing 17$ , Р6М5, ОСТ2-035-741-81, код391290.

Мітчик машинний М8 і М16, Р6М5, ГОСТ3266-87, код триста дев'яносто одна тисяча триста дев'яносто один.

Зенковка торцева  $\varnothing 34$ , Р6М5, ОСТ2-І-2-2-80, код 391690.

зенкер цільний  $\varnothing 22$ , Р6М5, ГОСТ12489-71, код 391620.

контрольний інструмент

Штангенциркуль ШЦ-11-500x0,05, ГОСТ166-80, код 393311.

Різьбовий калібр-пробка М8-7Н, М16-7Н, код 394140.

Аналітичний розрахунок режимів різання, [4].

Перехід 2. Фрезерувати начорно площині двох припливів, шириною 60, на довжині 80мм.

1. Глибина різання  $t = 5$  мм.

2. Подача на зуб  $S_z = 0,3$  мм / зуб.

3. Швидкість різання

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^u B^p} kv = 106.6 \text{ м / хв}$$

Де  $C_v = 445$  - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу і умови обробки;  
 $q = 0.2$ ;  $x = 0.15$ ;  $y = 0.35$ ;  $u = 0.2$ ;  $p = 0$ ;  $m = 0.32$  -Показники ступенів;

$D = 100$  мм діаметр фрези;  $B = 60$  мм ширина фрезерування;

$T = 180$  хв. - період стійкості фрези.  $Z = 8$ -число зубів фрези;

$K_v$  - узагальнений швидкісний коефіцієнт

$$K_v = K_m K_n K_u = 0.91 \cdot 0.8 \cdot 0.83 = 0.6$$

де:  $K_m = 0.91$ - коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу заготовки; До  $n = 0,8$  - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$K_u = 0,83$  - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

4. Частота обертання фрези

$$n = 1000V / \pi \cdot d = 1000 \cdot 106,6 / 3,14 \cdot 100 = 339,5 \text{ об / хв.}$$

Приймаються за паспортном верстата  $n = 350 \text{ хв}^{-1}$ .

5. сила різання

$$P_z = (10C_{pt}xS_{zy}B_uZ_{kmp}) / Dq_nw = 3573.5 \text{ Н}$$

де  $C_p = 54,5$  коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу і умов обробки;  $x = 0$ ;  $y = 0,75$ ;  $q = 1.3$ ;  $u = 1.1$ ;  $w = 0.2$  - показники ступеня у формулі різання;

$B = 60$  мм-ширина фрезерування;  $Z = 8$  - число зубів фрези;

$D = 100$  мм діаметр фрези;  $n = 350$  об / хв-частота обертання фрези;

$K_M = 1,08$ -коефіцієнт, що враховує умови різання.

6. Потужність витрачається на різання

$$N = P_z V / (1020 * 60) = 3573.5 * 106.6 / (1020 * 60) = 6.2$$

так як  $N = 6.2 < N_{ш} = 6,75$  кВт, призначений режим здійснимо.

Тут  $N_{ш}$ - потужність на шпинделі:

$$N_{ш} = N_c \eta = 7,5 \cdot 0,9 = 6,75 \text{ кВт}$$

де  $N_c = 7,5$  кВт-потужність електроприводу;  $\eta = 0,9$  ККД приводу.

7. Основний час по переходу

$$T_{e2} = [(l_1 + l_2) / n \cdot S_z Z] \cdot i,$$

де  $l_1 + l_2 = 13$  мм - сумарна величина врізання фрези.

$$T_{e2} = [(80 + 13) / 350 \cdot 0,3 \cdot 8] \cdot 2 = 0,22 \text{ хв.}$$

По всіх переходах операції виробляємо табличним методом визначення режимів різання і основного часу, [5]. Результати зведені в таблицю 2.1.6.



Таблиця 2.1.6

| №<br>пере-<br>ходу | $t$ ,<br>мм | $S$ ,<br>мм / об | $n$ ,<br>хв-1 | $V$ ,<br>м / хв | $L_{р.х.}$ ,<br>мм | $i$                    | $T_0$ ,<br>хв |
|--------------------|-------------|------------------|---------------|-----------------|--------------------|------------------------|---------------|
| 2                  | 5           | 2.4              | 350           | 106.6           | 93                 | 2                      | 0.22          |
| 3                  | 3           | 1.26             | 428           | 43              | 560                | 1                      | 1.04          |
| 4                  | 3           | 0.54             | 650           | 20.4            | 460                | 1                      | 1.31          |
| 5                  | 5           | 0.19             | 1000          | 35              | 14                 | 6                      | 0.61          |
| 6                  | 3.3         | 0.19             | 1000          | 35              | 18                 | 4                      | 0.38          |
| 7                  | 6.9         | 0.26             | 700           | 35              | 45                 | 2                      | 0.44          |
| 8                  | 3.0         | 0.2              | 190           | 30              | 5                  | 6                      | 0.84          |
| 9                  | 2.0         | 0.4              | 190           | 13.1            | 12                 | 2                      | 0.32          |
| 10                 | 0.8         | 2.0              | 190           | 9.5             | 30                 | 4                      | 0.32          |
| 11                 | 0.7         | 1.25             | 190           | 4.8             | 18                 | 8                      | 0.61          |
|                    |             |                  |               |                 |                    | те $\Sigma = 6.09$ хв. |               |

## Нормування операції 015.

штучний час

$$T_{шт} = T_{е \Sigma} + T_{в} + T_{об} + T_{пп}, = 6,09 + 2,39 + 0,63 = 9,11 \text{ хв}$$

де  $T_{шт}$  - штучний час на обробку деталі, хв; $T_{про \Sigma}$  - сумарне основний час по всіх переходах, табл. 2.8., Хв; $T_{в}$  - допоміжний час на установку і зняття деталі, допоміжний час пов'язане з виконанням переходів, час на контрольні вимірювання і час холостих ходів, хв; $T_{об}$  - час на організаційне і технічне обслуговування, хв; $T_{пп}$  - час на нормовані перерви, хв.

допоміжний час

$$T_{в} = T_{ву} + T_{во} + T_{ВК} + T_{вхх}, = 1,13 + 0,8 + 0,26 + 0,2 = 2,39 \text{ хв},$$

де  $T_{ву}$  - допоміжний час на установку і зняття деталі 73 кг,  $T_{ву} = 1,13$  хв; $T_{у}$  - час на вивірку деталі і організаційні заходи,

$T_{вo} = 0,8$  хв;

$T_{вк}$  - час на контрольні вимірювання,  $T_{BK} = 0,26$  хв;

$T_{вхх}$  - допоміжний час холостих ходів

$$T_{вхх} = L_{хх} / V_{хх},$$

де  $V_{хх}$  - швидкість швидкого ходу,  $V_{хх} = 7500$  мм / хв.

$$T_{вхх} = 1600/7500 = 0,2 \text{ хв}$$

Час на організаційне і технічне обслуговування операції і нормовані перерви

$$T_{об} + T_{НП} = 0,1 \cdot (T_{е\Sigma} + T_{в}),$$

$$T_{об} + T_{НП} = 0,1 \cdot (6,09 + 0,2) = 0,63 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{ПЗ} / n_3, = 9,11 + 34/154 = 9,29 \text{ хв}$$

де  $T_{шк}$  - штучний час, хв;

$T_{нз}$  - підготовчо-заключний час на партію деталей,  $T_{ПЗ} = 34$  хв;

$n_3$  - розмір партії деталей для запуску у виробництво, шт.

$$n_3 = q \cdot N / F_g,$$

де  $N$  - річна програма випуску деталей,  $N = 5000$  шт;

$F_g$  - дійсний річний фонд часу роботи обладнання,  $F_g = 260$  дн;

$q$  - запас деталей на складі,  $q = 8$  дн.

$$n_3 = 8 \cdot 5000 / 260 = 154 \text{ шт.}$$

*операція 020. слюсарна*

зміст операції

1. Зібрати корпус з кришкою.
2. Намітити, свердли, зенкерувати і заштіфтувати 2 відп.  $\varnothing 10$ .

Штучний час Тшт = 60 хв.

*операція 025.* Горизонтально-розточна, код 4221

Верстат моделі 2А622МФ2, код 381 261.

Технічна характеристика верстата

Розміри робочого столу, мм 1120 x 1250

Найбільші переміщення, мм:

    поздовжнє 1000

    поперечне 1250

Частота обертання, хв-1 4 - 1250

Число робочих подач Б / с

    Потужність електродвигуна приводу

    головного руху, кВт 15

    Габаритні розміри:

        довжина 5520

        ширина 4885

        висота 3965

Пристосування: Спеціальне верстатне пристосування з гідрозажиму, код 396191.

Зміст операції.

1. Встановити деталь в пристосуванні і закріпити.
2. Фрезерувати торці базових отворів на довжині 600, шириною 250 з двох сторін.
3. Розточити начорно до  $\varnothing 177,5 + 1,15$ , на довжині 144 -1,0.
4. Розточити начорно до  $\varnothing 107,5 + 1,0$ , на довжині 144 -1,0.
5. Розточити начорно до  $\varnothing 77,9 + 0,87$ , на довжині 144 -1,0.
6. Розточити начисто до  $\varnothing 179,6 + 0,185$ , на довжині 144-1,0
7. Розточити начисто до  $\varnothing 109,7 + 0,16$ , на довжині 144-1,0
8. Розточити начисто до  $\varnothing 79,8 + 0,14$ , на довжині 144-1,0

9. Розточити фаску 2x450 на  $\varnothing 180$ , з двох сторін
10. Розточити фаску 2x450 на  $\varnothing 110$ , з двох сторін.
11. Розточити фаску 2x450 на  $\varnothing 80$ , з двох сторін
12. Розточити тонко до  $\varnothing 180 + 0,046$ , на довжині 144-1,0
13. Розточити тонко до  $\varnothing 110 + 0,035$ , на довжині 144-1,0
14. Розточити тонко до  $\varnothing 80 + 0,036$ , на довжині 144-1,0
15. Центрованим 12 відп.  $\varnothing 10$ , глибиною 10 з двох сторін.
16. Свердли 12 відп.  $\varnothing 10,1$  на глибину 20, з двох сторін.
17. Зенковать фаски 1x450 в 12 відп. з двох боків.
18. Нарізати різьбу М12-7Н в 12 відп., Глибиною 15, з двох сторін.
19. Снять деталь.

#### Ріжучий інструмент

Фреза торцева насадні зі вставними ножами ВК8,  $\varnothing 315$ ,  $z = 20$ , ГОСТ 24359-80, код 392190.

Оправлення розточувальні (3), №80, ГОСТ 21221-75, код 392101.

свердел центрувальне  $\varnothing 10$ , Р6М5, ОСТ2-М211-5-80, код391242.

свердло спіральне  $\varnothing 10,1$ , Р6М5, ОСТ2-035-741-81, код391290.

Мітчик машинний М12, Р6М5, ГОСТ 3266-81, код391391.

Зенковка конічна  $\varnothing 31,5$  Р6М5, ГОСТ14953-80, код 391690.

#### Контрольний інструмент.

Лінійка ШП-1-1000, ГОСТ 8026-75, код 393510.

Штангенциркуль ШЦ- 1-5x0,05, ГОСТ 166-80, код 393311.

Калібр-пробка (3),  $\varnothing 180Н7, \varnothing 110Н7, \varnothing 80Н7$ , код393120.

Різьбовій калібр-пробка  $\varnothing 12-7Н$ , код 394140.

Режими різання визначені табличним методом / 5 / і зведені в табл.2.1.7.

Таблиця 2.17

| <i>№пер.</i> | <i>t, мм</i> | <i>S, мм /<br/>об</i> | <i>n, хв-1</i> | <i>V, м /<br/>хв</i> | <i>L<sub>рх</sub>,<br/>мм</i> | <i>i</i> | <i>T<sub>0</sub>, хв</i> |
|--------------|--------------|-----------------------|----------------|----------------------|-------------------------------|----------|--------------------------|
| 2            | 5            | 4.0                   | 80             | 77                   | 150                           | 2        | 4,06                     |
| 3            | 5            | 0,75                  | 130            | 73,5                 | 150                           | 1        | 1,54                     |
| 4            | 5            | 0,75                  | 230            | 79,4                 | 150                           | 1        | 0,87                     |
| 5            | 5            | 0,75                  | 320            | 80,4                 | 150                           | 1        | 0,62                     |
| 6            | 2            | 0,5                   | 110            | 62,2                 | 148                           | 1        | 2,69                     |
| 7            | 2            | 0,5                   | 180            | 62,2                 | 148                           | 1        | 1,64                     |
| 8            | 2            | 0,5                   | 250            | 62,8                 | 148                           | 1        | 1,18                     |
| 9            | 2            | 0,5                   | 110            | 62,5                 | 4                             | 2        | 0,14                     |
| 10           | 2            | 0,5                   | 180            | 62,2                 | 4                             | 2        | 0,09                     |
| 11           | 2            | 0,5                   | 250            | 62,8                 | 4                             | 2        | 0,06                     |
| 12           | 0,8          | 0,18                  | 200            | 113,0                | 146                           | 1        | 4,06                     |
| 13           | 0,8          | 0,18                  | 320            | 110,5                | 146                           | 1        | 2,54                     |
| 14           | 0,8          | 0,18                  | 420            | 105,5                | 146                           | 1        | 1,93                     |
| 15           | 5            | 0,19                  | 1000           | 35,0                 | 14                            | 24       | 1,061                    |
| 16           | 5,05         | 0,19                  | 1000           | 35,0                 | 23                            | 24       | 2,64                     |
| 17           | 1,0          | 0,1                   | 190            | 30,0                 | 3                             | 24       | 3,79                     |
| 18           | 0,9          | 1,75                  | 190            | 7,2                  | 18                            | 24       | 1,3                      |

$$T_{0\Sigma} = 30,76$$

Нормування операції 025.

штучний час

$$T_{шт} = T_{e\Sigma} + T_v + T_{об} + T_{НП} = 30,76 + 8,53 + 3,9 = 43,19 \text{ хв}$$

де  $T_{e\Sigma}$  - сумарне основний час на операцію, хв;

$T_v$  - допоміжний час на виконання переходів, хв;

$$T_v = T_{vu} + T_{vo} + T_{vxx} = 1,5 + 0,45 + 6,58 = 8,53 \text{ хв}$$

$T_{\text{ву}} = 1,5$  хв-допоміжний час на установку і зняття деталі.

$T_{\text{во}} = 0,45$  хв-допоміжний час, пов'язане з виконанням переходів;

$T_{\text{вхх}}$ - допоміжний час на підведення і відведення інструменту і холост ходу столу і інструменту

$$T_{\text{вхх}} = L_{\text{хх}} / V_{\text{хх}} = 15800/2400 = 6,58 \text{ хв}$$

Тут  $L_{\text{хх}}$ -відстань холостих ходів, мм

$V_{\text{хх}}$ -швидкість холостого ходу, мм / хв

$T_{\text{об}} + T_{\text{НП}}$  - час на організаційне і технічне обслуговування та нормовані перерви, приймаємо 10% від  $T_{\text{оп}} = T_{\text{е}\Sigma} + T_{\text{в}}$ .

$$T_{\text{про}} + T_{\text{НП}} = 0,1 \cdot (30,76 + 8,53) = 3,9 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{ПЗ}} / n_{\text{з}}, = 43,19 + 43,5 / 154 = 43,42 \text{ хв}$$

где  $T_{\text{пз}}$  - підготовчо-заключний час на партію деталей,  $T_{\text{ПЗ}} = 43,5$  хв;

$n_{\text{з}}$  - розмір партії деталей для запуску у виробництво, шт.

*операція 030. Слюсарна, код 0190*

Зміст операції.

1. Розібрати корпус і кришку.

2. Зачистити задирки.

Штучний час  $T_{\text{шк}} = 48$  хв.

*операція 035. мийна*

Зміст операції.

промий деталь

Штучний час  $T_{\text{шк}} = 30$  хв.

*операція 040. Контрольна, код 0220*

зміст операції

Контролювати розміри деталі

Штучний час  $T_{шт} = 15$  хв.

### 2.1.6 Аналіз заводський і проектової технології механічної обробки деталі

Таблиця 2.1.8

| №<br>опер | Заводський процес            | $T_{шт}$<br>хв | №<br>опер | Проектований процес          | $T_{шт}$<br>хв |
|-----------|------------------------------|----------------|-----------|------------------------------|----------------|
|           | найменування операції        |                |           | найменування операції        |                |
| 010       | розмічальна                  | 18,0           | 00<br>5   | розмічальна                  | 18,0           |
| 015       | Вертикально-фрезерна         | 13,2           | 01<br>0   | Фрезерно-сверлильная         | 16,31          |
| 020       | Поздовжньо-фрезерна          | 15,6           | 01<br>5   | Фрезерно-сверлильная         | 9,11           |
| 025       | розмічальна                  | 20,0           | 02<br>0   | слюсарна                     | 60,0           |
| 030       | Поздовжньо-фрезерна          | 28,3           | 02<br>5   | Горизонтально-розточувальні. | 43,19          |
| 035       | радіально сверлильная        | 12,0           | 03<br>0   | слюсарна                     | 48,0           |
| 040       | Радіально-свердлильні        | 14,0           | 03<br>5   | мийна                        | 30,0           |
| 045       | розмічальна                  | 10,2           | 04<br>0   | контрольна                   | 15             |
| 050       | слюсарна                     | 9,0            |           |                              |                |
| 055       | Радіально-свердлильні        | 10,0           |           |                              |                |
| 060       | слюсарна                     | 60,0           |           |                              |                |
| 065       | Горизонтально-розточувальні. | 84,0           |           |                              |                |

|      |            |      |  |  |  |
|------|------------|------|--|--|--|
| 070  | слюсарна   | 48,0 |  |  |  |
| 075  | мийна      | 30,0 |  |  |  |
| 0,80 | контрольна | 15   |  |  |  |

$$T_{шт} = 387,3 \quad T_{шт} = 239,6$$

Висновок: Аналіз заводської і проекрованої технології показує, що обробка деталі на верстатах з ЧПУ дозволила знизити трудомісткість механічної обробки в 1,6 рази

талі на верстатах з ЧПУ дозволила знизити трудомісткість механічної обробки в



## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Розрахунок верстатного пристосування корпусної деталі

#### 3.1.1 Розрахунок точності пристосування

Точність верстатного пристосування для установки деталі на операції 015 фрезерно-свердлильний, при обробці поверхні оглядового вікна кришки і кріпильних отворів, визначається за формулою

$$\varepsilon \leq [\varepsilon]$$

де  $[\varepsilon]$ - допустима величина похибки пристосування, мкм.

