

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ  
КОРПУСУ 600.23.00.011

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ІМС-21  
Шульган Дмитро Олександрович

(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.  
Гарант освітньої програми:  
к.т.н., доцент  
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 механічна інженерія

Спеціальність: прикладна механіка

Освітня програма: 131 прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

*ЗАВДАННЯ*

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Шульган Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу 600.23.00.011

Керівник роботи: Божко Тетяна Євгенівна, к.т.н., доцент.

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 р. №461/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі корпус 600.23.00.011, річна програма випуску 15000 шт/рік, нормативні дані

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Вступ. Розділ 1. Загальна частина. Розділ 2. Технологічна частина. Розділ 3.

Конструкторська частина. Розділ 4. Проектування механічної дільниці.

Розділ 5. Охорона праці. Висновки і пропозиції. Список використаних

джерел. Додатки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення заготовки – 1 лист (ф.А1), карта налагодження – 2 листа (ф.А2),

складальне креслення верстатного пристрою – 2 листа (ф.А1), складальне

креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф.А1), план механообробної

дільниці – 1 лист (ф.А2)

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |      |



## АНОТАЦІЯ

Шульган Д. О. Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу 600.23.00.011. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, п'яти розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

У роботі розроблено технологічний процес механічної обробки корпусу 600.23.00.011.

В кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено тип та організаційну форму виробництва. Відпрацьовано деталь на технологічність. Вибрано спосіб отримання заготовки, економічно обґрунтовано. Вибрано метод обробки поверхонь. Проведено розрахункове обґрунтування баз. Визначено допуски, припуски і операційні розміри. Проведено розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення. Проведено нормування технологічного процесу.

Спроектовано пристрій для чистового фрезерування. Вибрано і обґрунтовано принципу дії, структурні схеми. Проведено силовий розрахунок параметрів приводу. Проведено розрахунок на точність. Дано загальний опис конструкції, принцип дії. Спроектовано контрольний пристрій, який застосовується для контролю співвісності отворів Ø55.

Спроектовано механічну ділянку для обробки корпусу. Розраховано виробничої площі ділянки. Розроблено технологічне планування ділянки.

В розділі охорона праці розраховано захисне заземлення. Розглянуто пожежну характеристику виробничої будівлі.

Ключові слова: технологічний процес, корпус, механічна обробка.

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

032Б-24.00.00.00.000ПЗ

Арк.

## ABSTRACT

Shulgan D. O. Design of the site with the development of the technological process of mechanical processing of the housing 600.23.00.011. Manuscript.

Qualification work of the bachelor's OP "Applied Mechanics " specialty 131 Applied mechanics . Lutskiy national technical university. Lutsk, 2024.

In qualification work consists of an introduction, five sections, conclusions and proposals, list of used sources, applications.

In work the technological process of mechanical processing of the case 600.23.00.011 was developed.

In the bachelor's qualification work, the type and organizational form of production is established. Worked out the detail for manufacturability. Selected way obtaining a blank, economically justified . The processing method is selected surfaces. Calculated substantiation of bases. Tolerances, allowances and operating rooms are defined dimensions. The calculation has been made modes cutting, selection equipment and equipment. Standardization has been carried out technological process.

A device for finishing milling has been designed. The principle of action, structural diagrams are selected and substantiated. The power calculation of the drive parameters was carried out. An accuracy calculation was carried out. A general description of the design, the principle of operation is given. A control device was designed, which is used to control the concentricity of  $\varnothing 55$  holes.

A mechanical section for hull processing has been designed. The production area of the site is calculated. Technological planning of the site has been developed.

Protective grounding is calculated in the labor protection section. The fire characteristics of the industrial building were considered.

Keywords : technological process, case, mechanical processing .

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

|     |   |  |
|-----|---|--|
|     | Вступ.....  |  |
| 1   | Загальна частина.....   |  |
| 1.1 | Службове призначення, характеристика об'єкта виробництва,<br>аналіз технічних умов..... |  |
| 1.2 | Вибір методу одержання заготовки.....   |  |
| 1.3 | Вибір методу обробки поверхонь.....   |  |
| 1.4 | Визначення типу та організаційної форми виробництва.....                                |  |
| 2   | Технологічна частина.....   |  |
| 2.1 | Аналіз технологічності конструкції деталі.....  |  |
| 2.2 | Вибір технологічних баз.....  |  |
| 2.3 | Визначення допусків та технологічних розмірів, розрахунок<br>припусків .....            |  |
| 2.4 | Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення..                             |  |
| 2.5 | Нормування технологічного процесу.....  |  |
| 3   | Конструкторська частина.....  |  |
| 3.1 | Верстатний пристрій .....   |  |
| 3.2 | Пристрій для контролю співвісності.....   |  |
| 3.3 | Розрахунок спеціального ріжучого інструменту.....                                       |  |
| 4   | Проектування механічної дільниці.....   |  |
| 4.1 | Уточнення типу виробництва.....   |  |
| 4.2 | Визначення кількості працівників на дільниці.....                                       |  |
| 4.3 | Розрахунок виробничої площі дільниці.....   |  |
| 4.4 | Розробка технологічного планування дільниці.....  |  |
| 4.5 | Основні техніко-економічні показники дільниці.....                                      |  |
| 5   | Охорона праці.....  |  |
|     | Загальні висновки.....  |  |
|     | Список посилань.....  |  |
|     | Додаток.....  |  |

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |  |      |

## ВСТУП

Основні експлуатаційні властивості деталей машин – зносостійкість, міцність, надійність в значній мірі визначаються станом поверхневого шару, який залежить від технології виготовлення. В сучасному виробництві технологічне забезпечення параметрів стану поверхонь деталей в залежності від марки матеріалу недостатньо обґрунтовано, що приводить до завищення вимог та подорожчання машин. Якість виготовлення деталей машин суттєво залежить від методу їх обробки, так як на цій стадії формується поверхневий шар деталі, який визначає основні експлуатаційні властивості.

Швидкий розвиток техніки призводить до підвищення вимог до точностних характеристик деталі, що викликає необхідність застосовувати додаткову обробку.

При виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра було прийнято рішення по методу отримання заготовки вибору, варіанту технологічного процесу, оснастки, обладнання, проводилося на основі техніко-економічних розрахунків, що дає можливість запропонувати оптимальний варіант.

Основним завданням кваліфікаційної роботи бакалавр є розробка нового технологічного процесу механічної обробки корпусу, який би при прийнятих оптимальних значеннях режимів різання, використанні вибраного технологічного обладнання та дав би мінімальні витрати матеріало- і енергоресурсів та затрат праці на виготовлення даної деталі.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

# 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь

Вузол, корпусом якому служить дана деталь, називається – «редуктор приводу стола копіра» і використовується він в універсальному копірувально-фрезерному.

Цей верстат призначений для виконання копірувально-фрезерних робіт в контурному і об'ємному режимах, а також фрезерних і гравірувальних робіт. Широкий діапазон частот обертання шпинделя дозволяє продуктивно обробляти велику номенклатуру конструкційних матеріалів. В верстаті закладена можливість копірування моделі, як в натуральну величину, так і в масштабі збільшення чи зменшення, а також в дзеркальному відображенні. Також можливе виготовлення моделі з просторово складними поверхнями безпосередньо по кресленню.

«Редуктор приводу стола копіра» встановлений на салаках стола копіра. Крутний момент від вала редуктора приводу стола виробу передається пустотілому валу редуктора приводу стола копіра, а далі через зубчасті колеса чайці ходового гвинта. Таким чином при включенні двигуна утворюється синхронне переміщення столів виробу і копіра вверх-вниз. При цьому столи можуть знаходитись на різних рівнях.

Задана деталь належить до класу корпусних деталей, і являє собою коробчату конструкцію. Деталь містить елементи форм, які дозволяють з потрібною точністю орієнтувати деталі вузла в просторі по відношенню до станини верстата на який кріпиться вузол.

Деталь «Корпус» виготовлена з сірого чавуну марки СЧ20 ГОСТ1412-95 з такими механічними характеристиками  $\sigma_{вр} = 180Н / мм^2$ ,  $\sigma_{зс} = 360Н / мм^2$ ,  $НВ170 - 229кг / мм^2$ .

За складністю деталь відноситься до III групи складності.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

За призначенням деталь виконує роль корпусу, в якому кріпляться всі елементи конструкції: два вали на підшипниках з шестернею та зубчатим колесом, кришки підшипників та інші.