$\varepsilon$ - дійсна величина похибки пристосування, мкм.

Допустима величина похибки залежить від величини допуску на виконуваний розміри 220-1,0 і 130-1,0 і похибки механічної обробки.

З достатньою для практики точністю допустиму величину похибки розраховується за формулою

$$[\varepsilon] = T - \omega k = 1000 - 250 \cdot 0,8 = 800 \text{ мкм}$$

де  $T = 1000$  мкм-допуск на виконуваний розмір.

$\omega = 0,25$  мм-середньо економічна точність одноразового фрезерування площин припливів.

$k = 0,8$  коефіцієнт посилення.

Дійсна похибка пристосування визначається за формулою

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_n^2} = \sqrt{0^2 + 150^2 + 50^2} = 158 \text{ мкм}$$

де- $\varepsilon_0 = 0$ -похибка базування заготовки в пристосуванні по чорновий базі, при поєднанні вимірювальної та технологічної баз.

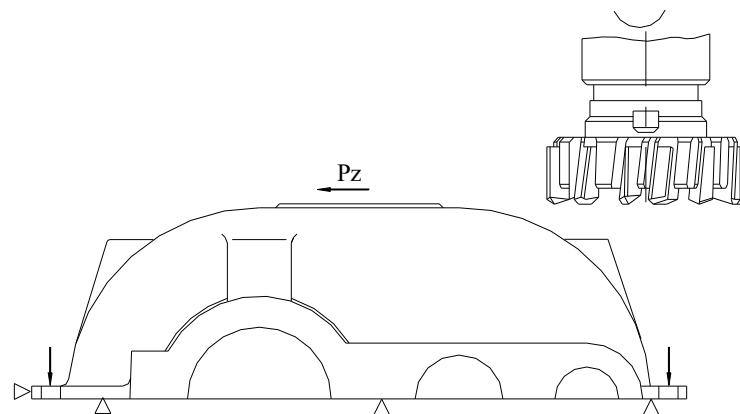
$\varepsilon_3 = 150$  мкм-похибка закріплення заготовки, [3]

$\varepsilon_n = 50$  мкм-похибка закріплення заготовки.

Отже, умова  $\varepsilon \leq [\varepsilon]$ ,  $158 \leq 800$  виконується, обрана схема базування і закріплення заготовки в пристосуванні забезпечує задану точність обробки.

### 3.1.2 Визначення зусилля затиску

При одноразовому фрезеруванні поверхні припливів кришки, операція 015, рис.3.1 основна складова сил різання  $P_z$  спрямована паралельно основній технологічній базі і дорівнює 3573 Н.



Мал. 3.1 Схема базування та закріплення деталі

Сумарне зусилля затиску

$$P_z = \kappa P_z / 2f = 3,6 \cdot 3573 / 2 \cdot 0,2 = 32157 \text{ Н}$$

Де  $\kappa = 3,6$ -коефіцієнт запасу при одноразовому фрезеруванні торцевою фрезею  $\varnothing 100$ ;

$P_z = 3573$  Н - основна складова сил різання при торцевому фрезеруванні.

$f = 0,2$ -коефіцієнт тертя в зоні контакту з литої поверхні: деталь-плита пристосування; деталь-притиск.

### 3.1.3 Розрахунок параметрів гідроциліндра

Діаметр поршня гідроциліндра для закріплення деталі

$$d = \sqrt{\frac{4P_3}{\pi p \eta}}$$

де  $P_3$ - зусилля затиску одного гідроциліндра (в проектуваному пристосуванні їх два);

$p$  - робочий тиск в гидроциліндрі, Па

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії гідроциліндра.

Тоді, приймаючи стандартний гідравлічний притиск типу СРП 7021-0876 [6] ( $d = 63$  мм), визначаємо необхідний робочий тиск

$$p = 4P_3 / (d^2 \pi \eta) = 4 \cdot 16078,5 / (0,0632 \cdot 3,14 \cdot 0,9) = 5733928 \text{ Па} = 5,7 \text{ МПа}$$

Згідно ГОСТ14063-68 приймаємо  $p = 6,3$  МПа.

## 3.2 Проектування ріжучого і вимірювального інструмента

### 3.2.1 Конструкція розточного оправлення

Расточная оправлення застосовується на операції 025 для чистового розточування отворів діаметром 100 - 250 мм. Особливістю її конструкції є великий діапазон регулювання діаметра растачивания.

Оправлення є збірною конструкцією, що складається з хвостовика 1 двох типорозмірів, що розрізняються між собою по довжині, однією різцевої вставки 6, встановленої в головку з мікрометричним регулюванням, різцетримача 5. Широкий діапазон регулювання діаметрів досягається переміщенням різцетримача по хвостовику регулювальним гвинтом 4 і закріпленням різцетримача чотирма гвинтами 2.

Точна настройка на розмір здійснюється гайкою 3 мікробора. Різцеві вставки 6 прямокутного перетину кріпляться в голівці мікробора за допомогою двох кріпильних гвинтів 7.

### 3.2.2 Розрахунок виконавчих розмірів калібр - пробки для контролю розміру Ø110H7

Вихідні дані:

Номінальні посадочні розміри і граничні відхилення  $\varnothing 110 \text{ H7 (+0,035)}$

Рішення:

1. Граничні розміри отвору в деталі:  $D_{max} = 110,035$  мм,  $D_{min} = 110,000$  мм
2. Дані для розрахунку калібру пробки складають:
  - допуск на виготовлення калібру - пробки -  $H = 5$  мкм;
  - відхилення середини поля допуску прохідного калібру - пробки щодо найменшого граничного розміру отвори -  $z = 4$  мкм;
  - допустимий вихід розміру зношеного калібру - пробки за кордон поля допуску отвору  $y = 3$  мкм
3. Розміри калібру - пробки для контролю отвори: найбільший розмір прохідного нового калібру – пробки

$$PP_{max} = D_{min} + z + H / 2 = 110,000 + 0,004 + 0,005 / 2 = 110,0065 \text{ мм}$$

виконавчий розмір прохідного калібру – пробки

$$PP = PP_{max} - H = 110,0065 - 0,005 \text{ мм.}$$

найменший розмір зношеного прохідного калібру – пробки

$$PP_{zn} = D_{min} - y = 110,000 - 0,003 = 109,997 \text{ мм}$$

найбільший розмір непрохідного нового калібру - пробки

$$HE_{max} = D_{max} + H / 2 = 110,035 + 0,005 / 2 = 110,0375 \text{ мм}$$

виконавчий розмір непрохідного калібру - пробки

$$HE = HE_{max} - H = 110,0375 - 0,005 \text{ мм.}$$



## **4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ**

### **4.1 Зниження енергоємності обробки заготовок з конструкційних сталей і чавунів**

Зростання цін на енергоносії зумовив значне збільшення енергетичної складової собівартості продукції, в результаті було збільшення цін на продукцію більш ніж на 20%. Ситуація, що склалася підвищила інтерес фахівців в різних галузях промисловості до проблем заощадження енергоресурсів.

В даний час, формується законодавча база енергозберігаючої політики держави.

Енергозберігаюча політика держави здійснюється на основі реалізації регіональних програм в області енергозбережень шляхом: оцінки потенціалів енергозбереження; стимулювання підприємств при розробці і впровадженні заходів щодо скорочення споживання енергоресурсів; організації обліку споживання ресурсів, а також контролю за їх витратою; проведення енергетичних обстежень організацій; вдосконалення енерговикористання.

Відповідно до згаданих вище, на підприємствах будуть проводитися наступні заходи: енергетичний аудит, подача енергетичної декларації, державне нормування поточного споживання енергії. Показники енергоефективності будуть включатися в державні стандарти на обладнання, матеріали та конструкції, а також енергоспоживаючу продукцію будь-якого призначення і енергетичні ресурси повинні бути сертифіковані на відповідні показники енергоефективності.

### **4.2 Енергозберігаюча політика як фактор підвищення конкурентоспроможності продукції**

Активна енергозберігаюча політика є необхідною умовою підвищення забезпечення конкурентоспроможності продукції і прискорення науково-технічного прогресу в паливно-енергетичному комплексі, а також у машинобудівних та ін-

ших суміжних галузях промисловості. Існує важливий макроекономічний показник енергоємності - кількість петаджоулів, витрачених на виробництво продукції вартістю в 1 млрд доларів США ВВП. За цим показником технологічна відсталість України на сьогоднішній день очевидна. Зростання цін на енергоносії, обмеженість енергоресурсів диктує необхідність вибору найбільш ефективних ресурсозберігаючих технологій при виробництві продукції. Одним із шляхів виходу економіки з ситуації, що склалася є підвищення конкурентоспроможності вітчизняних товарів, в тому числі продукції машинобудування. лий при збереженні необхідної якості. Будь-який виріб, відповідаючи вимогам свого службового призначення, характеризується рядом якісних показників, таких як технологічність конструкції виробу, яка є одним з важливих напрямків підвищення ефективності промислового виробництва при незначних додаткових витратах на його здійснення. Значна економія енергії може бути отримана в промисловості без капітальних витрат - шляхом невеликих удосконалень технологій і перш за все на основі використання раціональних методів і режимів обробки, експлуатації технологічного обладнання.

### **4.3 Енерговикористання в машинобудуванні**

Аналіз рівнів енерговикористання в машинобудівній галузі показує, що галузь має істотними резервами підвищення ефективності використання енергії, особливо на стадії формоутворення. У питаннях зниження витрат виробництва на стадії виготовлення і аналізу якості продукції великий внесок внесли вчені В. І. Аверченко, М. М. Аршанській, П. Г. Алексєєв, В. Г. Грановський, Г. І. Грановський, О. А. Горленко, В. М. Смілянський, В. К. Старков, В. В. Швець та ін. Однак наявні окремі результати не дозволяють визначати енергоємність по широкому спектру видів обробки і технологічних операцій. Складність завдань, що виникають при вирішенні проблеми зниження енерговитрат, в чималому ступені обумовлена великою номенклатурою продукції, що випускається, відсутністю нормативної бази витрати енергоресурсів на випуск продукції і недостатністю знань

по енергоємності технологічних процесів, особливо це стосується машинобудівного виробництва. На сучасному етапі машинобудування характеризується широким використанням всіх видів енергії за рахунок різних енергоносіїв: електроенергія, пара, гаряча вода, рідке, газоподібне і тверде паливо.

На частку електроенергії припадає близько 24%, палива - 38%, теплоенергії - 38%. На технологічні цілі в машинобудуванні витрачається 10-15% споживаної енергії. Рівень електрифікації в машинобудуванні вище, ніж в промисловості в цілому, причому більше половини електроенергії використовується в механічних процесах. На деяких машинобудівних підприємствах питома вага електротехнологічних процесів перевищує 50%. До їх числа відносяться тракторні, автомобільні і верстатобудівні підприємства. Розроблено та впроваджено у виробництво ряд принципово нових технологічних процесів (електрохімічна і електро-іонна технологія, плазмова обробка та ін.). На основі досвіду розвинених зарубіжних країн в Україні питання енергозбереження вирішується за рахунок проведення організаційних заходів на промислових підприємствах: проводиться контрольне обстеження енергоспоживання всіх великих споживачів енергії, цехів і всього підприємства. За результатами обробки результатів обстеження складаються детальні енергетичні баланси кожного технологічного процесу, цеху, підприємства. Вони дозволяють оцінити, чи відповідають технологічні процеси даного підприємства рівню передових країн за питомими витратами енергії, і намітити необхідні зміни в технології та конструкції споживачів енергоресурсів; організовується облік споживання енергоресурсів. Правильна організація обліку енергоспоживання дозволяє економити 5-10% енергоресурсів без додаткових заходів; розробляються і впроваджуються заходи щодо скорочення споживання енергоресурсів. Потенційні можливості енергозбереження закладені в стратегії експлуатації та технічного обслуговування, в стратегії модернізації обладнання та технологічних процесів, в стратегії заміни існуючого обладнання на нове менш енергоємне і впровадження нових технологій. Форми енергозбереження в машинобудуванні. Незважаючи на велику різноманітність форм, енергозбереження зводиться до двох різновидів. Одна - формує динаміку енергоспоживання шляхом безпосеред-



нього зміни витрати енергії на одиницю продукції в зв'язку зі зниженням його матеріаломісткості, переходом на нові технології або внаслідок прямої заміни більш енергоємних видів продукції менш енергоємними. Це активна форма. Інша - пасивна, створює енергозберігаючий ефект не цілеспрямованою зміною якісних параметрів продукції або технології, а шляхом простого прискорення виробництва менш енергоємної продукції в загальному її обсязі.

Форми енергозбереження в машинобудуванні. Незважаючи на велику різноманітність форм, енергозбереження зводиться до двох різновидів. Одна - формує динаміку енергоспоживання шляхом безпосереднього зміни витрати енергії на одиницю продукції в зв'язку зі зниженням його матеріаломісткості, переходом на нові технології або внаслідок прямої заміни більш енергоємних видів продукції менш енергоємними. Це активна форма. Інша - пасивна, створює енергозберігаючий ефект не цілеспрямованою зміною якісних параметрів продукції або технології, а шляхом простого прискорення виробництва менш енергоємної продукції в загальному її обсязі.

**Оптимізація обробки деталей машин.** Характеристики виробу, що визначають пристосованість його конструкції до досягнення оптимальних витрат ресурсів при виробництві та експлуатації для заданих показників якості, являє собою технологічність конструкції виробу. Створення нового машинобудівного виробу - складна конструкційна завдання, пов'язане не тільки з досягненням необхідного технічного рівня, а й з доданням його конструкції таких властивостей, які забезпечують максимально можливе зниження витрат праці, матеріалів і енергії на проектування, виготовлення, технічне обслуговування та ремонт.

Визначення закономірностей прояви інформаційних, економічних і організаційних зв'язків між конструкторським, технологічним і метрологічним аспектами машинобудівного виробництва при кваліметричній оцінці технологічності конструкції деталей на основі побудови математичної та інформаційної моделей їх стану і динаміки якості є актуальним.

При розробці програми для автоматизованої оцінки технологічності проектного рішення необхідно розглянути наступні аспекти: визначення коефіцієнта конс-

трукторської уніфікації; розрахунок коефіцієнта технологічної уніфікації, який включає в себе визначення конструкторських баз, генерацію технологічного процесу для даної деталі; оцінка трудомісткості; оцінка собівартості.

На сьогоднішній день технологічна підготовка виробництва деталей машин не передбачає розрахунок техніко-економічних показників, і питання про можливість виготовлення деталі приймається тільки виходячи з досвіду інженера-технолога, тому для вибору найбільш раціонального методу виготовлення деталі доцільно використовувати автоматизовану систему проектування відповідних технологічних процесів виготовлення деталі, що включають наступні етапи: отримання заготовок, механічна обробка, складальні операції. Завдання оптимізації технологічного процесу механічної обробки деталей машин є комплексною, що вимагає проведення аналізу і вибору технологічних рішень на різних рівнях проектування і забезпечує мінімальні значення наведених витрат з одночасним дотриманням ряду технічних обмежень. Під основною метою технологічного процесу або операції в машинобудуванні зазвичай розуміється забезпечення якості виробу найбільш продуктивним шляхом при мінімальних витратах. В якості одного з основних критеріїв розробки автоматизованої системи вибору маршруту виготовлення деталей машин приймається мінімізація витрат енергоресурсу. При цьому кількість витраченої енергії може характеризуватися показником питомої енергоємності описуваного технологічного процесу. Величину питомої енергоємності зручно визначати за формулою

$$H_{wi} = E_{wi} / Q_i = N_{pi} / Q_{mi}$$

де  $E_{wi}$  - витрата енергії при виконанні  $i$ -ї операції (переходу);  $Q_i$  - обсяг або маса матеріалу, що піддався впливу при виконанні  $i$ -ї операції (переходу);  $N_{pi}$  - ефективна потужність різання при виконанні  $i$ -ї операції (переходу);  $Q_{mi}$  - продуктивність формоутворення поверхні деталі при  $i$ -ї операції (переході).

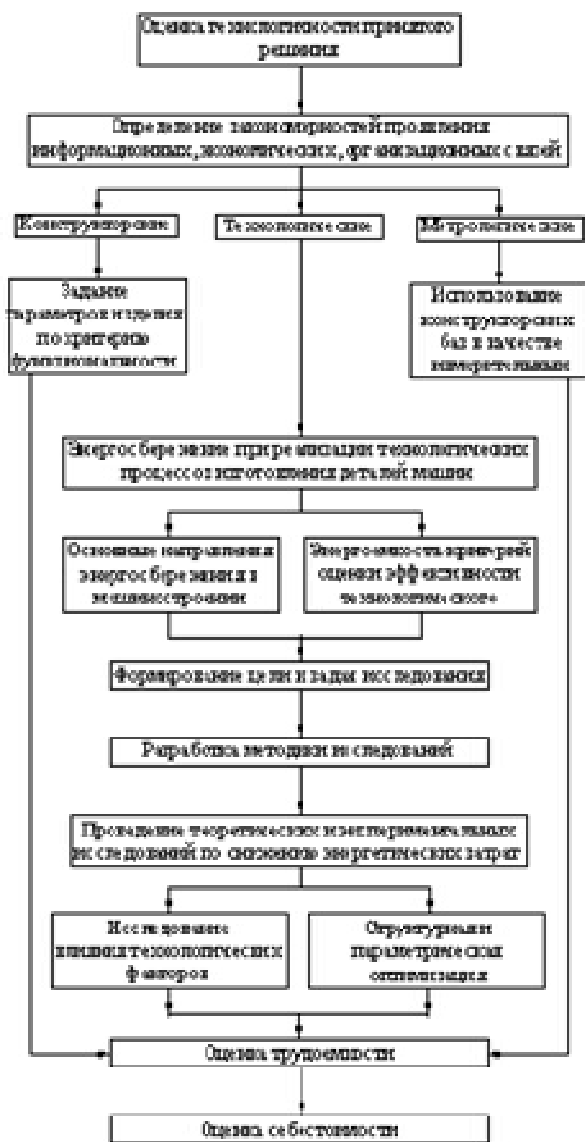
Пропонована схема досліджень (рис. 4.1) за оцінкою технологічності проектного рішення дозволить спроектувати оптимальний процес виготовлення деталі,

який включає в себе: вибір оптимального способу отримання заготовки, визначення його енергоємності; визначення енергоємності можливих способів чорнової чистової обробки заготовки і вибір найбільш раціонального; аналіз і коригування результатів проектування; друк маршруту обробки з відповідними значеннями технологічних режимів.

#### **4.4 Енергоємність процесу як критерій оптимізації**

Механічна обробка в енергетичному відношенні є більш ефективною в порівнянні з такими видами обробки як лазерна або електродугова. Але загальні витрати при різанні все одно перевершують витрати на корисну роботу формування нової поверхні деталі. Надлишок енергії расходується на пружну і пластичну деформації оброблюваного матеріалу та інструменту, їх взаємне тертя і створює підвищену динамічну та теплову напруженість зони різання.

Однак, варіюючи параметрами геометрії інструменту і режиму обробки, властивостями інструментального матеріалу, складом МОР і іншими параметрами управління, можна створити умови обробки, при яких один і той же з'їм металу буде досягатися при різних витратах енергії і, отже, різної напруженості зони різання. Відповідно різними будуть навантаження на систему СНІД, умови роботи ріжучого інструменту і формування фізико-механічного стану поверхневого шару обробленої деталі



Мал. 4.1 Схема досліджень з оцінки технологічності проектного рішення

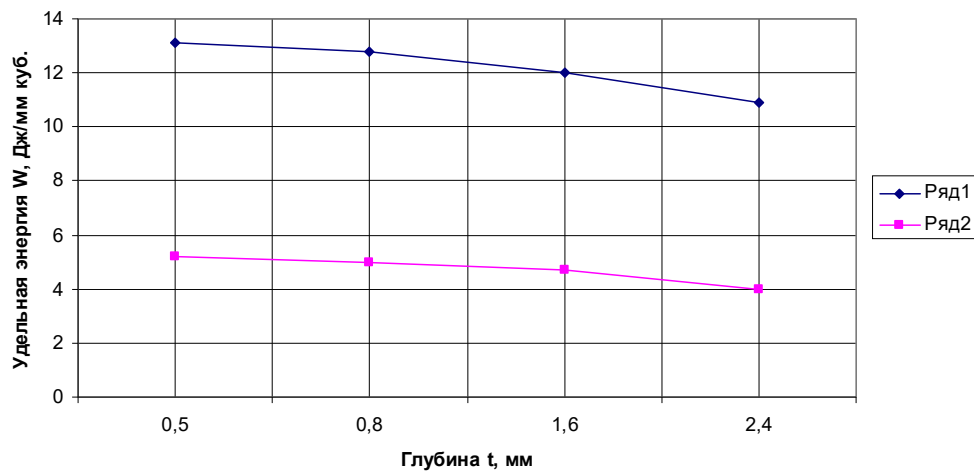
Використання в зв'язку з цим принципу мінімуму енергії для роботи, що витрачається при різанні, може мати певну практичну цінність. Розглянемо в якості критерію оптимізації процесу різання його питому енергоємність тобто витрати, приведені до одиниці об'єму повітря, що видаляється матеріалом. Вибір такого показника пояснюється тим, що 90 ... 95% роботи різання, як показали розрахунки, витрачається на деформацію видаляється матеріалу. Розглянемо вплив режимів різання на витрати питомої енергії на прикладі процесів фрезерування і круглого шліфування при остаточній обробці типових деталей (за даними ВАТ "Агрегатний завод").

Розглянемо фрезерування корінних шийок колінчастого вала зі сталі 40ХНМА (HRC 50) і тюбінгу (елемент збірного кріплення підземних споруд.) з високоміцного чавуну ВЧ 70-2, (235 НВ).

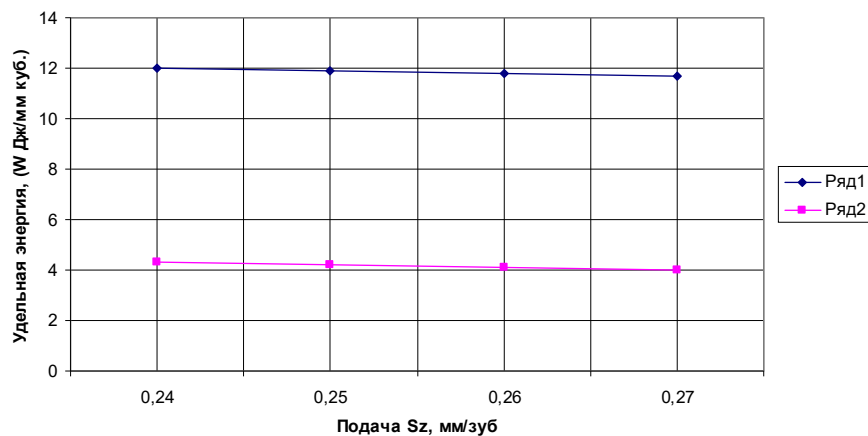
Діаметр фрези  $D = 800\text{мм}$ ,  $z = 40$ ,  $n = 30\text{ хв-1}$ , ріжучі пластини ТТ7К12.

Режими:  $t = 0.5 \dots 3\text{ мм}$ ;  $S_z = 0.24 \dots 0.28\text{ мм / зуб}$ ,  $V = 45 \dots 80\text{ м / хв}$ .

На рис. 4.1 і 4.2 проілюстровані зміни питомої енергоємності процесу фрезерування в діапазоні зміни параметрів, які використовують для обробки даного виду матеріалів.



а)

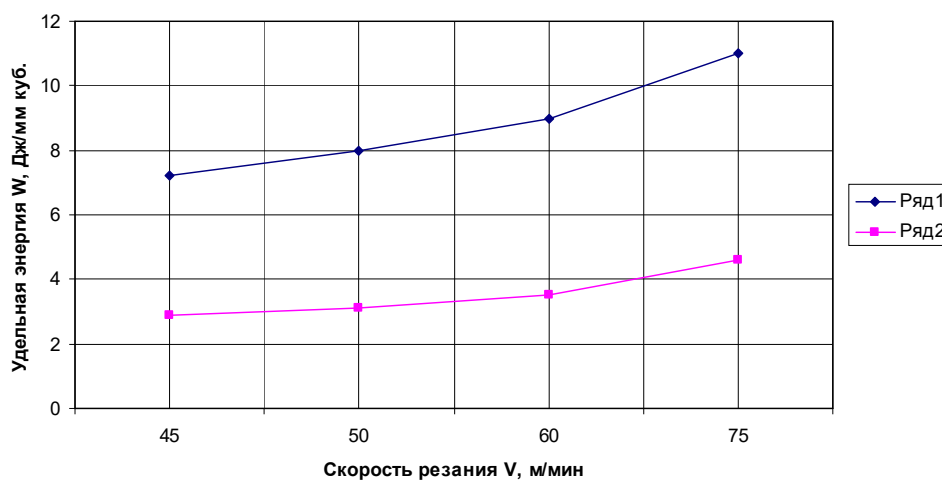


б)

Мал. 4.1 Залежність енерговитрат при фрезеруванні від глибини (а) і подачі (б)

Ряд 1 - ВЧ70 - 2; Ряд 2 - 40ХНМА

З аналізу розрахункових значень  $W$  слід, що збільшення глибини сприяє зменшенню питомої енергоємності або підвищенню знімання матеріалу на одиницю витраченої енергії. Збільшення ж подачі практично не впливає. З параметрів режиму обробки найбільший вплив на питому енергоємність надає глибина різання, швидкість фрези і в меншій мірі подача. Так при зміні глибини різання від 0,5 мм до 2,4 мм при обробці сталі 40ХНМА питомі енерговитрати зменшуються в 1,25 рази, а при збільшенні швидкості фрези збільшуються в 1,5 рази.



Мал. 4.2 Залежність енерговитрат при фрезеруванні від швидкості різання

Ряд 1 - 40ХНМА; Ряд 2 - ВЧ70 – 2

Важливе значення відіграє вид оброблюваного матеріалу. Енерговитрати при механічній обробці колінчастого вала з ВЧ 70-2 набагато менше, ніж при обробці вала зі сталі 40ХНМА. Так, наприклад, для глибини  $t = 0,5$  мм значення  $W_{уд}$   $d = 13,202$  Дж / мм<sup>3</sup> для сталі 40ХНМА, а для ВЧ 70-2  $W_{уд} = 5,26$  Дж / мм<sup>3</sup>. Така різниця обумовлена відмінністю механічних властивостей оброблюваних матеріалів. При збільшенні глибини різання з 0,5 до 2,4 мм для ВЧ 70-2 питомі енерговитрати зменшуються в 1,3 рази, а при збільшенні подачі з 0,24 до 0,27 мм / зуб зменшення відбувається в 1,04 рази.

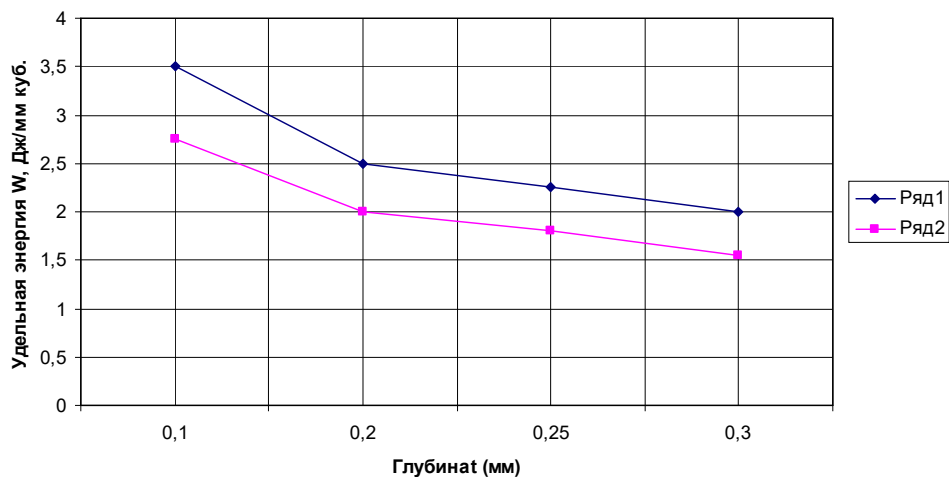
Подальше збільшення глибини для зниження питомих енерговитрат неможливо внаслідок жорстких вимог щодо якості та геометрії поверхневого шару оброблюваної деталі.

Для забезпечення необхідної шорсткості поверхні корінних шийок колінчастого вала і з точки зору економічності і продуктивності найбільш оптимальним є режим  $S_z = 0.28 \text{ мм / зуб}$ ,  $V = 80 \text{ м / хв}$ ,  $t = 1,6 \text{ мм}$ , як при обробці сталі 40ХНМА, так і при обробці ВЧ 70-2.

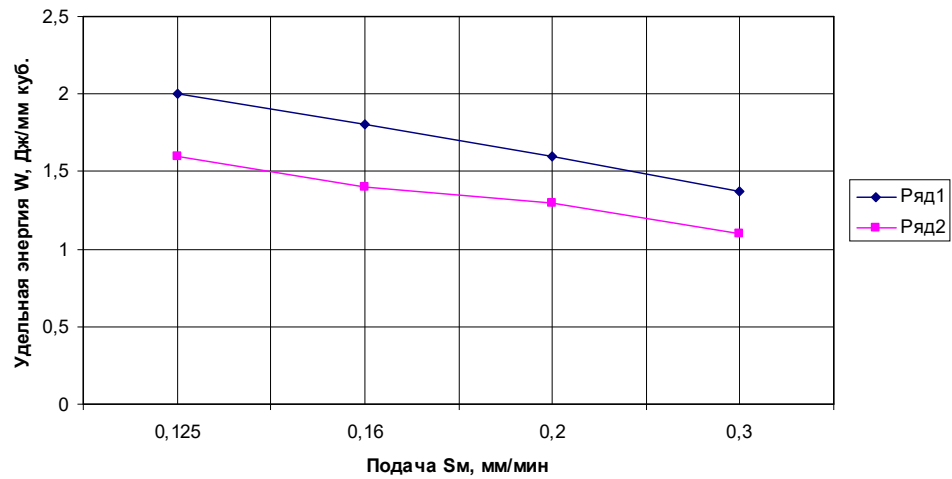
Розглянемо процес шліфування корінних ший колінчастого вала зі сталі 45 (HRC 40) і ВЧ 70-2 (рис. 4.3).

Характеристики кола: Е9А 25 - 32С1 - С2 7 К5. (Шліфування кругле, метобудинок врізання).

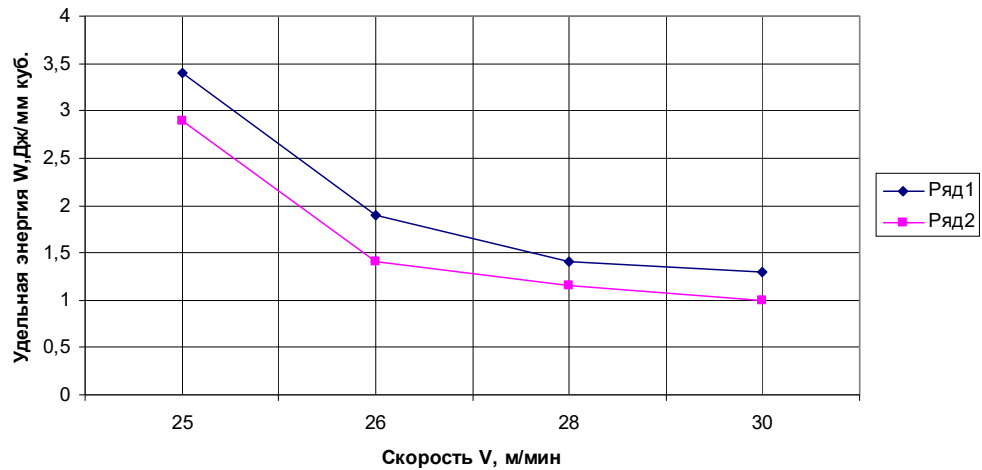
Режими:  $t = 0.1 \dots 0.3 \text{ мм}$ ,  $S_n = 0,125 \dots 0,3 \text{ мм / хв}$ ,  $V = 25 \dots 30 \text{ м / хв}$ ,  $V_k = 30 \text{ м / с}$ .  $S_n = 0,125 \text{ мм / хв}$  (рис. 3, а, в);  $V_d = 25 \text{ м / хв}$  (рис. 3, а, б);  $t = 0.3 \text{ мм}$  (рис. 3б),  
 $t = 0.1 \text{ мм}$  (рис.3в).



а)



б)



в)

Рис.4.3 Залежність енерговитрат при шліфуванні від глибини (а), подачі (б) і швидкості (в)  
Ряд 1 - ВЧ70 - 2; Ряд 2 - 40ХНМА

У порівнянні з процесом фрезерування, при шліфуванні питомі енерговитрати набагато менше. При шліфуванні збільшення глибини, подачі і швидкості деталі призводить до зменшення енерговитрат. Так при збільшенні глибини з 0,1 до 0,3 мм, відбувається зменшення витрат питомої енергії в 1,7 рази при обробці сталі 45 і на таку ж величину відбувається зниження при шліфуванні корінних шийок вала з ВЧ 70-2.



На відміну від процесу фрезерування, при шліфуванні зміна подачі і швидкості значно впливає на характер витрат питомої енергії. Так при збільшенні швидкості з 25 до 30 м / хв витрати питомої енергії зменшуються в 2,75 рази для сталі 45 і в 2,7 для ВЧ 70-2, що в порівнянні змінює витрат в процесі фрезерування більш істотно.