Таблиця 1.1 - Технічні вимоги до параметрів деталі

| № п/п | Назва поверхні  | Вимоги до геометричних форм і точності. Призначення   | Метод досягнення  |
|-------|---|---|---|
| 1     | 2   | 3   | 4   |
| 1     | $l=177\text{мм}$<br>пов. 1, Ra 1,25<br>10, Ra 12,5    | Розмір 177 між поверхнями 1, 10 виконується по 14 квалітету. Поверхнею 1 «редуктор» кріпиться-встановлюється в верстаті; до поверхні 10 кріпиться захисна кришка.   | 1. Чорнове фрезерування пов. 1, 10.<br>2. Фрезерування пов. 1 до Ra 1,25                        |
| 2     | $l=182\text{мм}$<br>пов. 2, 3<br>Ra 12,5              | Розмір 182 між поверхнями 2 і 3 виконується по 14 квалітету. Ці поверхні не мають прямого технічного призначення і служать, як формоутворюючі, і як допоміжні бази. | 1. Чорнове фрезерування пов. 2, 3.  |
| 3     | Отвір $\varnothing 10$<br>пов. 4, 5<br>2 отв. Ra 12,5 | Отвір глибиною 140мм виконаний по 14 квалітету. Служать як напрямні для встановлення штифтів в отвори 12, 13  | 1. Свердлити отвори 12, 13 наскрізно $l=177\text{мм}$<br>2. Цикувати отв. 4, 5 на глибину 140мм |

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



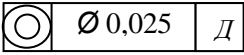
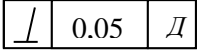
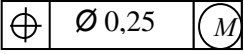
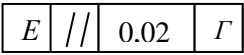
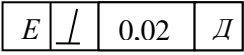


Продовження таблиці 1.1

| 1  | 2   | 3   | 4  |      |   |  |  |
|----|---|---|--|------|---|--|--|
| 14 | Отвір Ø91<br>пов. 47, 58<br>2 отв. Ra 12,5  | Отвір 47 виконаний на глибину 10мм, отвір 58 – 4мм з точністю по 14 квалітету. Служать для встановлення кришок підшипників.   | 1. Чорнове розточування отворів 47, 58.  |      |   |  |  |
| 15 | Поверхні 49, 60<br>Ra 2,5   | Поверхня 49 – це торець отвору 47, а поверхня 60 – отвору 58, вони виконані з точністю по 14 квалітету. Служать для встановлення, регулювання і закріплення кришок підшипників. | 2. Чистове підрізання торців 49, 60.   |      |   |  |  |
| 16 | Отвір Ø55 Js6<br>пов. 48, 59<br>2 отв. Ra 1,25  | Отвори скрізні глибиною 16мм виконуються по 6 квалітету. Призначені для встановлення підшипників.   | 1. Чорнове зенкерування.<br>2. Напівчистове зенкерування.<br>3. Чистове розточування.<br>4. Тонке розвертання. |      |   |  |  |
| 17 | H=4мм<br>пов.61 Ra 12,5   | Виточка на поверхні 1 шириною 122мм і глибиною 4 мм, всі розміри по 14 квалітету. Призначена для кріплення і приховання захисної кришки.  | 1. Фрезерувати в розміри однократно.   |      |   |  |  |
| 18 | <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td>Д</td> <td>//</td> <td>0.02</td> <td>Г</td> </tr> </table> | Д   | //   | 0.02 | Г | Допуск паралельності осі Д отвору Ø68 Js6 до поверхні Г (1) не більше 0,02мм. Викликаний умовами нормальної роботи зубчастої пари. | Досягається багатократним і прецизійним точінням отворів 30, 39 з базою по 1 |
| Д  | //  | 0.02  | Г  |      |   |  |  |


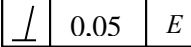
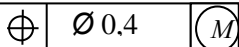
|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Продовження таблиці 1.1

| 1  | 2   | 3   | 4  |
|----|---|---|--|
| 19 | 30, 39<br>                 | Допуск співвісності отворів 30, 39 до осі Д не більше 0,025мм. Викликаний умовами роботи зубчастої пари.  | Досягається обробкою одночасно двох отворі з великою точністю.                   |
| 20 | 27<br><br>28               | Допуск перпендикулярності торців 27, 28 до осі Д не більше 0,05 мм. Викликаний умовами встановлення і регулювання підшипників кришками підшипників. | Досягається шляхом підрізання торців 27, 28 з базою по осі Д                     |
| 21 | 14-21, 41-46<br><br>31-38 | Допуск зміщення вісі отворів 14-21, 41-46 від номінального розташування не більше 0,25мм на діаметр отвору. Викликаний умовами кріплення            | Досягається точним налагодженням і високою жорсткістю інструменту.               |
| 22 |                          | Допуск паралельності вісі Е отворів 48 і 59 до поверхні Г (1) не більше 0,02мм. Викликаний умовами роботи вузла у верстаті – виробі.                | Досягається обробленням отворів 48 і 59 з базою на поверхні 1 (Г).               |
| 23 |                          | Допуск перпендикулярності вісі Е отворів 30 і 39 не більше 0,02мм. Викликаний умовами роботи зубчастої пари.  | Досягається шляхом налагодження інструменту для обробки , як отв. 30, 39, 48, 59 |

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |  |      |

Продовження таблиці 1.1

| 1  | 2   | 3   | 4  |
|----|---|---|--|
| 24 | 48<br><br>59       | Допуск співвісності вісі отворів 48 і 59 до вісі E не більше 0,025мм на діаметр. Викликаний умовами роботи зубчастої пари.  | Досягається обробкою одночасно двох отворів з великою точністю   |
| 25 | 49<br><br>60       | Допуск перпендикулярності торців 49 і 60 до вісі E отворів 48, 59 не більше 0,05мм. Викликаний умовами встановлення і регулювання підшипників кришками підшипників.   | Досягається шляхом підрізання торців 49, 60 з базою по вісі E.   |
| 26 | 22-25, 50-57<br> | Допуск зміщення вісі отворів 22-25, 50-57 від номінального розташування не більше 0,4 мм на діаметр отвору. Викликаний умовами кріплення захисної кришки підшипників і кріплення вузла в верстаті – виробі. | Досягається точним налагодженням і високою точністю інструменту. |

1.2 Вибір методу одержання заготовки

Матеріал деталі – сірий чавун марки СЧ20 ГОСТ1412-85, з таким хімічним складом: зі 100% матеріалу дана марка чавуну окрім заліза містить.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад СЧ20 ГОСТ1412-85

| Вуглець, С % | Кремній, Si % | Марганець, Mn % | Фосфор, P % | Сірка, S %    |
|--------------|---------------|-----------------|-------------|---------------|
| 4 ... 4,4    | 2,75 ... 3,25 | до 1,75         | 0,15... 0,3 | 0,03 ... 0,07 |

Деталь належить до типу корпусних деталей, має коробчасту форму – це відповідає III групі складності. Вибираємо наступні методи отримання заготовки:

- 1) лиття в піщані форми;

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |      |

2) лиття в кокіль.

Заготовка виконується литтям, причому використовується складної форми стержень, який встановлюється горизонтально, А – А площина роз'єму (див. рис. 1.1). На внутрішній поверхні деталі припуски не призначаються, так як до них немає особливих вимог точності та шорсткості (не вимагають механічної обробки) – ці поверхні виконуються при виготовленні заготовки.

Розрахуємо вартість двох методів отримання заготовки литвом: литво в пісчано-глиняні форми і литво в кокіль.

За формулою визначається вартість заготовки, яка отримана литвом:

$$S_{заг.} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_M \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх.}}{1000}, \text{ де}$$

де,  $C_i$  - базова вартість 1 т. заготовки, грн.;

$k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_M \cdot k_n$  - коефіцієнти, які залежать від групи складності, класу точності, обсягу виробництва заготовок, марки матеріалу;

$Q$  і  $q$  - вага заготовки і деталі відповідно [1].

$$k_m = 1,1;$$

$$k_c = 1,22;$$

$$k_g = 0,93;$$

$$k_M = 0,93;$$

$$k_n = 1.$$

Розглянемо спосіб лиття в пісчано – глиняні форми:

$$S_{заг.1} = (1160/1000 \times 15,8 \times 1,1 \times 1,22 \times 0,93 \times 0,93 \times 1) - (15,8 - 9,6) \times 230/1000 = 19,84 \text{ грн.}$$

Обчислюємо спосіб лиття в кокіль:

$$S_{заг.2} = (1160/1000 \times 13,2 \times 1,1 \times 1,22 \times 0,93 \times 0,93 \times 1) - (13,2 - 9,6) \times 230/1000 = 16,94 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект для співставлення способів отримання заготовок:

$$E = (S_{заг.2} - S_{заг.1}) \times N = (19,84 - 16,94) \times 15000 = 43470 \text{ грн.}$$

Ми бачимо, що економічний ефект використання методу литва в кокіль є найбільш доцільним.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

### 1.3 Вибір методу обробки поверхонь

Розрахункове уточнення:

$$\varepsilon_p = \frac{T_3}{T\partial};$$

де  $T_3, T\partial$  - допуск на розмір заготовки, деталі відповідно.