Переваги питомої енергоємності процесу як критерію оптимізації попередньої і чистової обробки: питома енергоємність, характеризуючи фізико-механічних стан зони різання, служить фізичною показником ефективності знімання матеріалу і визначає умови роботи ріжучого інструменту; за допомогою питомої енергоємності, по суті, оптимізують фізичні умови різання, а економічна сторона процесу може бути відображена у відповідних обмеженнях на оптимізуються параметри; питома енергоємність є універсальним критерієм, величина якого залежить від властивостей оброблюваного матеріалу, параметрів геометрії інструменту і режиму різання і не залежить від характеру виробництва (на відміну від економічних критеріїв).

**Висновок.** В результаті проведення даних заходів можна буде розробляти науково-обґрунтовані методики аналізу діючих і вибір варіанту проєктованих технологічних процесів виробництва деталей при мінімальних витратах.

## 5 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

### 5.1 Пристрої, що забезпечують зниження простоїв обладнання через поломки інструменту

Здійснення повної автоматизації обробки деталей різанням неможливе можна без інформації про стан різальних крайок інструменту, про характер стружки (формуванні її у вигляді, що забезпечує вільний відведення із зони різання і від верстата).

Пристрої, що забезпечують зниження простоїв обладнання з вини інструменту (рис. 6.1), на верстатах автоматичних ліній застосовують рідко через безліч працюючих інструментів і обмеженості простору для їх розміщення. Ці пристрої застосовують головним чином для малорозмірних інструменту (свердел, мітчиків), часто виходять з ладу в результаті поломок, або для інструментів, робота яких протікає з інтенсивним зношуванням.

Для верстатів ДПС застосування пристроїв обов'язково, інакше не може бути забезпечена їх безперервна робота протягом тривалого часу.

Пристрої інформації про знос інструменту (див. Рис. 5.1, позиції 4-10) передбачають як прямі (позиції 4-6), так і непрямі методи вимірювання зносу (позиції 8-10). Для вимірювання зносу прямими методами застосовують датчики дотику, які реєструють або розмірний знос, або, при їх переміщенні, знос по задній поверхні. Конструкція датчика наведена на рис. 5.2.

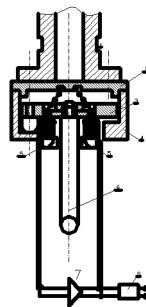


Рис. 6.2 Датчик дотику

Корпус 4 закріплюється на рухомому вузлі 1 верстата. У корпусі знаходиться підпружинена пластина 3, в яку вставлений вимірювальний наконечник 6.

Наконечник проходить через електромагніт 5. В обмотці електромагніту створюється змінне магнітне поле, що викликає коливання наконечника. При торканні наконечником блоку його коливання порушуються, що реєструється електронною системою 8 з підсилювачем 7, а координати відповідають вимірюваному розміру. Точність вимірювання  $\pm 1$  мкм. Датчик захищають від стружки. Його застосовують на верстатах з ЧПУ і в ГПС не тільки для вимірювання зносу, але і для визначення фактичних координат вершини леза інструменту з метою автоматичної корекції керуючих програм.

Система технічного зору являє собою спеціальну телевізійну установку, що дозволяє на відстані до декількох метрів спостерігати інструмент і оцінювати його знос. Фотоелектричний метод вимірювання (рис. 5.3) зносу заснований на тому, що кут відображення променя світла на зношеному ділянці відрізняється від кута відбиття на незношених ділянці різця. Відбитий промінь вилловлюється фототранзистором. Метод дозволяє оцінювати і знос зубів обертається фрези. Тривалість відображених імпульсів пропорційна величині зносу.

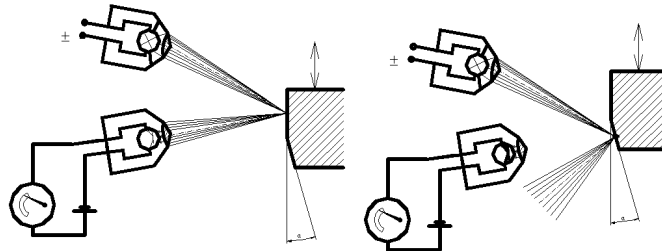


Рис. 5.3 Фотометричний метод вимірювання

Величину зносу інструменту можна оцінювати по часу його роботи, т. Е. За кількістю виготовлених деталей, які визначаються за лічильником циклів. Цей метод може застосовуватися в тих випадках, коли знос інструменту відбувається без сколів ріжучої кромки. Оцінювати величину зносу можна і по зміні розмірів деталі, але для цього необхідно вимір кожної деталі.

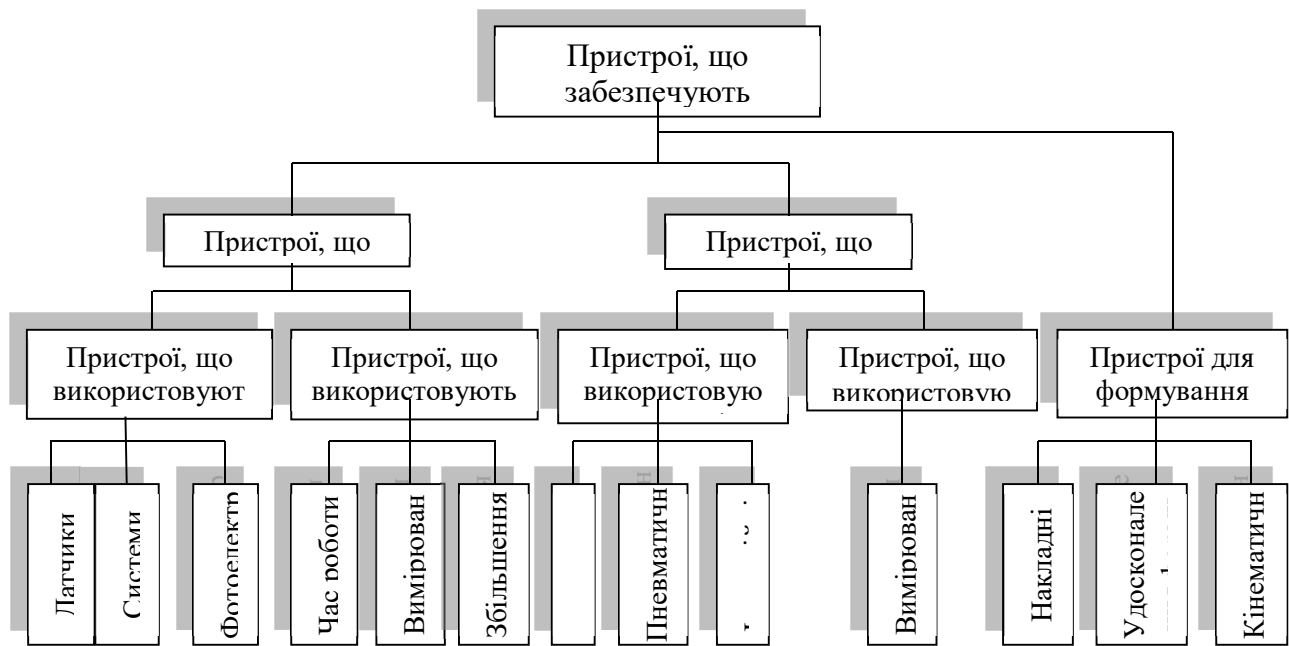


Рис.5.1 Класифікація інструментальної оснастки, що забезпечує зниження позапланових простоїв обладнання з вини інструменту

Недолік перерахованих методів оцінки зносу інструменту полягає в їх пасивності, так як вимірювання проводяться після закінчення процесу різання і оцінюється фактичний знос. Найбільш перспективними методами непрямої оцінки величини зносу інструменту є методи, засновані на вимірі складових сили різання в процесі обробки деталей. Ці методи застосовні для верстатів ДПС, так як на них одночасно працюють 1-2 інструменту. Для вимірювання сил різання використовують або п'єзоелектричні динамометри, або тензометричні датчики, що встановлюються в шпинделі верстата. Тензометричний датчик (рис. 5.4) складається з зовнішньої 6 і внутрішньої 7 втулок, з'єднаних за допомогою електронно-променевого зварювання.

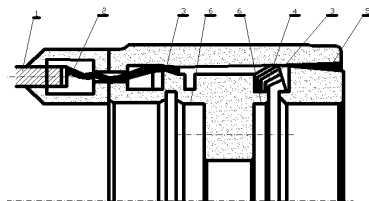


Рис. 5.4 Тензометричний датчик

Між втулками є вакуумна порожнина 5. На внутрішній втулці наклеєні тензометричні датчики 3, кінці яких через керамічний ізолятор 2 приєднані до кабелю 1. У внутрішній втулці передбачені посадочні місця 4 для підшипників шпинделя верстата. Під дією зусилля різання внутрішня втулка і тензометричні датчики деформуються пропорційно величині сил різання. Датчики встановлюють на верстатах свердлильно-розточної і фрезерної груп, на яких працює один інструмент. На токарних верстатах револьверна головка монтується на п'єзоелектричному динамометрі. Електричні сигнали від датчиків сил різання, що крутять моментів або сили споживаного струму надходять в електронні пристрої, які називаються моніторами. Якщо знос і відповідна йому сила різання перевищують встановлений верхній поріг, то дається сигнал на заміну інструменту. Якщо сила різання раптово збільшується, а потім на час 1 мс зменшується до нуля (рис. 5.5), то монітор сприймає це як поломку інструменту і дає команду на вимикання подачі.

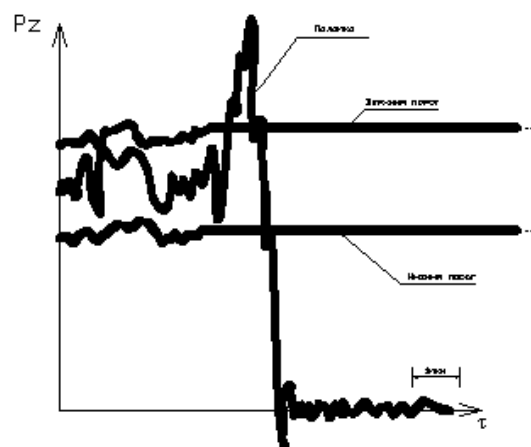


Рис.5.5 Осцилограма зміни сили різання

Час виключення подачі не перевищує часу одного обороту шпинделя верстата, тому інструмент додаткових пошкоджень не має.

На рис. 5.6, наведені датчики дотику, пневматичний і індуктивні, які сигналізують про те, що інструмент вже зламався.

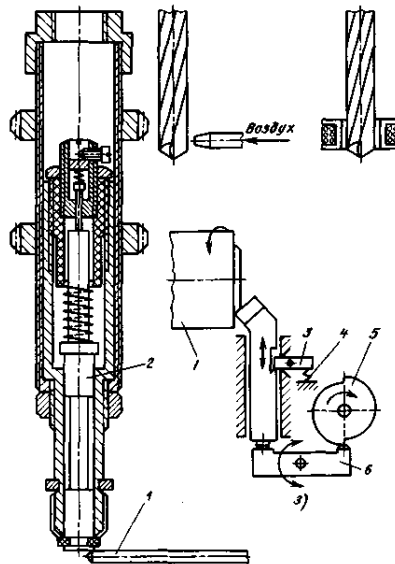
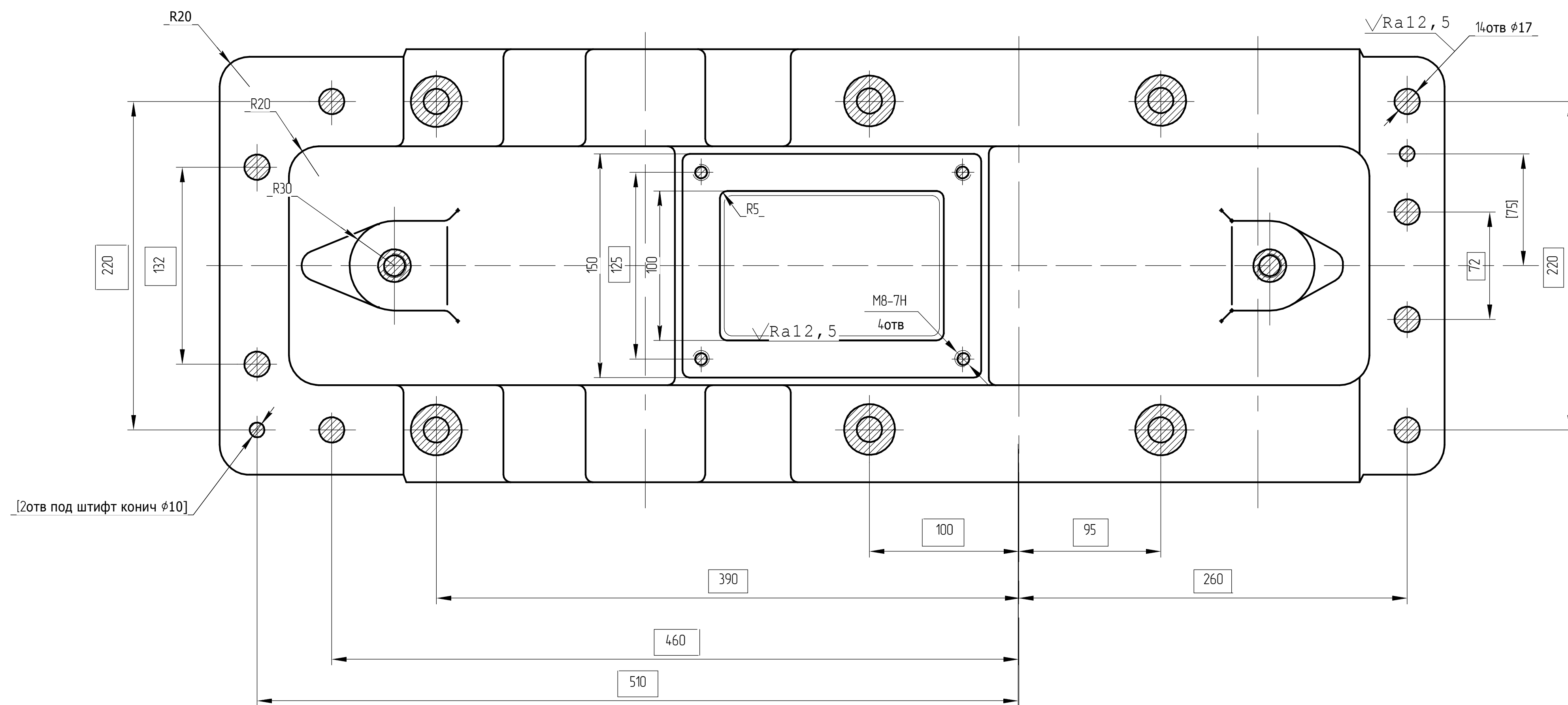
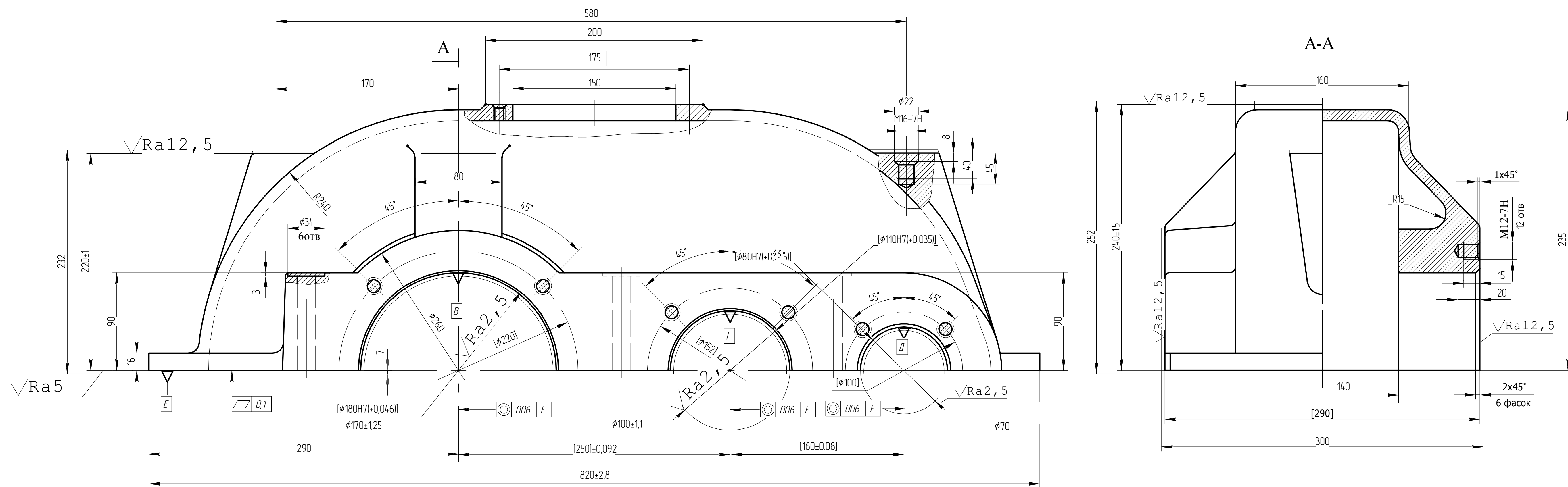
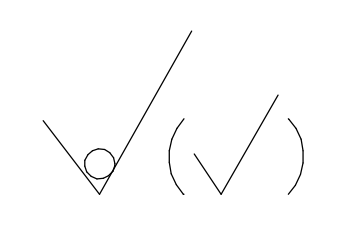


Рис.5.6 Датчики торкання

Вони застосовуються для малорозмірних інструменту. Кожному датчику відповідає певна схема виконавчих механізмів для зупинки верстата. При використанні датчика торкання (рис. 5.6) команда на повторення циклу дається тільки тоді, коли головка плунжера 2 торкнеться вершини свердла 1.