Розрахункове уточнення встановлюється за залежністю:

$$\varepsilon_n = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \times \dots \times \varepsilon_m;$$

де  $m$  – кількість операцій (переходів)

$$m = \frac{\lg \varepsilon_p}{0,46};$$

Розрахунки уточнення для кожної поверхні деталі приводяться в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3- Визначення коефіцієнту уточнення

| №<br>п/п | Назва<br>поверхні та<br>метод<br>оброблення                                      | Квалітет               | Допуск, мм   |  | Уточнення   |                                   | m                          |
|----------|--|------------------------|--|--|---|-----------------------------------|----------------------------|
|          |  |                        | Позначення   | Величина                                       | Формула   | Значення                          |                            |
| 1        | 2  | 3                      | 4  | 5  | 6   | 7                                 | 8                          |
| 1        | Поверхня 1-<br>177Js11,<br>Ra1,25<br>заготовка<br>Фрезер.:<br>чорнове<br>чистове | 11<br><br>12<br><br>11 | $T\partial$<br><br>$T_3$<br><br>$T_1^1$<br><br>$T_1^2$ | <br><br>0,25<br><br>0,9<br><br>0,4<br><br>0,25 | $\varepsilon_p = \frac{T_3}{T\partial}$<br><br>$\varepsilon_1 = \frac{T_3}{T_1^1}$<br><br>$\varepsilon_2 = \frac{T_1^1}{T_1^2}$ | <br><br>3,6<br><br>2,3<br><br>1,6 | <br><br><br><br>2<br><br>2 |

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Продовження таблиці 1.3

| 1 | 2  | 3                      | 4  | 5                           | 6  | 7                      | 8                  |
|---|--|------------------------|--|-----------------------------|--|------------------------|--------------------|
| 2 | Поверхня<br>2(3)-182Js11,<br>Ra12,5<br>заготовка<br>Фрезер.:<br>чорнове<br>чистове | 11<br><br><br>12<br>11 | $T\partial$<br>$T_3$<br><br>$T_2^1$<br>$T_2^2$       | 0,29<br>0,9<br>0,46<br>0,29 | $\varepsilon_p = \frac{T_3}{T\partial}$<br><br>$\varepsilon_1 = \frac{T_3}{T_2^1}$<br><br>$\varepsilon_2 = \frac{T_2^1}{T_2^2}$          | 3,1<br><br>1,96<br>1,6 | <br><br><br>2<br>2 |
| 3 | Пов. 10-<br>177Js11,<br>Ra12,5<br>заготовка<br>Фрезер.:<br>чорнове<br>чистове      | 11<br><br>12<br>11     | $T\partial$<br>$T_3$<br><br>$T_{10}^1$<br>$T_{10}^2$ | 0,25<br>0,9<br>0,4<br>0,25  | $\varepsilon_p = \frac{T_3}{T\partial}$<br><br>$\varepsilon_1 = \frac{T_3}{T_{10}^1}$<br><br>$\varepsilon_2 = \frac{T_{10}^1}{T_{10}^2}$ | 3,2<br><br>2,3<br>1,6  | <br><br><br>2<br>2 |

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Продовження таблиці 1.3

| 1 | 2   | 3                           | 4   | 5   | 6   | 7                                    | 8      |
|---|---|-----------------------------|---|---|---|--------------------------------------|--------|
| 4 | Поверхня<br>11(26)-<br>163Js11,<br>Ra12,5<br>заготовка<br>Фрезерування:<br>чорнове<br>чистове   | 11<br><br>12<br>11          | $T_{\partial}$<br>$T_3$<br>$T_{11}^1$<br>$T_{11}^2$                             | 0,25<br><br>0,9<br>0,4<br>0,25                | $\varepsilon_p = \frac{T_3}{T_{\partial}}$<br>$\varepsilon_1 = \frac{T_3}{T_{11}^1}$<br>$\varepsilon_2 = \frac{T_{11}^1}{T_{11}^2}$   | 3,6<br><br>2,3<br>1,6                | 2<br>2 |
| 5 | Поверхні<br>27(28)-10Js11,<br>Ra2,5<br>заготовка<br>Розточування:<br>чорнове<br>чистове   | 11<br><br>12<br>11          | $T_{\partial}$<br>$T_3$<br>$T_{27}^1$<br>$T_{27}^2$                             | 0,09<br>0,36<br>0,15<br>0,09                  | $\varepsilon_p = \frac{T_3}{T_{\partial}}$<br>$\varepsilon_1 = \frac{T_3}{T_{27}^1}$<br>$\varepsilon_2 = \frac{T_{27}^1}{T_{27}^2}$   | 4<br><br>2,4<br>1,7                  | 2<br>2 |
| 6 | Поверхні<br>30(39)-<br>Ø68Js6,<br>Ra1,25<br>заготовка<br>Зенкерування:<br>чорнове<br>чистове<br>Розточування<br>тонке<br>Розвертання<br>тонке | 6<br><br>12<br>10<br>8<br>6 | $T_{\partial}$<br>$T_3$<br>$T_{30}^1$<br>$T_{30}^2$<br>$T_{30}^3$<br>$T_{30}^4$ | 0,019<br>0,7<br>0,3<br>0,12<br>0,046<br>0,019 | $\varepsilon_p = \frac{T_3}{T_{\partial}}$<br>$\varepsilon_1 = \frac{T_3}{T_{30}^1}$<br>$\varepsilon_2 = \frac{T_{30}^1}{T_{30}^2}$<br>$\varepsilon_3 = \frac{T_{30}^2}{T_{30}^3}$<br>$\varepsilon_4 = \frac{T_{30}^3}{T_{30}^4}$ | 36,8<br><br>2,4<br>2,5<br>2,6<br>2,4 | 4<br>4 |

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |  |  |  |      |

Продовження таблиці 1.3

| 1 | 2   | 3  | 4                       | 5             | 6  | 7    | 8 |
|---|---|----|-------------------------|---------------|--|------|---|
| 7 | Пов. 48(59)-<br>Ø55Js6,<br>Ra1,25 заготовка | 6  | $T_{\partial}$<br>$T_3$ | 0,019<br>0,64 | $\varepsilon_p = \left(\frac{T_3}{T_{\partial}}\right)^{-1}$ | 33,7 |   |
|   | Зенкерув.:                                  | 12 | $T_{48}^1$              | 0,3           | $\varepsilon_1 = T_3 / T_{48}^1$                             | 2,2  |   |
|   | чорнове                                     | 10 | $T_{48}^2$              | 0,12          | $\varepsilon_2 = T_{48}^1 / T_{48}^2$                        | 2,5  |   |
|   | чистове                                     |    |                         |               |  |      |   |
|   | Розточування                                | 8  | $T_{48}^3$              | 0,046         | $\varepsilon_3 = T_{48}^2 / T_{48}^3$                        | 2,6  | 4 |
|   | тонке                                       |    |                         |               |  |      |   |
|   | Розвертання тонке                           | 6  | $T_{48}^4$              | 0,019         | $\varepsilon_4 = T_{48}^3 / T_{48}^4$                        | 1,7  | 4 |

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

«Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \sum_{i=1}^r O_i / \sum_{i=1}^r C_{pi};$$

де  $O_i$  – кількість операцій, які закріплені за одним робочим місцем;

$r$  – кількість робочих місць;

$C_{pi}$  - кількість обладнання закріпленого за  $i$ -м робочим місцем

розрахункова» [1].

$$O_i = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.i};$$

де  $\eta_{з.н.} = 0,75 - 0,8$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{з.ф.i}$  – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання.

$$\eta_{з.ф.i} = \frac{C_{pi}}{C_{ni}};$$

де  $C_{ni}$  – прийнята кількість технологічного обладнання закріпленого за  $i$ -им робочим місцем.