Скорочення простоїв обладнання, що викликаються незадовільним формуванням стружки (див. Рис. 5.1, позиції 19-21). Отримання роздробленої стружки при обробці на токарних верстатах в'язких матеріалів є найважливішим завданням. Для ламання стружки застосовують накладні стружколомом, уступи і лунки на передній поверхні різця, а також різні форми передньої поверхні на багатогранних твердосплавних пластинах. Однак перераховані пристрої не завжди забезпечують ламання стружки, особливо при подачах до 0,2 мм / об. У таких випадках застосовують кінематичне дроблення стружки, при якому супорт верстата переміщається з подачею  $S_0$ , мм / об, а різець в резцедержавці має зворотно-поступальний рух з амплітудою, що дорівнює  $(0,8 \dots 1) S_0$ . Кінематичне дроблення дозволяє отримати стружку будь-якої довжини за рахунок вибору частоти коливань різця. Частота коливань  $\square$ , Гц, вибирається за формулою  $\square = \square dn / k l_{стр}$ , де  $d$ -діаметр деталі, мм;  $n$  - частота обертання шпинделя верстата, хв;  $k$ -коефіцієнт укорочення стружки;  $l_{стр}$ -необхідна довжина стружки, мм. Схема механічного пристрою для кінематичного дроблення стружки приведена на рис. 6.6, з.

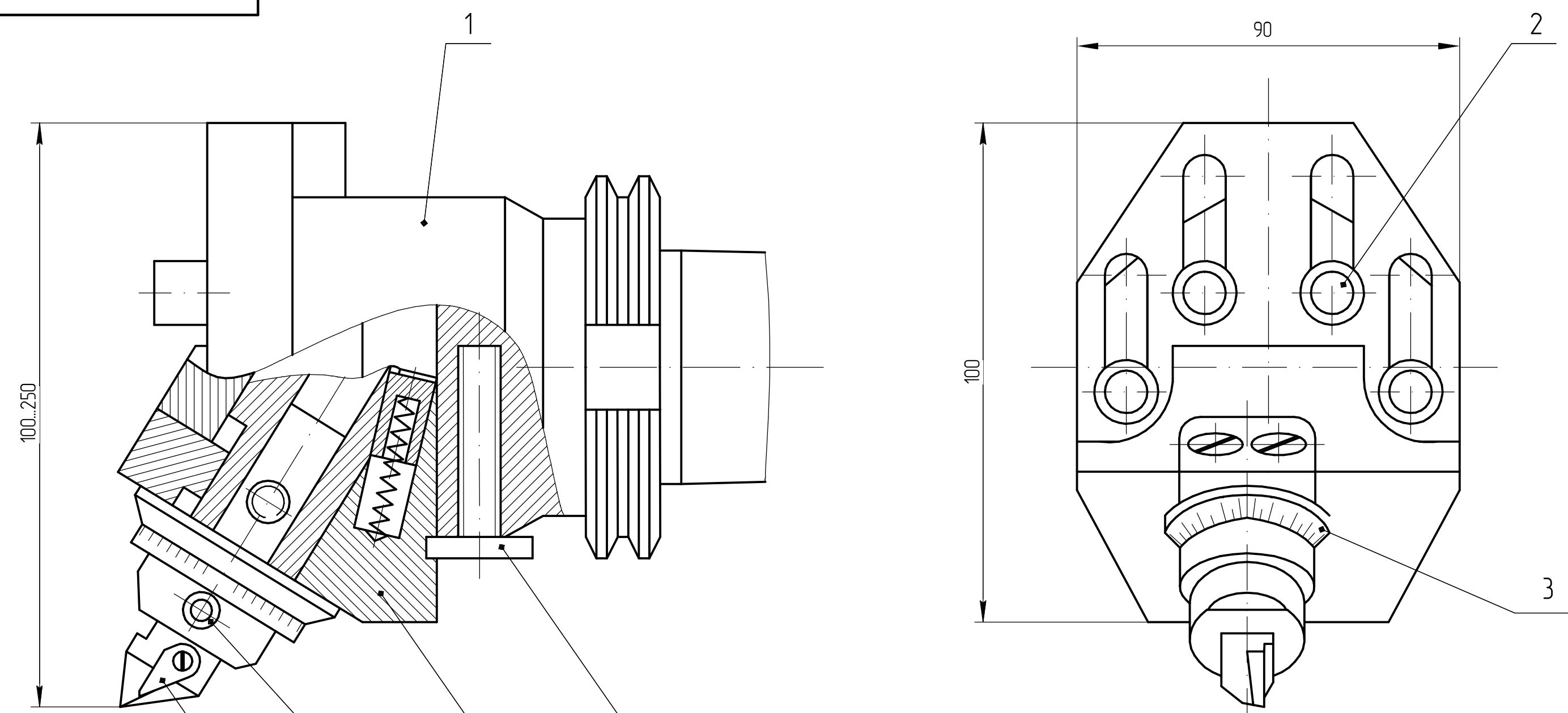
Зворотно-поступальний рух різця 2 щодо оброблюваної заготовки 1 здійснюється від кулачка 5 через важіль 6. Контакт різця з датчиком 6 забезпечується важелем 3 і пружиною 4.



1. Точность отливки 12...16 ГОСТ26645-85
2. Крышку подвергнуть искусственному старению.
3. Неуказанные литейные радиусы 5...10 мм.
4. Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с корпусом.
5. Детали применять совместно.
6. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H16, валов h16, остальных - ±IT16/2
7. Маркировать номер заказа, обозначение

|                  |      |          |          |            |
|------------------|------|----------|----------|------------|
| ТММ.КР.18.11.ТР  |      |          |          |            |
| Изм              | Лист | Варианта | Подпись  | Дата       |
| Крышка           |      |          | Алмера   | Масса      |
|                  |      |          | 73       | 1:2        |
| СЧ20 ГОСТ1412-70 |      |          | НТУ "ДП" | 131М-1/3-1 |

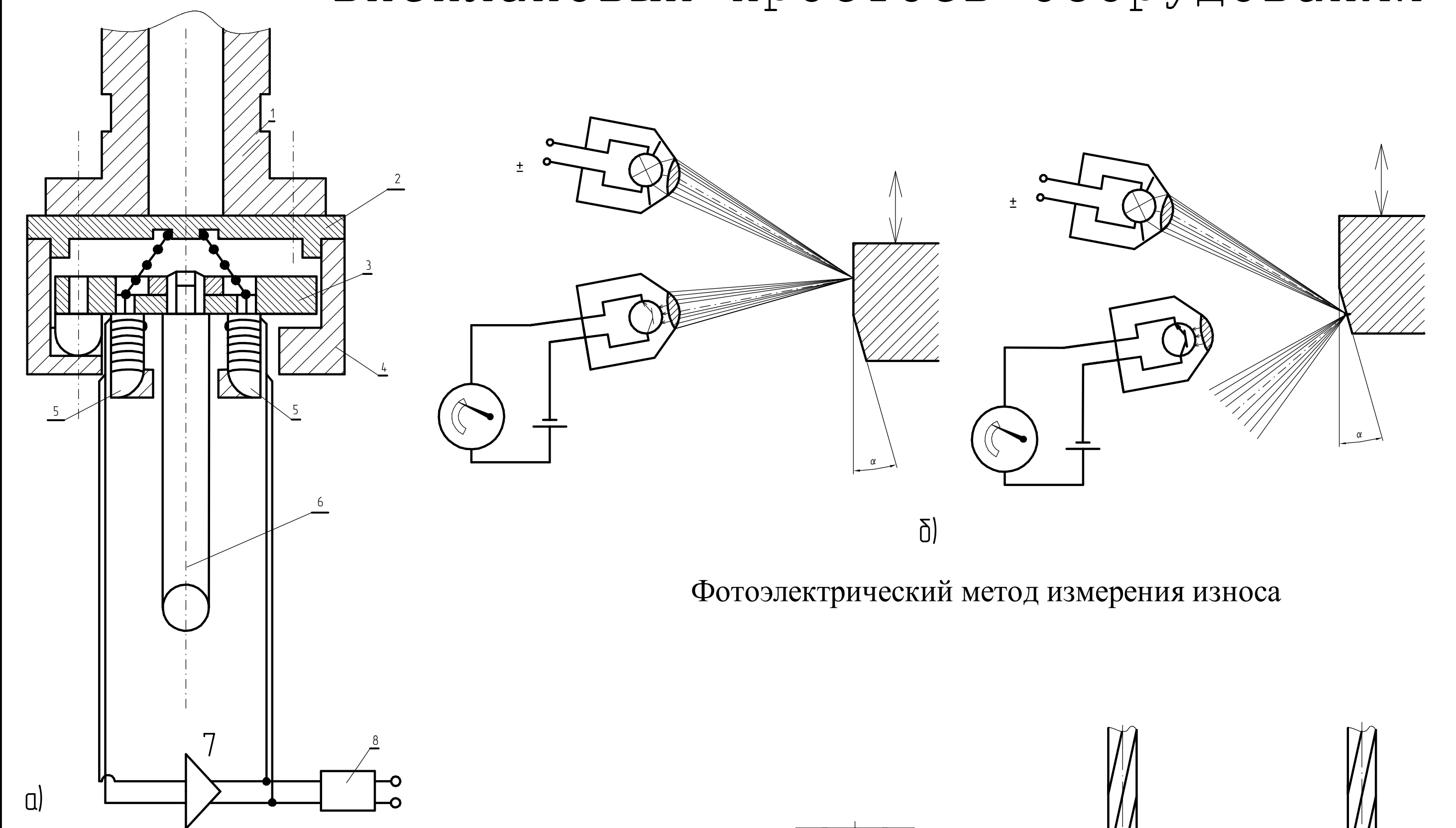




1. Материал державки - сталь 40X по ГОСТ 4543-71
2. Пластина из твердого сплава Т15К6 по ГОСТ 19042-80

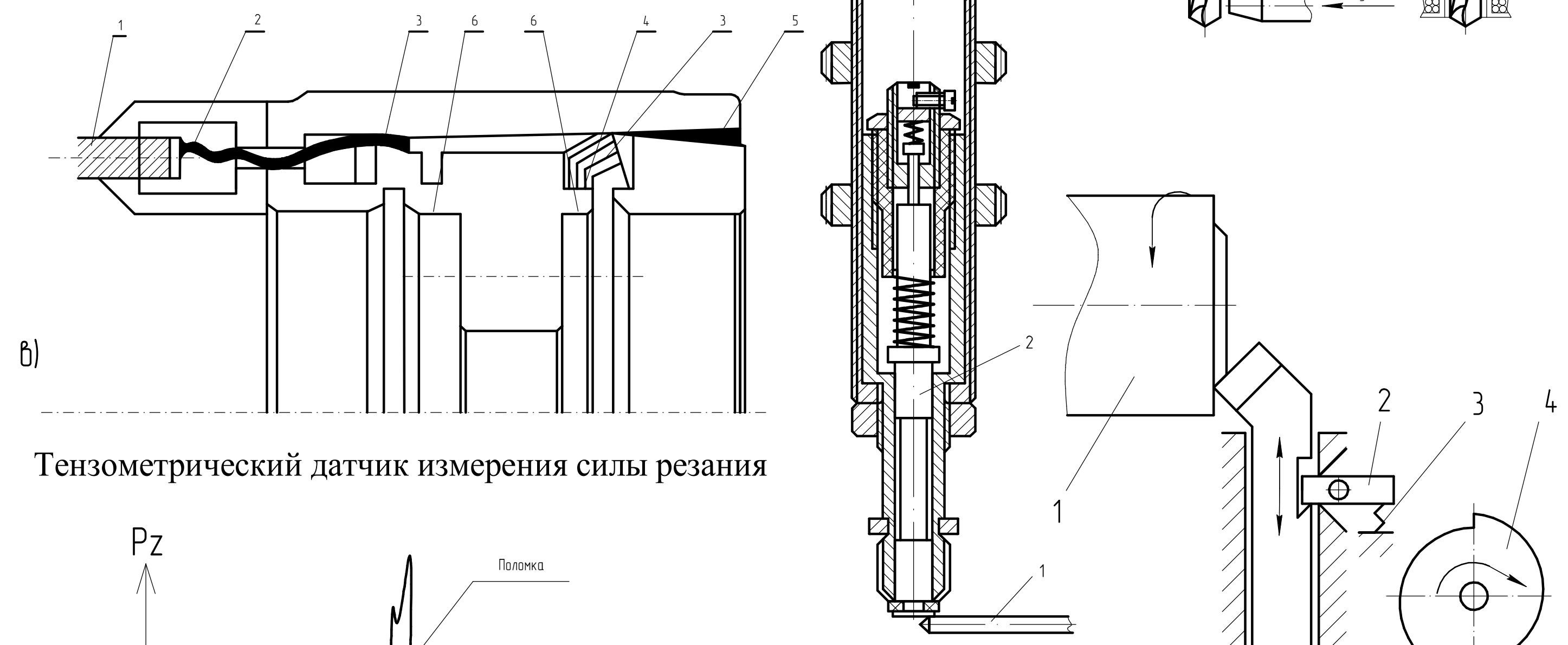
|                   |      |           |                     |        |
|-------------------|------|-----------|---------------------|--------|
| ТММ.КР.18.11.КР   |      |           |                     |        |
| Изм               | Лист | Изменения | Подпись             | Дата   |
| Разработ          |      |           |                     |        |
| Проверил          |      |           |                     |        |
| Технический       |      |           |                     |        |
| Начальник         |      |           |                     |        |
| Удобр             |      |           |                     |        |
| Расточная оправка |      |           | Линейный масштаб    | 1:1    |
|                   |      |           | Лист                | Листов |
|                   |      |           | НТУ "ДП" 131М-173-1 |        |

## Устройства, обеспечивающие снижение внеплановых простоев оборудования



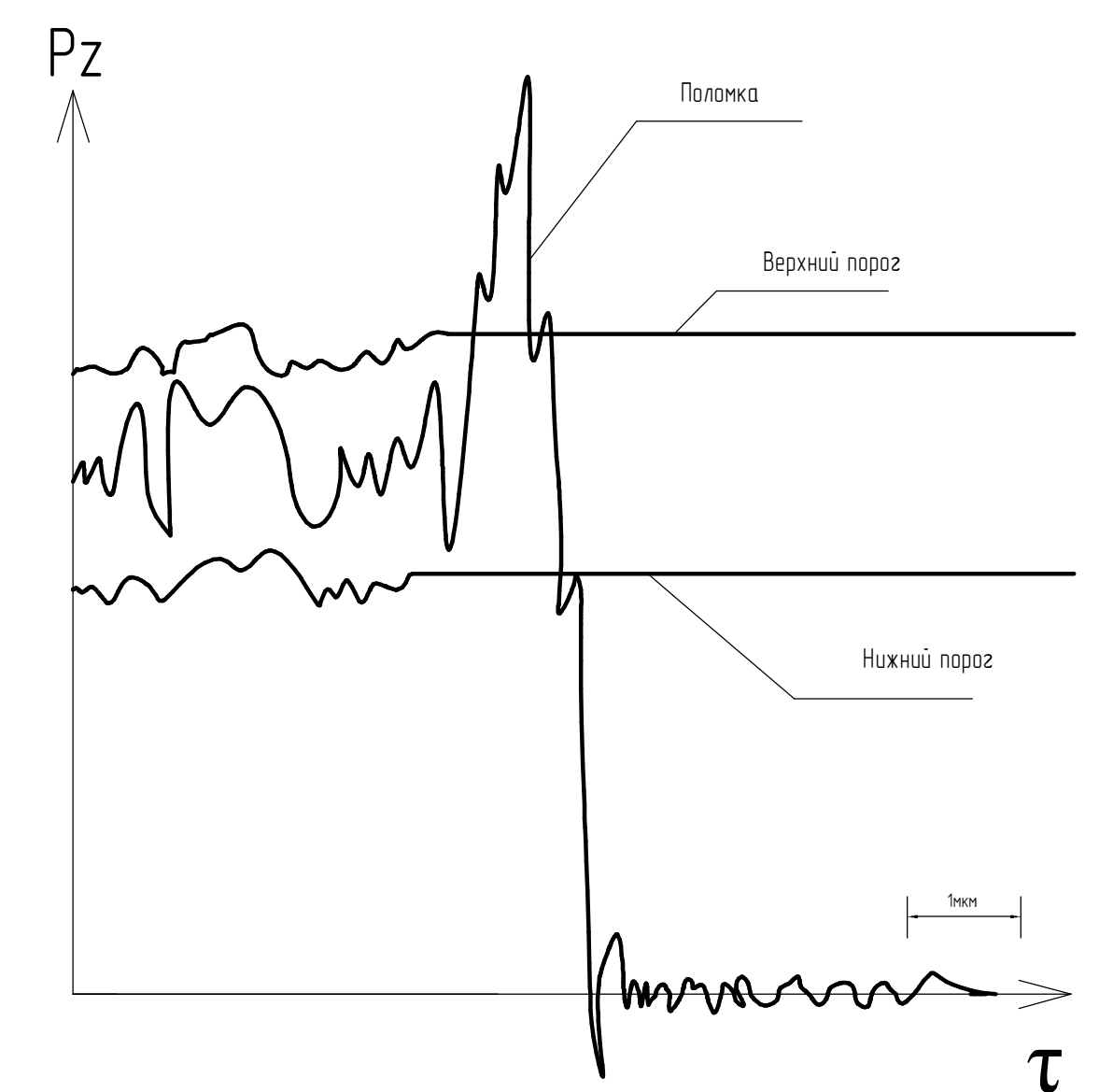
Датчик касания

Фотоэлектрический метод измерения износа

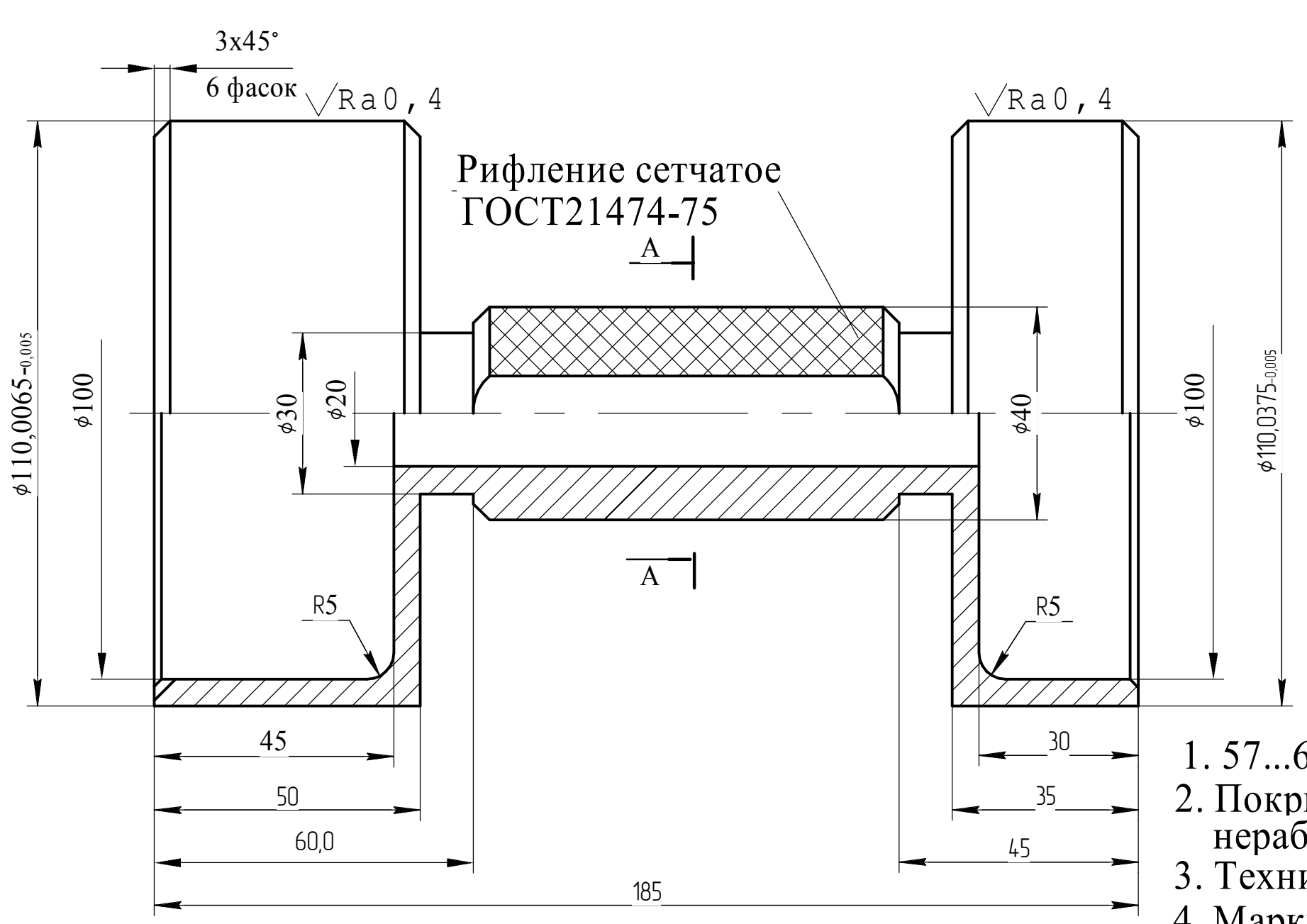


Тензометрический датчик измерения силы резания

Датчик касания



Осциллограмма силы резания

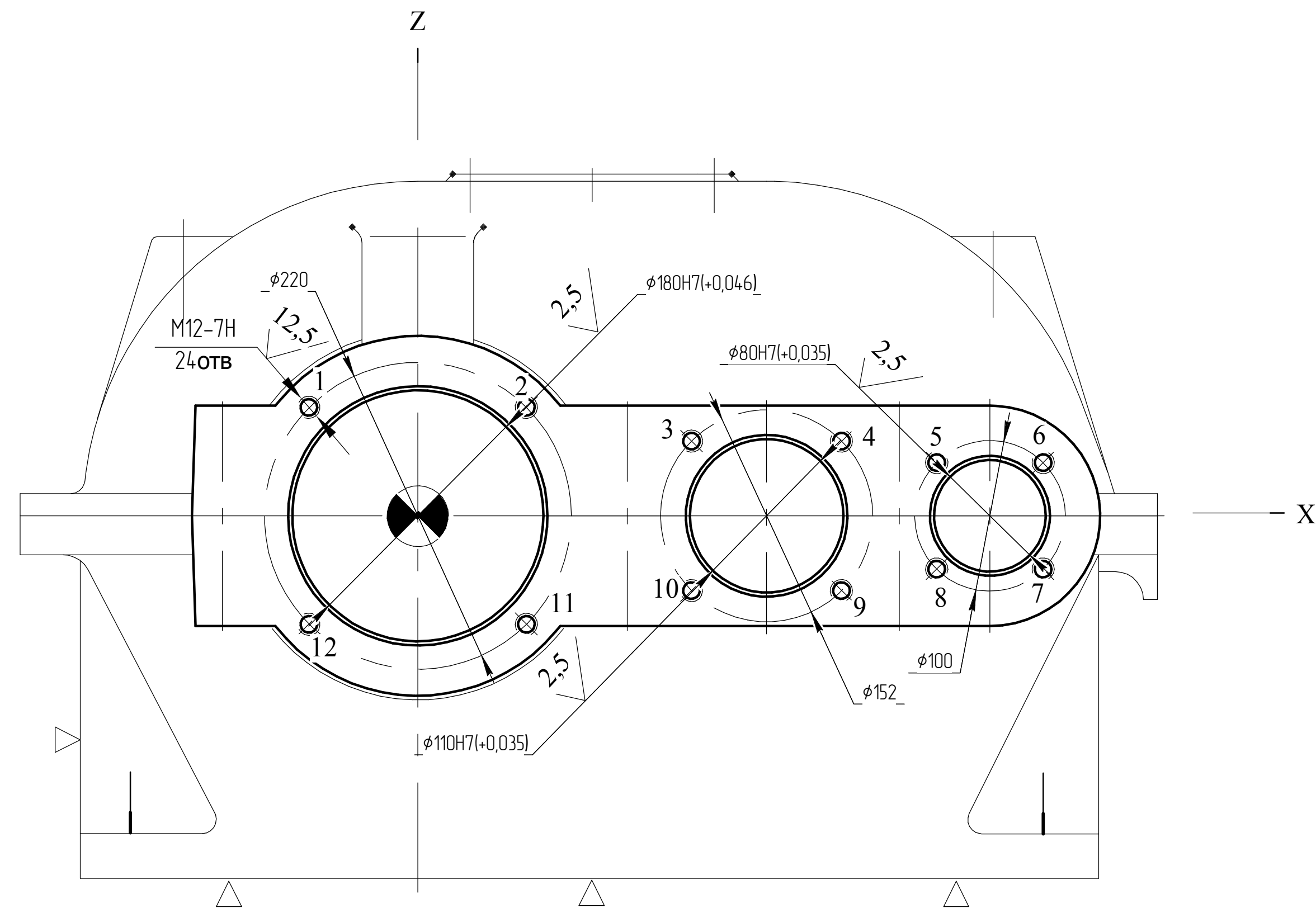


1. 57...65 HRC
2. Покрытие рабочих поверхностей Хр 0,6, нерабочих поверхностей-Хим.Фос.Прм
3. Технические требования по ГОСТ2015-84
4. Маркировать по ГОСТ26.008-85, ПР φ110Н7 HE
5. Н14; h14; ±IT14/2

|                      |      |           |                     |        |
|----------------------|------|-----------|---------------------|--------|
| ТММ.КР.18.11.КР      |      |           |                     |        |
| Изм                  | Лист | Изменения | Подпись             | Дата   |
| Разработ             |      |           |                     |        |
| Проверил             |      |           |                     |        |
| Технический          |      |           |                     |        |
| Начальник            |      |           |                     |        |
| Удобр                |      |           |                     |        |
| Калибр-пробка φ110Н7 |      |           | Линейный масштаб    | 1:1    |
|                      |      |           | Лист                | Листов |
|                      |      |           | НТУ "ДП" 131М-173-1 |        |

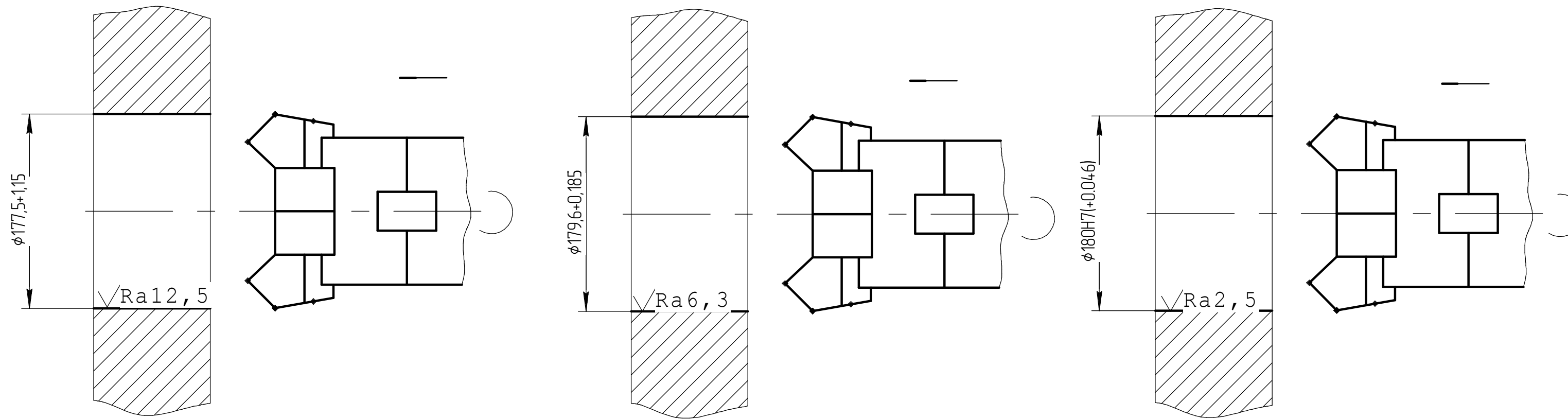
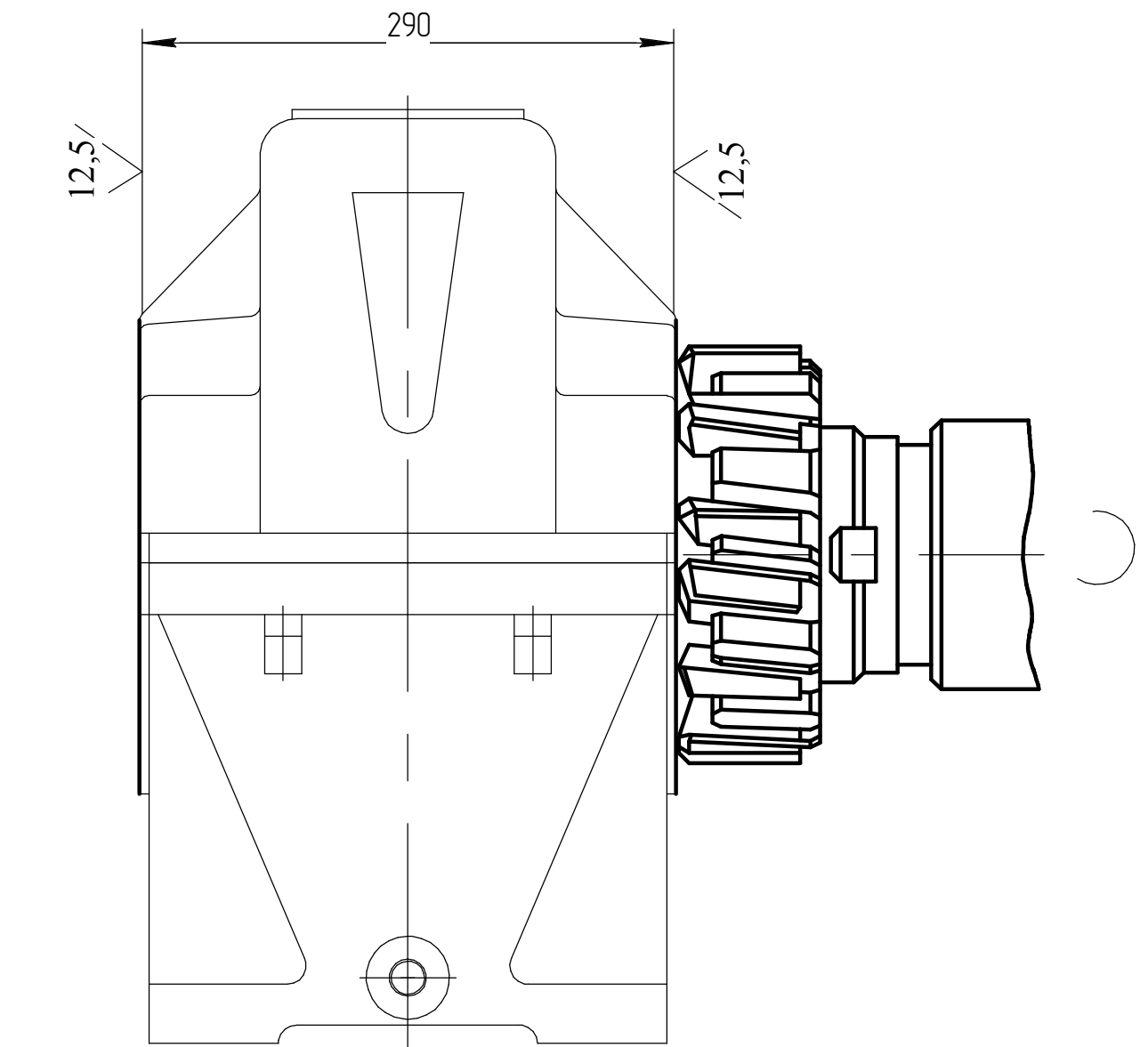
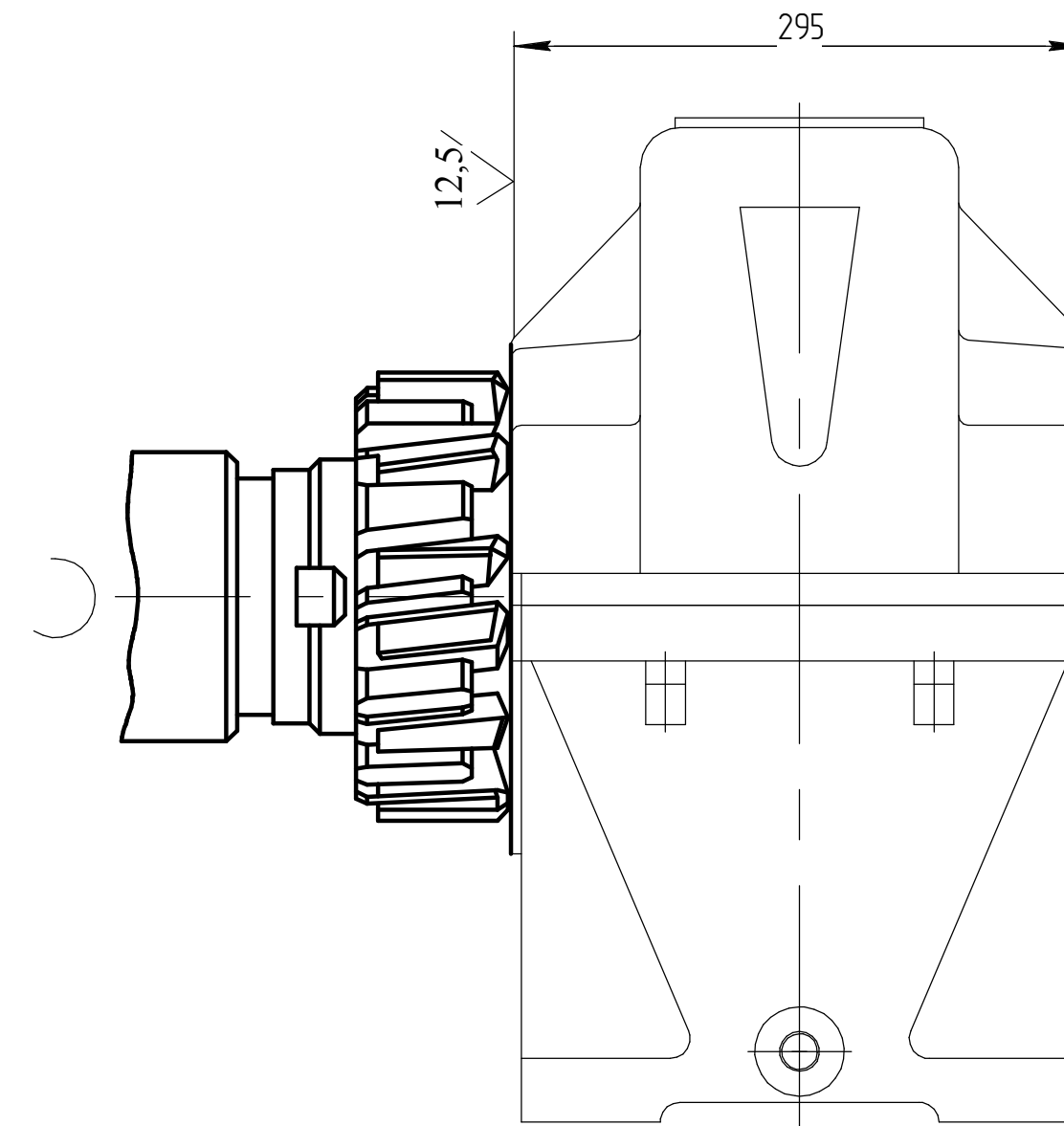
|  |      |           |                     |        |
|--|------|-----------|---------------------|--------|
| ТММ.КР.18.11.АТП                           |      |           |                     |        |
| Изм  | Лист | Изменения | Подпись             | Дата   |
| Разработ                                   |      |           |                     |        |
| Проверил                                   |      |           |                     |        |
| Технический                                |      |           |                     |        |
| Начальник                                  |      |           |                     |        |
| Удобр                                      |      |           |                     |        |
| Снижение внеплановых простоев оборудования |      |           | Линейный масштаб    | 1:1    |
|  |      |           | Лист                | Листов |
|  |      |           | НТУ "ДП" 131М-173-1 |        |