|      |      |          |        |      |                        |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |      |



$$T_{\text{шт.}} = 6,26 \cdot 1,51 = 9,45 \text{ хв};$$

$$C_p = \frac{9,45 \cdot 15000}{60 \cdot 4015 \cdot 0,8} = 0,74;$$

Приймаємо  $C_n = 1$

Звідси:

$$\eta_{з.ф.i} = \frac{0,74}{1} = 0,74;$$

$$O_i = 0,8 / 0,74 = 1,08.$$

Таблиця 1.4 - Дані для встановлення типу виробництва

| № оп | Найменування операції | $T_{\text{шт.}}, \text{ хв}$ | $C_p$ | $C_n$ | $\eta_{з.ф}$ | $O_i$ |
|------|-----------------------|------------------------------|-------|-------|--------------|-------|
| 005  | Фрезерна              | 9,45                         | 0,74  | 1     | 0,74         | 1,08  |
| 010  | Фрезерна              | 3,45                         | 0,35  | 1     | 0,35         | 2,28  |
| 015  | Фрезерна              | 3,66                         | 0,38  | 1     | 0,11         | 2,2   |
| 020  | Фрезерна              | 2,98                         | 0,23  | 1     | 0,23         | 3,4   |
| 025  | Фрезерна              | 3,11                         | 0,31  | 1     | 0,31         | 2,5   |
| 030  | Фрезерна              | 4,8                          | 0,43  | 1     | 0,43         | 1,9   |
| 035  | Свердлильна           | 0,81                         | 0,09  | 1     | 0,09         | 8,8   |
| 040  | Свердлильна           | 1,7                          | 0,12  | 1     | 0,12         | 6,05  |
| 045  | Свердлильна           | 2,9                          | 0,54  | 1     | 0,54         | 1,49  |
| 050  | Свердлильна           | 0,78                         | 0,06  | 1     | 0,06         | 13,25 |
| 055  | Агрегатна             | 16,4                         | 1,28  | 2     | 0,64         | 1,25  |
| 060  | Агрегатна             | 12,7                         | 0,99  | 1     | 0,99         | 0,8   |
| 065  | Свердлильна           | 1,5                          | 0,11  | 1     | 0,11         | 6,7   |
| 070  | Свердлильна           | 1,6                          | 0,12  | 1     | 0,12         | 6,1   |
|      | $\Sigma$              | 65,83                        | 5,14  |       |              | 38,1  |

$$K_{з.о.} = \frac{38,1}{5,14} = 7,41.$$

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |      |

Величина цього коефіцієнту  $K_{з.о.} = 7,4$  відповідає великосерійному типу виробництва

Розрахунок форми організації виробництва

При виконанні умови  $N\partial \geq Q\partial$  призначається потокова форма, де

$N\partial = \frac{N}{D}$  – величина добової програми випуску деталей.

$\ddot{A} = 254\ddot{a}\ddot{i}^3$  – кількість робочих днів у році

$$N\partial = \frac{15000}{254} = 59(\text{дет}/\text{день})$$

Добова продуктивність одно номенклатурної потокової лінії

$$Q\partial = \frac{r \cdot Fc \cdot \eta_{з.л.}}{\sum_{i=1}^r T_{ум.i}}$$

де  $r$  – кількість операцій технологічного процесу,  $r = 9$ ;

$Fc$  – добовий фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.л.}$  – коефіцієнт завантаження лінії  $\eta_{з.л.} \geq 0,6$

$Fc = 952xв.$

$$Q\partial = \frac{9 \cdot 952 \cdot 0,6}{65,83} = 78.$$

Отже

$$Q\partial > N\partial$$

Умова не виконується, застосування потокової форми організації виробництва не доцільне.

Вибираємо групову форму організації виробництва

1. Попереднє визначення розміру партії деталей розраховують так:

$$n_1 = \frac{N \cdot a}{D};$$

де  $a$  – періодичність запуску в днях,  $a = 3$ .

$$n_1 = \frac{15000 \cdot 3}{254} = 177,16 \approx 178(\text{деталей}).$$

2. Визначення кількості змін, необхідних для обробки партії деталей:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$C = \frac{(\sum_{i=1}^r T_{ум.i}) \cdot n_1}{0,5 \cdot r \cdot Fc \cdot \eta_{н.1}}; \quad \text{де} \quad \eta_{н.1} = 0,8 \text{ – нормативний коефіцієнт}$$

завантаження обладнання в серійному виробництві;

$r$  – кількість переходів технологічного процесу,  $r = 30$ .

$$C = \frac{65,83 \cdot 178}{0,5 \cdot 30 \cdot 952 \cdot 0,8} = 1,1; \quad C_{np} = 2 \text{ зміни}$$

3. Встановлення кількості змін, необхідної для виконання річної програми:

Розмір партії деталей:

$$n_{np} = \frac{0,5 \cdot Fc \cdot r \cdot \eta_{н.1}}{\sum_{i=1}^r T_{ум.i}} \cdot C_{np} = \frac{0,5 \cdot 952 \cdot 30 \cdot 0,8}{65,83} \cdot 2 \approx 355 (\text{деталей}).$$

4. Встановлення кількості змін, необхідної для виконання річної програми:

$$Z_p = \frac{N \cdot C_{np}}{n_{np}} = \frac{15000 \cdot 2}{355} = 84,5 \approx 85 (\text{змін}).$$

5. Встановлення місячної кількості запусків:

$$K_{з.п.} = \frac{Z_p}{12 \cdot C_{np}} = \frac{85}{12 \cdot 2} = 3,5,$$

Звідси заокруглюючи отримане значення до більшого цілого числа – одержують місячну кількість запусків  $K'_{з.п.} = 4$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь – корпус 600.23.00.011, представляє собою відливок коробчастої форми з сірого чавуну марки СЧ20 ГОСТ1412-85, відливок досить простий за конфігурацією, але вимагає складний стержень для утворення внутрішніх площин і деяких отворів.

З точки зору механічної обробки деталь має такі недоліки та переваги щодо технологічності:

1) Конструкція деталі допускає обробку всіх площин деталі на прохід (поверхні 1, 2, 3, 10, 11, 26, 61);

2) Враховуючи відстані між осями отворів: поверхні (4, 5, 12, 13), (6-9, 22-25), (14-21), (31-34), (35-38), (41-46), (50-53), (54-57), їх ці отвори можна одночасно обробити (по групах) використовуючи спеціальні багатошпindelні головки;

3) Форма отворів 30, 39, 48, 49 дозволяє обробляти їх як з однієї так і з двох сторін на прохід. Для отворів 29, 40, 47, 58 виконати це неможливо;

4) При обробці всіх поверхонь деталі можливий вільний доступ інструменту;

5) Згідно креслення – не вимагається обробка внутрішніх поверхонь відливки;

6) Деталь містить ряд глухих отворів (14-21, 41-46) з різьбою і виконувати їх скрізними недоцільно виходячи з техніко-економічної сторони питання;

7) На деталі відсутні площини розташовані під гострими чи тупими кутами;

8) Відсутні також отвори вісь яких розташована не під прямим кутом до площин входу, виходу;

9) Жорсткість деталі достатня, тому можливе застосування високопродуктивних інструментів, які дозволяють вести обробку на високо прогресивних режимах.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

10) Деталь містить ряд поверхонь достатньо великих за розмірами, які в ході технологічного процесу механічної обробки деталі будуть використані як бази: основні – поверхні 1, (11), 26, 2 і додаткові (допоміжні) – 11, 10, 3, 12, 13, і які дозволяють дотримуватись принципу «єдності баз».

11) Планується отримання заготовки методом лиття в кокіль – це дещо ускладнює отримання ливарної форми (кокіля) з економічної сторони, але в результаті дозволить отримати заготовку високої точності.

Технологічність деталі оцінюють також за наступними показниками, [3]:

- коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_y}{Q_z};$$

де  $Q_y$  - кількість уніфікованих типорозмірів;

$Q_z$  - загальна кількість типорозмірів.

$$Q_y = 67; \quad Q_z = 73.$$

$K_{y.e.} = 67/73 = 0,92$  - для обох варіантів.