# ОПЕРАЦИЯ 025 ГОРИЗОНТАЛЬНО-РАСТОЧНАЯ. СТАНОК МОДЕЛИ 2А622МФ2



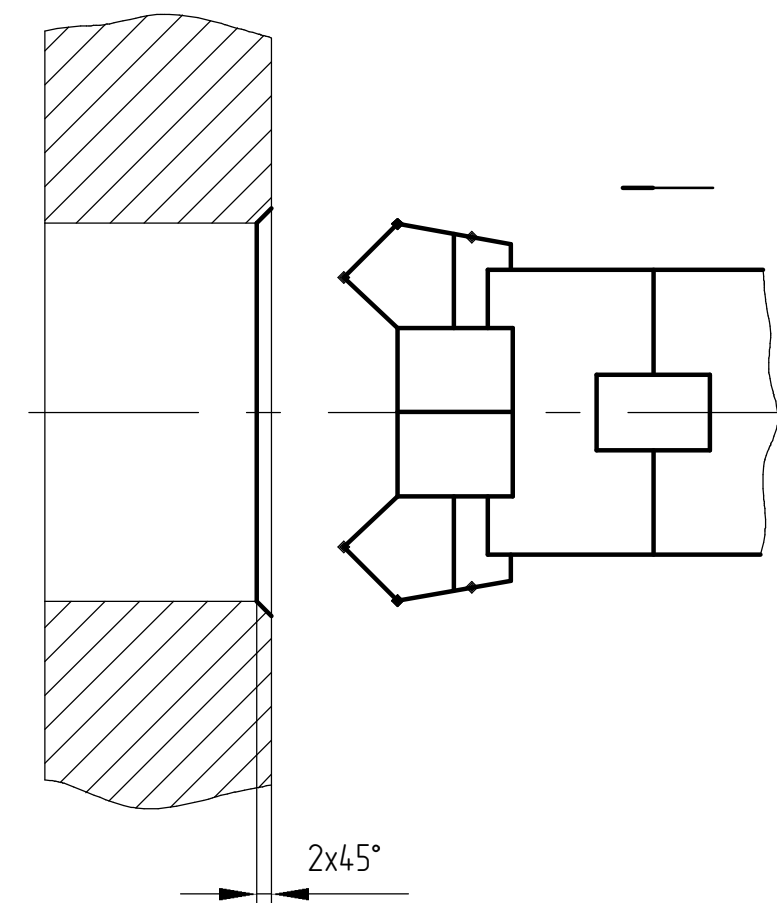
Режимы резания

| N | Содержание перехода           | t   | S     | n     | V     | T    |
|---|-------------------------------|-----|-------|-------|-------|------|
|   |                               | мм  | мм/об | о/мин | м/мин | мин  |
| 2 | Фрезеровать начерно плоскость | 5,0 | 4,0   | 80    | 77    | 4,06 |

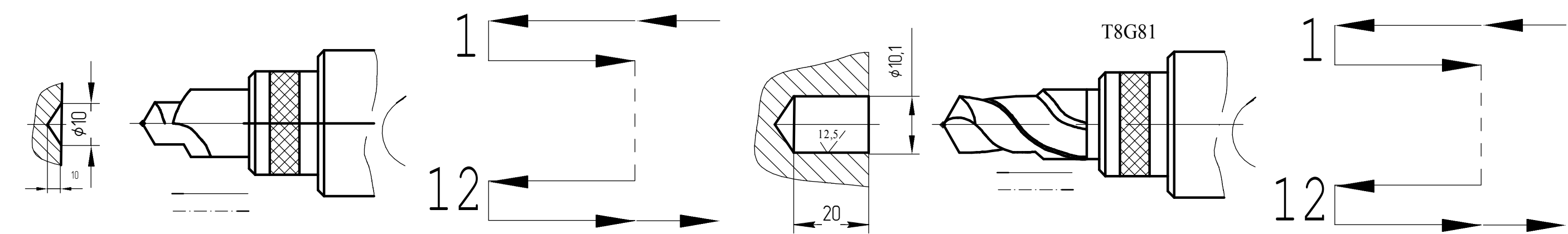


Режимы резания

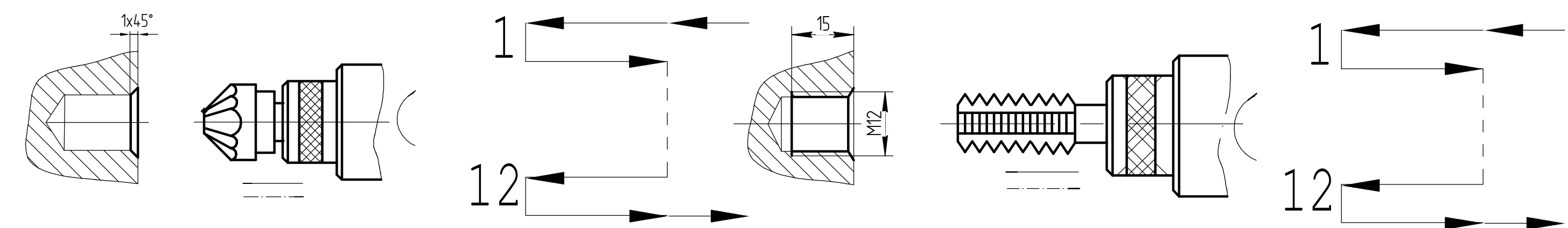
| N | Содержание перехода                     | t   | S     | n     | V     | T    |
|---|---|-----|-------|-------|-------|------|
|   |   | мм  | мм/об | о/мин | м/мин | мин  |
| 4 | Расточить начерно до $\phi 177,5+1,15$  | 5   | 0,75  | 130   | 73,5  | 1,54 |
| 5 | Расточить начисто до $\phi 179,6+0,185$ | 2,0 | 0,5   | 110   | 62,2  | 2,69 |
| 6 | Расточить тонко до $\phi 180+0,046$     | 0,8 | 0,18  | 200   | 113   | 4,06 |
| 7 | Расточить фаски $2 \times 45^\circ$     | 2,0 | 0,5   | 110   | 62,5  | 0,14 |



ПЕРЕХОД 9



ПЕРЕХОД 10

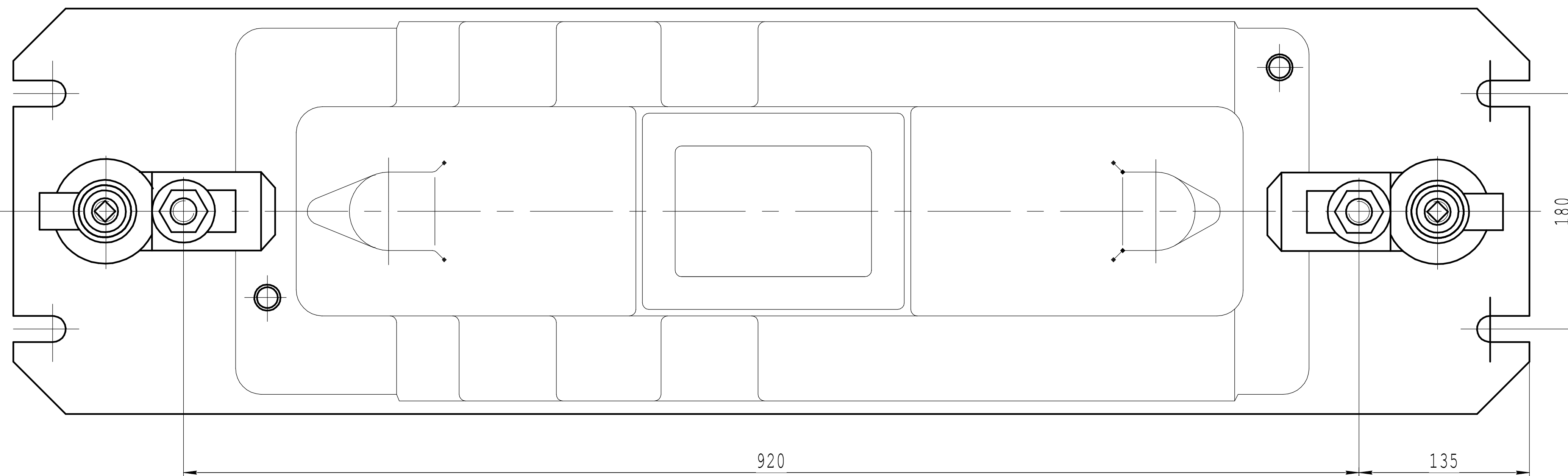
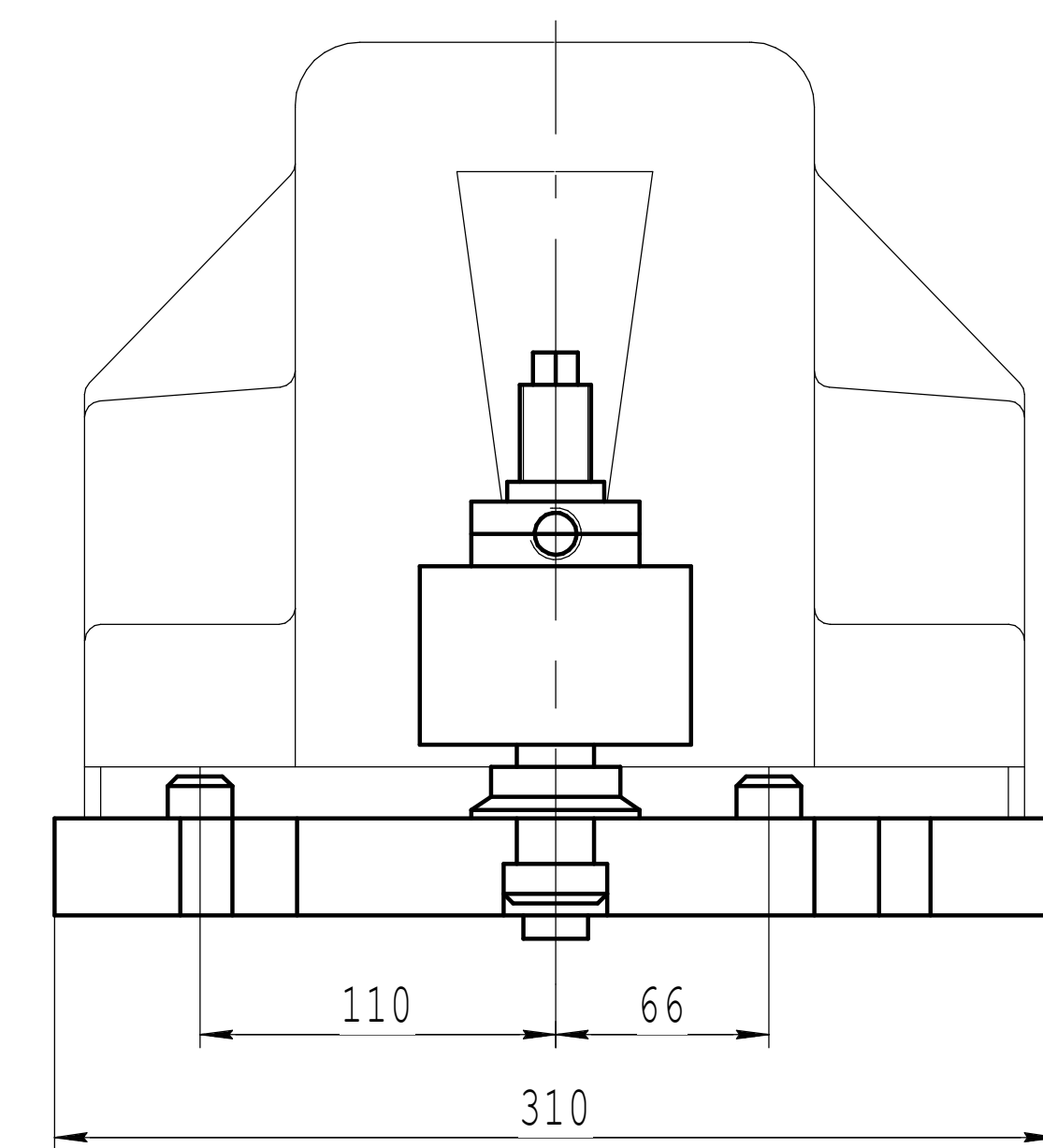
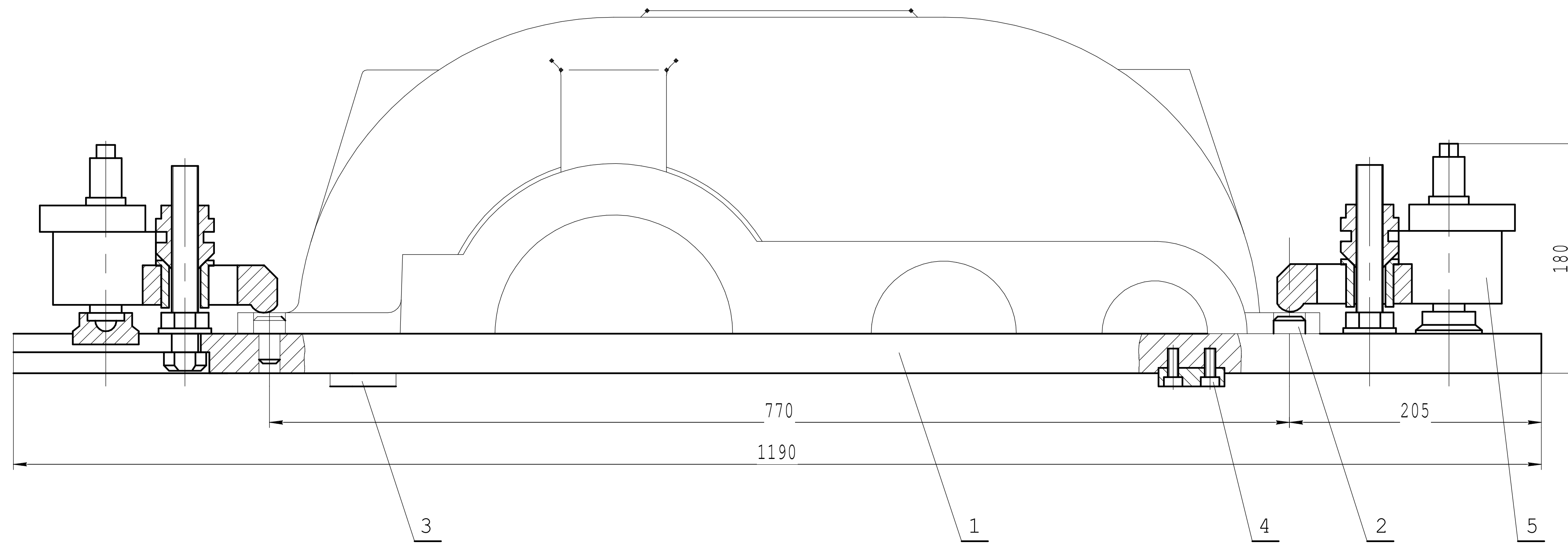


ПЕРЕХОД 11

Режимы резания

| N  | Содержание перехода                    | t    | S     | n     | V     | T    |
|----|--|------|-------|-------|-------|------|
|    |  | мм   | мм/об | о/мин | м/мин | мин  |
| 15 | Центровать 12 отв $\phi 10$            | 5,0  | 0,19  | 1000  | 35    | 0,5  |
| 16 | Сверлить 12 отв $\phi 10,1$            | 5,05 | 0,19  | 1000  | 35    | 2,64 |
| 17 | Зенковать 12 фасок $1 \times 45^\circ$ | 1,0  | 0,1   | 190   | 30    | 3,79 |
| 18 | Нарезать резьбу M12-7H                 | 0,9  | 1,75  | 190   | 7,2   | 1,3  |

|          |      |          |         |                 |        |       |
|----------|------|----------|---------|-----------------|--------|-------|
|          |      |          |         | ТММ.КР.18.11.ТР |        |       |
|          |      |          |         | Схемы наладок   |        |       |
| Изм      | Лист | Варианта | Подпись | Дата            | Литера | Масса |
| Разработ |      |          |         |                 |        |       |
| Проверил |      |          |         |                 |        |       |
| Технпр   |      |          |         |                 |        |       |
| Нормпр   |      |          |         |                 |        |       |
| Экз      |      |          |         |                 |        |       |