- коефіцієнт точності обробки [2]:

$$K_T = \frac{IT_{\bar{o}.c.}}{IT_{\bar{o}.c.}};$$

де  $IT_{\bar{o}.c.}$ ,  $IT_{\bar{o}.c.}$  - відповідно базовий та досягнутий середній квалітет точності всіх поверхонь деталі.

$$IT = \sum IT_i n_i / \sum n_i;$$

де  $IT_i$  - квалітет точності;

$n_i$  - кількість розмірів відповідного квалітету точності.

$$IT_{\bar{o}.c.} = \frac{6 \cdot 4 + 14 \cdot 27}{31} = 12,968;$$

$$IT_{\bar{o}.c.} = \frac{6 \cdot 4 + 7 \cdot 2 + 11 \cdot 25}{31} = 10,097;$$

$$K_T = \frac{12,968}{10,097} = 1,28.$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 2.1 - Показники технологічності деталі

| № поверхні | Коефіцієнт конструктивності |          | Коефіцієнт точності |          | Коефіцієнт шорсткості |          |
|------------|-----------------------------|----------|---------------------|----------|-----------------------|----------|
|            | поверхня                    | прийнято | поверхня            | прийнято | поверхня              | прийнято |
| 1          | 2                           | 3        | 4                   | 5        | 6                     | 7        |
| 1          | 1                           | 1        | 14                  | 11       | 7 (1,25)              | 7 (1,25) |
| 2          | 1                           | 1        | 14                  | 11       | 4 (12,5)              | 4 (12,5) |
| 3          | 1                           | 1        | 14                  | 11       | 4 (12,5)              | 4 (12,5) |
| 4, 5       | 2                           | 2        | 14                  | 11       | 4 (12,5)              | 4 (12,5) |
| 6-9        | 4                           | 4        | 14                  | 11       | 3 (20)                | 3 (20)   |
| 10         | 1                           | 1        | 14                  | 11       | 4 (12,5)              | 4 (12,5) |
| 11         | 1                           | 1        | 14                  | 11       | 4 (12,5)              | 4 (12,5) |
| 12, 13     | 2                           | 2        | 14                  | 7        | 4 (12,5)              | 8 (0,63) |
| 14-21      | 8                           | 8        | 7H                  | 7H       | —                     | —        |
| 22-25      | 4                           | 4        | 14                  | 11       | 4 (12,5)              | 4 (12,5) |
| 26         | 1                           | 1        | 14                  | 11       | 4 (12,5)              | 4 (12,5) |
| 27, 28     | 2                           | 2        | 14                  | 11       | 6 (2,5)               | 6 (2,5)  |
| 29, 40     | 2                           | 2        | 14                  | 11       | 4 (12,5)              | 4 (12,5) |
| 31-38      | 8                           | 8        | 7H                  | 7H       | —                     | —        |
| 41-46      | 6                           | 6        | 7H                  | 7H       | —                     | —        |
| 47, 58     | 2                           | 2        | 14                  | 14       | 4 (12,5)              | 4 (12,5) |
| 48, 59     | 2                           | 2        | 6                   | 6        | 7 (1,25)              | 7 (1,25) |
| 49, 60     | 2                           | 2        | 14                  | 14       | 6 (2,5)               | 6 (2,5)  |
| 50-57      | 8                           | 8        | 7H                  | 7H       | —                     | —        |
| 61         | 1                           | 1        | 14                  | 14       | 4 (12,5)              | 4 (12,5) |

- коефіцієнт шорсткості поверхонь:

$$K_{ш} = \frac{Ш_{д.с.}}{Ш_{б.с.}} ;$$

де  $Ш_{б.с.}$ ,  $Ш_{д.с.}$  - відповідно базовий і досягнутий середній клас шорсткості

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

всіх оброблюваних поверхонь;

$$Ш = \sum Ш_i n_i / \sum n_i;$$

де  $Ш_i$  - клас шорсткості;

$n_i$  - кількість поверхонь  $i$ -го класу шорсткості.

$$Ш_{б.с.} = \frac{3 \cdot 1 + 4 \cdot 21 + 6 \cdot 4 + 7 \cdot 5}{31} = 4,71;$$

$$Ш_{д.с.} = \frac{3 \cdot 1 + 4 \cdot 19 + 6 \cdot 4 + 7 \cdot 5 + 8 \cdot 2}{31} = 4,968$$

$$K_{Ш} = 4,968 / 4,71 = 1,055.$$

- коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{В.М.} = M_{д} / M_{м};$$

де  $M_{д}$  - маса деталі, кг;

$M_{м}$  - маса матеріалу, що витрачається на виготовлення заготовки, кг.

1) базовий варіант:  $M_{д} = 9,6 \text{ кг}$ ;  $M_{м} = 28,6 \text{ кг}$ .

2) досягнутий варіант:  $M_{д} = 9,6 \text{ кг}$ ;  $M_{м} = 17,2 \text{ кг}$ .

$$K_{В.М.б} = 9,6 / 28,6 = 0,336;$$

$$K_{В.М.д} = 9,6 / 17,2 = 0,56.$$

Отже по коефіцієнтах технологічності видно, що досягнутий варіант більш технологічний за коефіцієнтом маси і менш технологічний за коефіцієнтом точності та шорсткості в порівнянні з базовим варіантом.

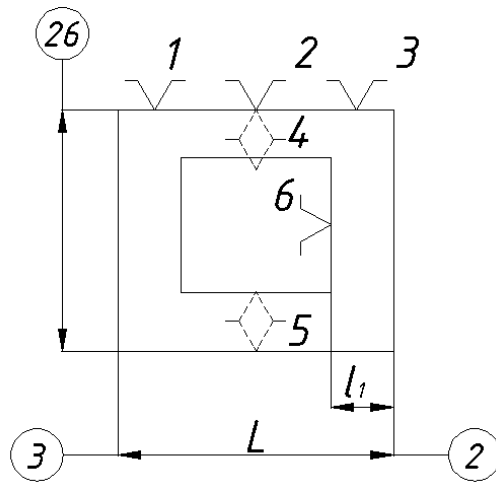
## 2.2 Вибір технологічних баз

Операція 005      Горизонтально-фрезерна

1.      Фрезерувати поверхні 2, 3 в розмір  $L$ .

Похибка базування в даному випадку:  $\Delta\delta = 0$ .

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



Операція 015 Горизонтально-фрезерна

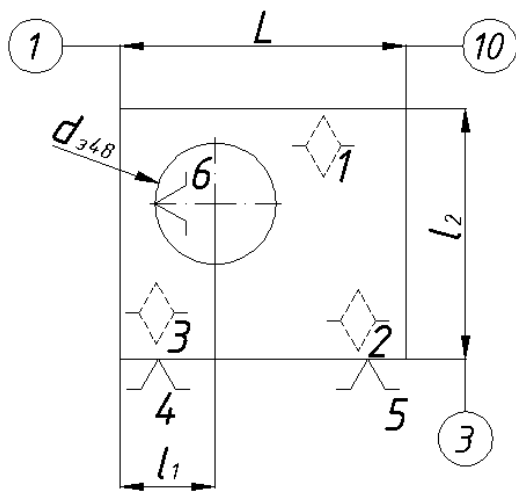
1. Фрезерувати поверхні 1, 10 в розмір  $L$ .

$$\Delta\delta = Td_{348};$$

де  $Td_{348}$  - допуск на розмір отвору 48 заготовки.

$$Td_{348} = 0,64 \text{ мм.}$$

$$\Delta\delta = 0,64 \text{ мм.}$$

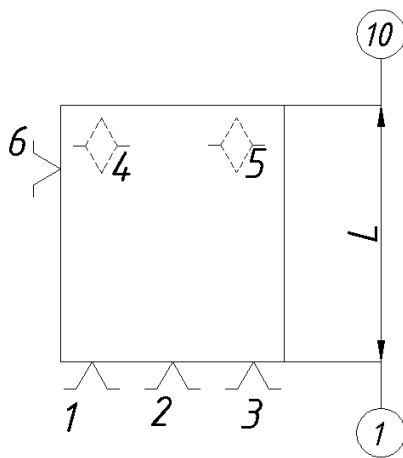


Операція 025 Вертикально-фрезерна

1. Фрезерувати поверхню 10 в розмір  $L$ .

Похибка базування в даному випадку:

$$\Delta\delta = 0.$$



|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

032Б-24.00.00.00.000ПЗ

Арк.



При виборі баз для кожної операції ми, де це тільки можливо, дотримувались принципу єдності баз, що дає можливість виключити похибку базування ( $\Delta\delta = 0$ ), або звести її до мінімуму. На операціях 005-015 ведеться обробка поверхонь, які в подальшому будуть використані як бази (чорнові) для обробки чистових баз – отвори 12, 13 і пов. 1.

### 2.3 Визначення допусків на технологічні розміри, розрахунок припусків

Розрахунок припуску для отвору  $\varnothing 55\text{Js}(\pm 0,0095)$  поверхні 48, 59.

Мінімальний припуск при обробці отвору:

$$2z_{\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

де  $R_{zi-1}$  - висота мікронерівностей поверхні, які отримані на попередніх переходах;

$h_{i-1}$  - глибина дефектного шару, яка отримана на попередніх переходах;

$\rho_{i-1}$  - в поверхні, що обробляється, просторові відхилення відносно базових поверхонь заготовки;

$\varepsilon_i$  - на переході який виконується похибка установки, що виникає [1].

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор.}}^2 + \rho_{\text{см}}^2};$$

де  $\rho_{\text{кор.}} = \sqrt{(\Delta kd)^2 + (\Delta kl)^2}$  - величина короблення;

$\Delta k = 0,7 \text{ мкм} / \text{мм}$  - питома кривизна заготовки [3];

$d = 55 \text{ мм}$  - діаметр оброблюваного отвору;

$l = 163 \text{ мм}$  - довжина оброблюваного отвору;

$\rho_{\text{см}}$  - похибка зміщення вісі отвору заготовки [3];

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{T(62)}{2}\right)^2 + \left(\frac{T(50)}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,74}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,62}{2}\right)^2} = 0,483(\text{мм});$$

де  $T$  - допуск заготовки на відповідальний розмір.

$$\rho_{\text{кор.}} = \sqrt{(0,7 \cdot 55)^2 + (0,7 \cdot 163)^2} = 120,4(\text{мкм});$$

$$\rho = \sqrt{120,4^2 + 483^2} = 497(\text{мкм});$$

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |  |      |

Величині залишкового просторового відхилення після чорнового  
зенкерування:

$$\rho_1 = 0,05\rho = 0,05 \cdot 497 = 25(\text{мкм}); [3]$$

Величина залишкового просторового відхилення після чистового  
зенкерування [3]

$$\rho_2 = 0,005\rho = 0,005 \cdot 497 = 3(\text{мкм});$$

Похибка встановлення при чорновій обробці:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2};$$

де  $\varepsilon_3$  - похибка закріплення,  $\varepsilon_3 = 90\text{мкм}$  [3];

$\varepsilon_6$  - похибка базування;

Базування здійснюється по площині 1 і двох отворах 12, 13 ( $\varnothing 7,8$ ) на установочних пальцях. Похибка базування в даному випадку виникає в результаті перекосу заготовки в горизонтальній площині при встановленні заготовки на пальцях пристрою. Перекіс виникає через наявність зазорів між отворами і пальцем. Тому призначаємо виготовлення отворів 12, 13 по 7 квалітету -  $\varnothing 7,8\text{H}7$ . В результаті отримаємо посадку:

$$\frac{\text{H}7}{\text{g}6}, S_{\max} = 29\text{мкм}, S_{\min} = 5\text{мкм},$$

тоді найбільший кут повороту заготовки:

$$\text{tg}\alpha = \frac{S_{\max}}{\sqrt{l_1^2 + l_2^2}};$$

де  $l_1, l_2$  - відстань між отворами встановлення.

$$l_1 = 134\text{мм}, l_2 = 124\text{мм};$$

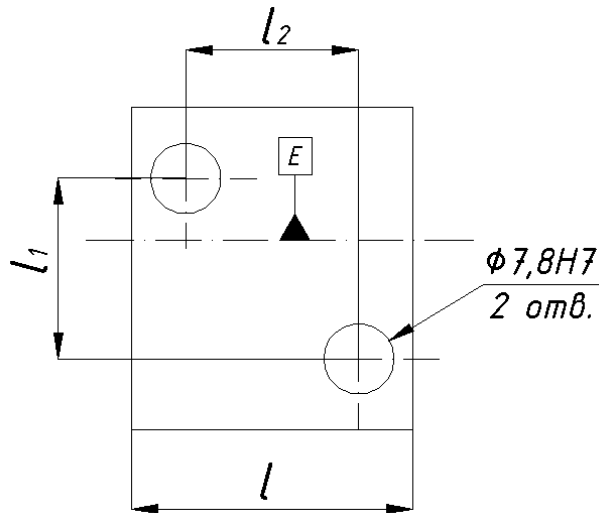
$$\text{tg}\alpha = \frac{0,029}{\sqrt{134^2 + 124^2}} = 1,6 \cdot 10^{-4}.$$

Для даного методу базування похибка базування по відношенню до вісі отвору  $\varnothing 55\text{Js}6 - \text{E}$  (Рис. 2.7.1.1) розраховується так:

$$\varepsilon_6 = l \cdot \text{tg}\alpha;$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

де  $l$  - довжина отвору  $\text{Ø}55\text{Js}6$ ,  $l = 163\text{мм}$



$$\varepsilon_0 = 163 \cdot 1,6 \cdot 10^{-4} = 0,026(\text{мм})$$

Отже,

$$\varepsilon_1 = \sqrt{26^2 + 90^2} = 94(\text{мкм}).$$

Похибка встановлення для напівчистої обробки [3]:

$$\varepsilon_2 = 0,05\varepsilon_1 + \varepsilon_{\text{інд}};$$

де,  $\varepsilon_{\text{інд}} = 0$  - так як обробку отвору  $\text{Ø}55\text{Js}6$  по всіх переходах

ведеться за одне встановлення.

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot 94 + 0 = 5(\text{мкм})$$

Іншими показниками нехтуємо в зв'язку з їх мізерністю.

Таблиця 2.2 - Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічних переходах на обробку  $\text{Ø}55\text{Js}(\pm 0,0095)$

| Технологічні переходи | Елементи припуску, мкм |     |        |               | Розрахунковий припуск, мкм $2Z_{\text{min}}$ | Розрахунковий розмір, $d_p$ , мм | Допуск, $\delta$ , мкм | Граничний розмір, мм |                  | Граничний припуск, мм         |                               |
|-----------------------|------------------------|-----|--------|---------------|--|----------------------------------|------------------------|----------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                       | $R_z$                  | $T$ | $\rho$ | $\varepsilon$ |  |                                  |                        | $d_{\text{min}}$     | $d_{\text{max}}$ | $2Z_{\text{min}}^{\text{ep}}$ | $2Z_{\text{max}}^{\text{ep}}$ |
| Заготовка             | 300                    | 300 | 497    | -             |  | 52,329                           | 640                    | 51,689               | 52,329           |                               |                               |
| Зенкерування чорнове  | 50                     | 50  | 25     | 94            | 2·1106                                       | 54,542                           | 300                    | 54,242               | 54,542           | 2212                          | 2552                          |
| Зенкерування чистове  | 30                     | 30  | 3      | 5             | 2·126  | 54,794                           | 120                    | 54,674               | 54,793           | 252                           | 432                           |
| Розточування чистове  | 25                     | 20  | -      | -             | 2·63   | 54,919                           | 46                     | 54,874               | 54,919           | 126                           | 200                           |
| Розвертання тонке     | 5                      | 3   | -      | -             | 2·45   | 55,009                           | 19                     | 54,991               | 55,009           | 90                            | 1172                          |
|                       |                        |     |        |               |  |                                  |                        |                      |                  | 2680                          | 3301                          |

Мінімальний припуск  $2z_{\text{min}}$ , мкм, [2]:

$$\text{Зенкер.: чорнове: } 2z_{\text{min}} = 2\left(300 + 300 + \sqrt{497^2 + 94^2}\right) = 2 \cdot 1106(\text{мкм});$$

$$\text{чистове: } 2z_{\text{min}} = 2\left(50 + 50 + \sqrt{25^2 + 5^2}\right) = 2 \cdot 126(\text{мкм});$$

$$\text{Розточув. : чистове: } 2z_{\text{min}} = 2(30 + 30 + 3) = 2 \cdot 63(\text{мкм});$$

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |  |      |

Розверт.: тонке:  $2z_{\min} = 2(25 + 20) = 2 \cdot 45(\text{мкм})$ ;

Розрахунковий розмір по переходах  $d_p$  :

Розвертання тонке:  $d_p = 55,0095(\text{мм})$  ;

Розточування чистове:  $d_p = 55,0095 - 0,09 = 54,9195(\text{мм})$  ;

Зенкерування чистове:  $d_p = 54,9195 - 0,126 = 54,7935(\text{мм})$  ;

чорнове:  $d_p = 54,7935 - 0,252 = 54,5415(\text{мм})$  ;

Заготовка:  $d_p = 54,5415 - 2212 = 52,3295(\text{мм})$  ;

Граничний розмір:

Заготовка:  $d_{\max} = 52,3295\text{мм}$  ;

$d_{\min} = d_{\max} - T_d = 52,3295 - 0,64 = 51,6895(\text{мм})$  ;

Зенкер.: чорнове:  $d_{\max} = 54,5415\text{мм}$  ;

$d_{\min} = 54,5415 - 0,3 = 54,2415(\text{мм})$  ;

чистове:  $d_{\max} = 54,7935\text{мм}$  ;

$d_{\min} = 54,7935 - 0,12 = 54,6735(\text{мм})$  ;

Розточ.: чистове:  $d_{\max} = 54,9195\text{мм}$  ;

$d_{\min} = 54,9195 - 0,046 = 54,8735(\text{мм})$  ;

Розверт.: тонке:  $d_{\max} = 55,0095\text{мм}$  ;

$d_{\min} = 55,0095 - 0,019 = 54,9905(\text{мм})$  ;

Значення максимального припуску  $z_{\max}$  :

Розверт.: тонке:  $2z_{\max i} = d_{i \min} - d_{i-1 \min} = 54,9905 - 54,8735 = 0,177(\text{мм})$  ;

Розточ.: чистове:  $2z_{\max} = 54,8735 - 54,6735 = 0,2(\text{мм})$  ;

Зенкер.: чистове:  $2z_{\max} = 54,6735 - 54,2415 = 0,432(\text{мм})$  ;

чорнове:  $2z_{\max} = 54,2415 - 51,6895 = 2,552(\text{мм})$  ;

Номинальні значення:

- припуску:  $2z = z_{\min} + ES_{\text{загот.}} - ES_{\text{дет.}}$  ;

де  $ES_{\text{загот.}}$ ,  $ES_{\text{дет.}}$  - відповідно верхнє відхилення заготовки, деталі.

$2z = 2,680 + 0,32 - 0,0095 = 2,9905(\text{мм})$ .

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

- розмір отвору заготовки:

$$d_3 = d - z = 55 - 2,9905 = 52,0095(\text{мм});$$

Таблиця 2.3 - Припуски і допуски на оброблювані поверхні деталі

| Поверхня | Розмір, мм | Припуск, мм | Допуск, мм |
|----------|------------|-------------|------------|
| 1        | 177        | 2,5         | 0,9        |
| 10       | 177        | 2,0         | 0,9        |
| 2(3)     | 182        | 2,0         | 0,9        |
| 11(26)   | 163        | 2,0         | 0,9        |
| 30(39)   | ∅68        | 2,5         | 0,7        |
| 48(59)   | ∅55        | 1,5         | 0,64       |

На решту поверхонь, що вимагають механічну обробку напуски (п. 2.3.)

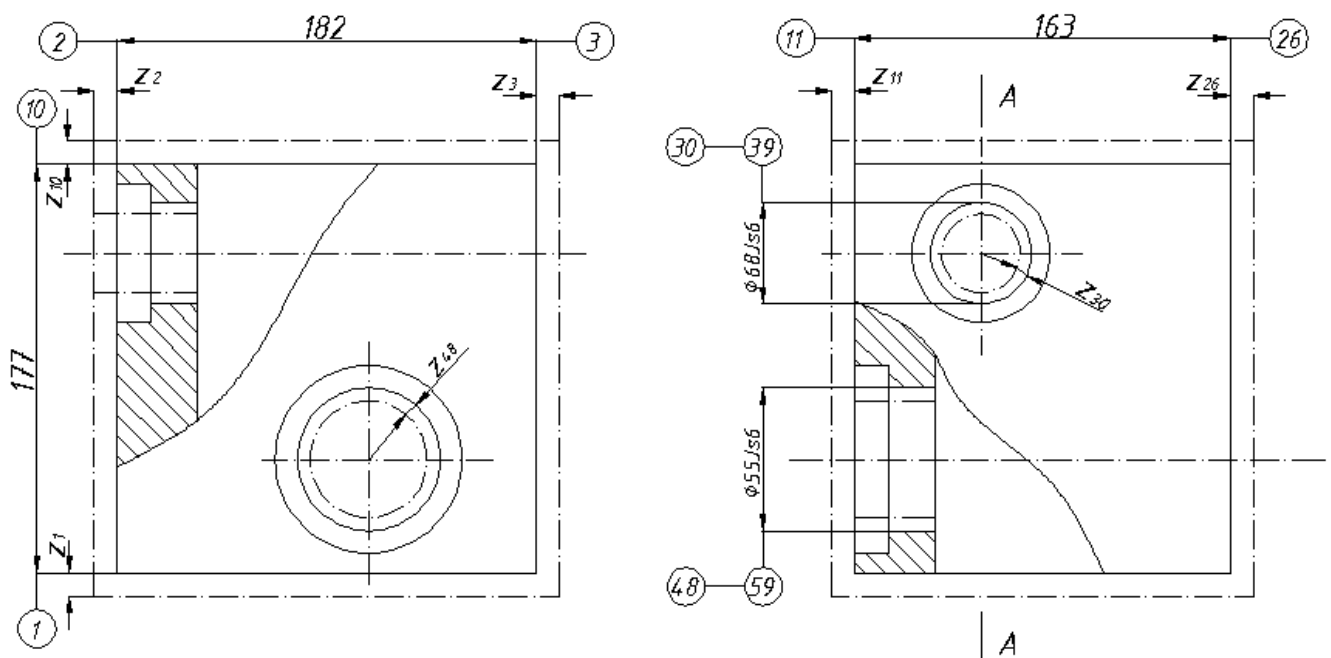


Рис. 2.1 - Схема розташування припусків на заготовці

#### 2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

Операція 005 Горизонтально-фрезерна

1. Фрезерувати поверхні 2, 3 в розмір 184 мм.

1) Розрахунок довжини робочого ходу [6]:

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |      |

$$L_{p.x.} = L_{piz} + y + L_{дон.},$$

де  $L_{piz}$  - довжина різання; в даному випадку використовуємо 4-х місний пристрій ЦАІЛ-03.01.00-001, тому виходячи з його конструкції  $L_{piz} = 852\text{мм}$ .

$y$  - довжина підводу, врізання і перебігу інструмента.

Інструмент: призначаємо фрезу торцеву, оснащену пластинами з твердого стопу ВК-8, тому що обробляємо сірий чавун марки СЧ20. Діаметр фрези зі співвідношенням:

$$D_{фр} = (1,2 - 1,5)B,$$

де  $B = 185\text{мм}$  - ширина фрезерування.

$$D_{фр} = 185 \cdot 1,2 = 222(\text{мм}) \quad \text{по [1] вибираємо фрезу ГОСТ24360-90,}$$

$$D = 250\text{мм}, \quad z = 14, \quad B = 47\text{мм}.$$

$$\text{звідси } y = y_{вріз.} + y_{підв.} + D = 43 + 250 = 293(\text{мм}),$$

$$L_{p.x.} = 852 + 293 = 1145(\text{мм}).$$

2) Визначення рекомендованої подачі на зуб ( $S_z$ ) за нормативами по [1]:

$$S_z = 0,16\text{мм/зуб}.$$

3) Визначення за [1] стійкості інструменту:

$$T = 240\text{хв}.$$

4) Розрахунок швидкості різання  $V, \text{м/хв}$ , кількості обертів шпинделя  $n$  в хвилину і хвилинної подачі  $S_{хв}, \text{мм/хв}$ , [1]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v,$$

де  $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$  - поправочний коефіцієнт, що бере до уваги фактичні умови різання.

$K_{mv} = 1$  - коефіцієнт, який бере до уваги якість оброблюваного матеріалу;

$K_{nv} = 0,85$  - коефіцієнт, який бере до уваги стан поверхні заготовки;

$K_{iv} = 1,25$  - коефіцієнт, який бере до уваги матеріал інструменту.

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |      |

$C_v = 445$ ;  $q = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $u = 0,2$ ;  $p = 0$ ;  $m = 0,32$ ; - поправочні коефіцієнти.