Техническая характеристика

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 1. Рабочее давление, МПа         | 6,3 |
| 2. Диаметр поршня, мм            | 63  |
| 3. Ход поршня, мм                | 20  |
| 4. Суммарное усилие прижатия, кН | 32  |

Технические требования

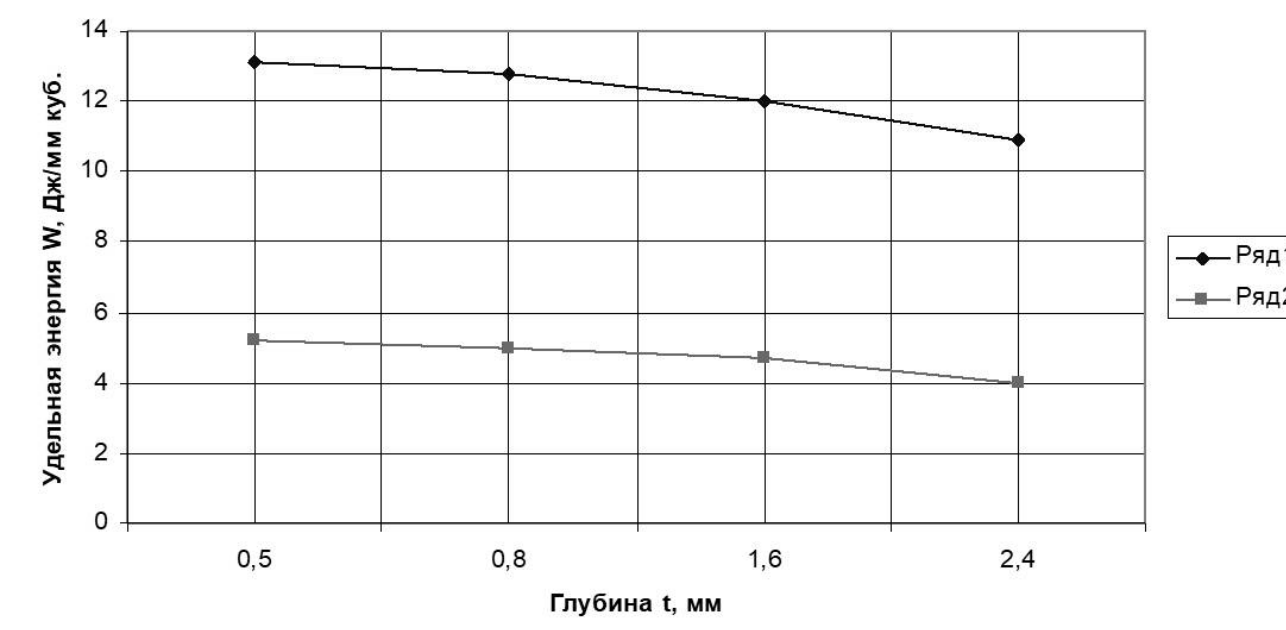
- Несоосность оси детали относительно оси стола станка не более 0,02 мм.

|          |      |       |         |      |                 |     |      |
|----------|------|-------|---------|------|-----------------|-----|------|
|          |      |       |         |      | ТММ.КР.18.11.КР |     |      |
| Изм.     | Лист | Всего | Подпись | Дата | Апрел           | Мая | Июнь |
| Разработ |      |       |         |      | Приспособление  |     |      |
| Провер   |      |       |         |      | 1:2             |     |      |
| Технар   |      |       |         |      | Апр             | Май |      |
| Исполн   |      |       |         |      | НТУ "ДП"        |     |      |
| Зад      |      |       |         |      | 131М-1/3-1      |     |      |

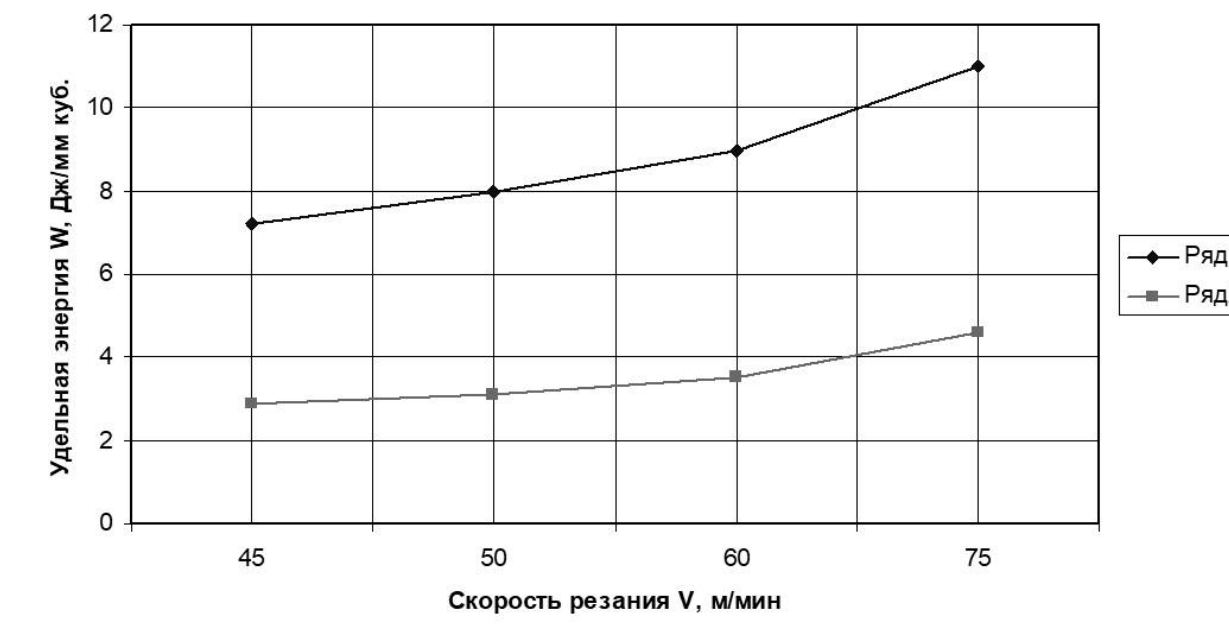
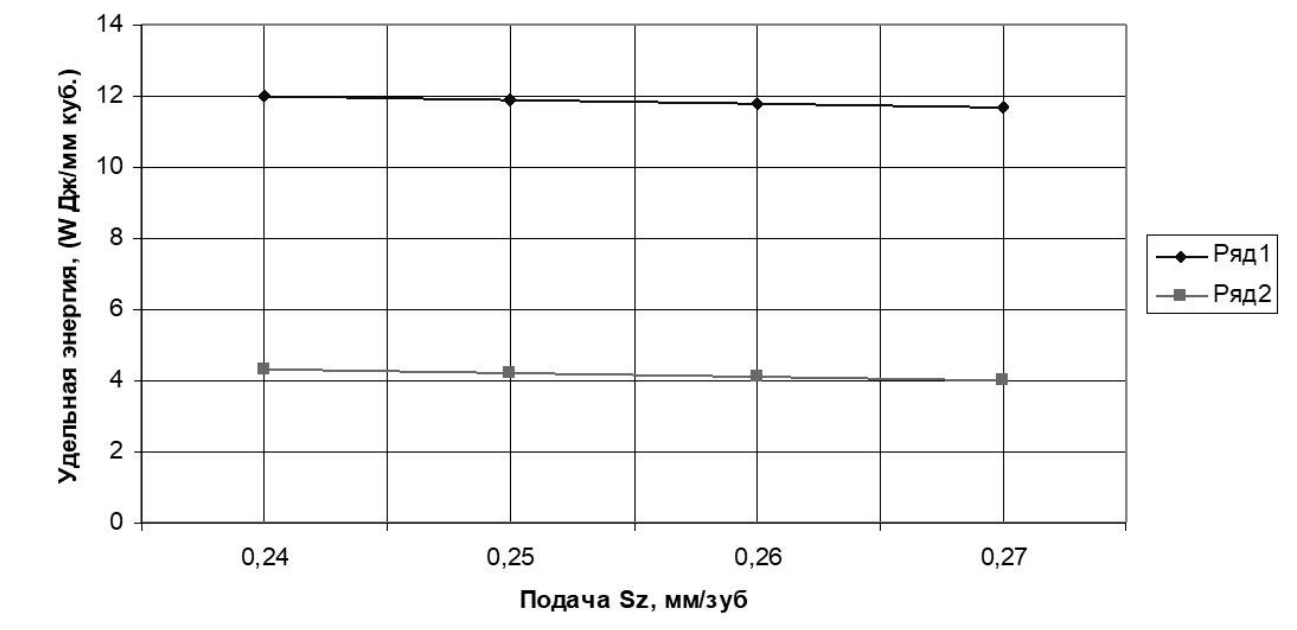
# ЭНЕРГОЗАТРАТЫ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ



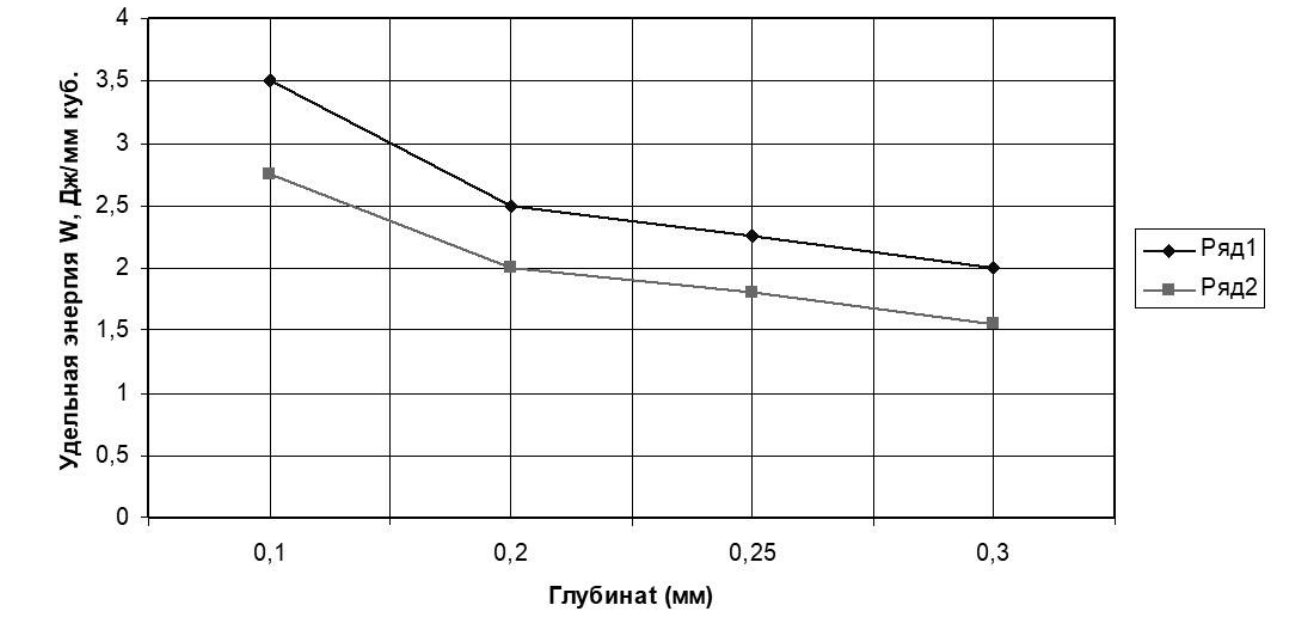
Схема методики исследований



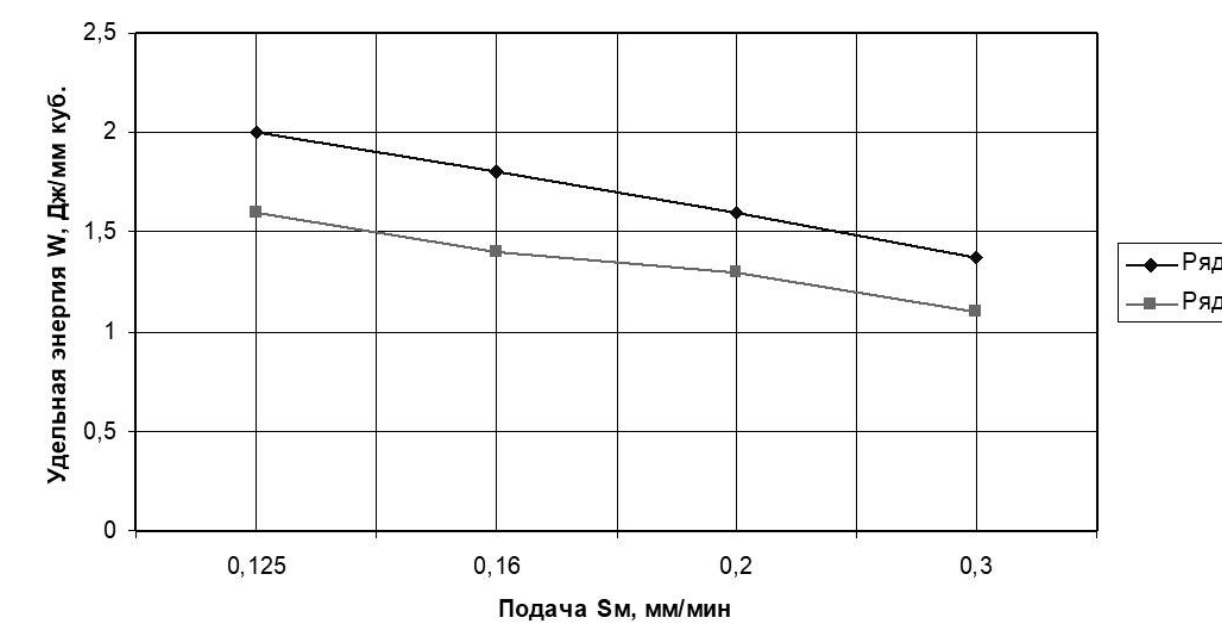
Зависимость энергозатрат при фрезеровании  
Ряд 1 - ВЧ70-2; Ряд 2 - 40ХНМА



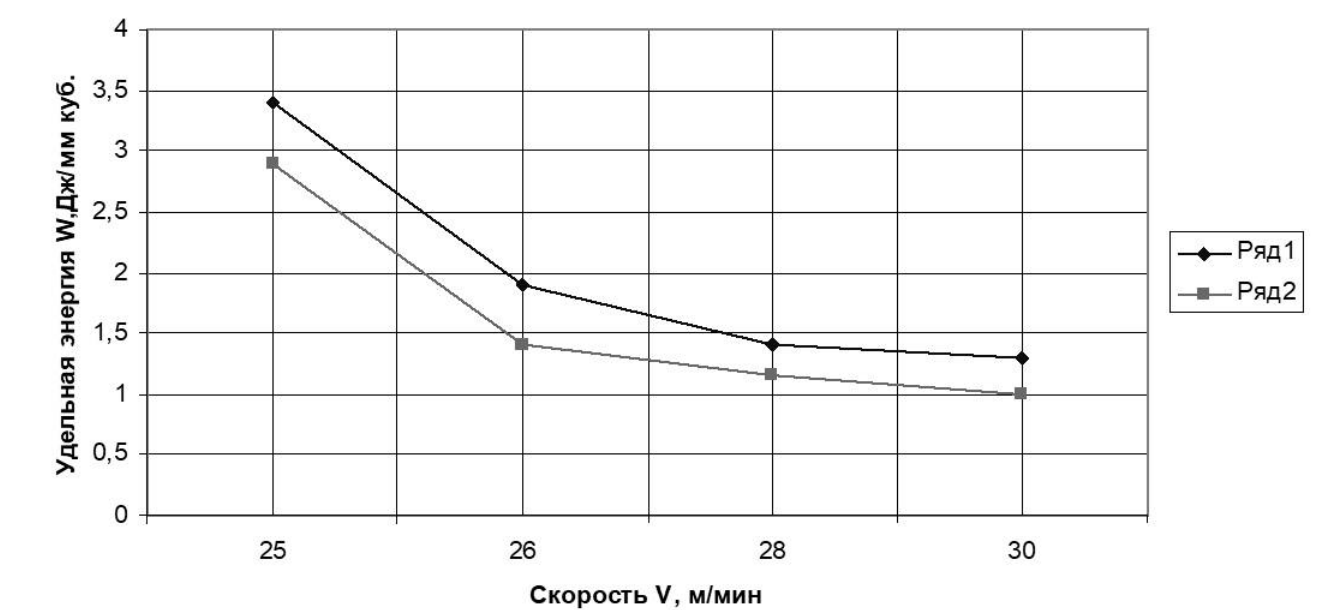
Зависимость энергозатрат при фрезеровании  
Ряд 1 - 40ХНМА; Ряд 2 - ВЧ70-2



Зависимость энергозатрат при шлифовании  
Ряд 1 - ВЧ70-2; Ряд 2 - 40ХНМА



Зависимость энергозатрат при шлифовании  
Ряд 1 - ВЧ70-2; Ряд 2 - 40ХНМА



|          |      |              |         |                 |                    |        |
|----------|------|--------------|---------|-----------------|--------------------|--------|
|          |      |              |         | ТММ.КР.18.11.СР |                    |        |
| Изм.     | Лист | Всего листов | Подпись | Дата            | Специальный раздел |        |
| Разработ |      |              |         |                 | Лист               | Листов |
| Проверил |      |              |         |                 | НТУ "ДП"           |        |
| Технир   |      |              |         |                 | 131М-17-1          |        |
| Начальн  |      |              |         |                 |                    |        |
| Экз.     |      |              |         |                 |                    |        |