$t = 2\text{мм}$  - глибина фрезерування (припуск).

$$V = \frac{445 \cdot 250^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,16^{0,35} \cdot 185^{0,2} \cdot 14^0} \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1,25 = 148,8(\text{м/хв});$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 148,8}{\pi \cdot 250} = 189,5(\text{об/хв});$$

Вибираємо верстат: Горизонтально-фрезерний моделі: 6605  $N = 2x7\text{кВт}$

[1] і уточнюємо за паспортом верстата:  $n = 160\text{об/хв}$

Звідси: 
$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \cdot 250 \cdot 160}{1000} = 125,7(\text{м/хв});$$

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n = 0,16 \cdot 14 \cdot 160 = 358,4(\text{мм/хв});$$

Уточнюємо за паспортом  $S_m = 315(\text{мм/хв});$

Звідси: 
$$S_z = S_m / z \cdot n = 315 / 14 \cdot 160 = 0,14(\text{мм/зуб});$$

5) Розрахунок основного машинного часу:

$$t'_m = \frac{L_{p.x.}}{S_m} = \frac{1145}{315} = 3,64(\text{хв}) - \text{для 4-х деталей};$$

Для однієї деталі:  $t_m = 3,64 / 4 = 0,91(\text{хв}).$

6) Розрахунок сили різання [1]:

$R_{mp} = 1$  - коефіцієнт оброблюваного матеріалу;

$C_p = 54,5$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,74$ ;  $u = 1$ ;  $q = 1$ ;  $W = 0$ , - поправочні коефіцієнти.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^W} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,14^{0,74} \cdot 185^1 \cdot 14}{1020 \cdot 60} \cdot 1 = 2459,4(\text{Н});$$

7) Потужність різання: 
$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2459,4 \cdot 125,7}{1020 \cdot 60} = 5,2(\text{кВт}).$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 2.5 -

## Режими різання

| № оп. | Найменування операції<br>зміст переходу                         | D(B),<br>мм | Розра<br>х.<br>довж,<br>мм | t,<br>мм | S <sub>0</sub><br>мм/об,<br>S <sub>z</sub><br>мм/зуб | V,<br>м/хв | n,<br>об/хв | S,<br>мм/<br>хв | T <sub>о</sub> ,<br>хв | N <sub>різ.</sub> |
|-------|---|-------------|----------------------------|----------|--|------------|-------------|-----------------|------------------------|-------------------|
| 1     | 2   | 3           | 4                          | 5        | 6  | 7          | 8           | 9               | 10                     | 11                |
| 005   | Горизонтально-фрезерна<br>1. Фрезерувати пов. 2, 3<br>начорно   | 185         | 1145                       | 2        | 0,14   | 125,7      | 160         | 315             | 3,64                   | 5,2               |
|       | 2. Фрезерувати пов. 2, 3<br>начисто                             | 182         | 1145                       | 1        | 0,09   | 196,4      | 250         | 315             | 3,64                   | 2,7               |
| 010   | Горизонтально-фрезерна<br>1. Фрезерувати пов. 11, 26<br>начорно | 165         | 1145                       | 2        | 0,14   | 125,7      | 160         | 315             | 3,64                   | 5,2               |
|       | 2. Фрезерувати пов. 11, 26<br>начисто                           | 165         | 1145                       | 1        | 0,09   | 196,4      | 250         | 315             | 3,64                   | 2,7               |
| 015   | Горизонтально-фрезерна<br>1. Фрезерувати пов. 1,10<br>начорно   | 179         | 1145                       | 2        | 0,14   | 125,7      | 160         | 315             | 3,64                   | 5,2               |
|       | 2. Фрезерувати пов. 1<br>начисто                                | 184         | 1155                       | 1        | 0,09   | 196,4      | 250         | 315             | 3,67                   | 2,7               |
|       | 3. Фрезерувати пов. 1 тонко                                     | 182         | 1155                       | 0,3      | 0,056  | 392,7      | 500         | 390             | 3,0                    | 2,2               |

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |  |  |  |  |      |

Продовження таблиці 2.5

| 1   | 2                              | 3     | 4    | 5    | 6    | 7     | 8    | 9    | 10   | 11   |
|-----|--------------------------------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| 025 | Вертикально-фрезерна           |       |      |      |      |       |      |      |      |      |
|     | 1. Фрезерувати пов. 10         | 184   | 1155 | 1    | 0,09 | 196,4 | 250  | 315  | 3,67 | 2,7  |
| 030 | Вертикально-фрезерна           |       |      |      |      |       |      |      |      |      |
|     | 1. Фрезерувати канавку 61      | 122   | 1155 | 4    | 0,14 | 120,7 | 315  | 315  | 3,67 | 9    |
| 035 | Вертикально-свердлильна        |       |      |      |      |       |      |      |      |      |
|     | 1. Свердлити отв. 4, 5, 12, 13 | Ø7,5/ | 182  | 3,85 | 0,1  | 24,5  | 1000 | 100  | 1,82 | 0,3  |
|     | 2. Розвернути отвори 12, 13    | Ø10   | 39   | /5   | 1,2  | 34,3  | 1400 | 1680 | 0,02 | 0,65 |
|     | 3. Розвернути отвори 12, 13    | Ø7,7  | 39   | 0,1  | 1,5  | 34,3  | 1400 | 2100 | 0,02 | 0,67 |
| 040 | Вертикально-свердлильна        |       |      |      |      |       |      |      |      |      |
|     | 1. Свердлити отв. 6-9, 22-25   | Ø7,8  | 183  | 0,06 | 0,2  | 17,4  | 710  | 140  | 1,3  | 4    |
| 045 | Вертикально-свердлильна        |       |      |      |      |       |      |      |      |      |
|     | 1. Свердлити отв. 41-46        | Ø11   | 16   | 5,5  | 0,14 | 18,4  | 1400 | 200  | 0,08 | 0,8  |
|     | 2. Нарізати різь в отв. 41-46  | M5-7H | 14   | 2,1  | 0,8  | 4,1   | 260  | 200  | 0,14 | 0,28 |
| 050 | Вертикально-свердлильна        |       |      |      |      |       |      |      |      |      |
|     | 1. Свердлити отв. 14-21        | Ø4,2  | 16   | 0,7  | 0,14 | 18,4  | 1400 | 200  | 0,08 | 0,8  |
|     | 2. Нарізати різь в отв. 14-21  | M5-7H | 14   | 2,1  | 0,8  | 4,1   | 260  | 200  | 0,14 | 0,28 |
| 055 | Агрегатна                      |       |      |      |      |       |      |      |      |      |
|     | 1. Зенкерувати пов. 27-30, 39  | Ø100  | 36   | 0,7  | 1,2  | 13,7  | 65   | 80   | 0,46 | 2,3  |
|     | 2. Зенкерувати пов. 27-30, 39  |       | 32   | 2,4  | 0,85 | 18,2  | 85   | 70   | 0,45 | 2,5  |
|     | 3. Розточити отвори 30, 39     |       | 23   | 0,2  | 0,1  | 85,2  | 400  | 40   | 0,58 | 2,08 |
|     | 4. Розвернути отвори 30, 39    |       | 196  | 0,08 | 1,5  | 19,3  | 90   | 135  | 1,46 | 2,4  |
| 060 | Агрегатна                      |       |      |      |      |       |      |      |      |      |
|     | 1. Зенкерувати пов. 47-49, 58  | Ø91   | 34   | 0,04 | 1,2  | 13,8  | 80   | 100  | 0,35 | 2,1  |
|     | 2. Зенкерувати пов. 47-49, 58  |       | 30   | 1,4  | 0,85 | 17,3  | 100  | 85   | 0,36 | 2,2  |
|     | 3. Розточити отвори 48, 59     |       | 21   | 0,2  | 0,1  | 86,1  | 500  | 50   | 0,42 | 2,8  |
|     | 4. Розвернути отвори 48, 59    |       | 171  | 0,08 | 1,5  | 19,9  | 115  | 170  | 1,0  | 2,4  |
| 065 | Вертикально-свердлильна        |       |      |      |      |       |      |      |      |      |
|     | 1. Свердлити отв. 50-53        | Ø6,8  | 23   | 0,03 | 0,2  | 21,4  | 1000 | 200  | 0,12 | 1,0  |
|     | 2. Свердлити отв. 54-57        | Ø6,8  | 23   | 3,4  | 0,2  | 21,4  | 1000 | 200  | 0,12 | 1,0  |
|     | 3. Нарізати різь в отв. 50-53  | M8-7H | 22   | 3,4  | 1,25 | 6,5   | 260  | 325  | 0,14 | 0,44 |
|     | 4. Нарізати різь в отв. 54-57  | M8-7H | 22   | 0,8  | 1,25 | 6,5   | 260  | 325  | 0,14 |      |

Продовження таблиці 2.5

| 1   | 2                             | 3     | 4  | 5   | 6    | 7    | 8    | 9   | 10   | 11   |
|-----|-------------------------------|-------|----|-----|------|------|------|-----|------|------|
| 070 | Вертикально-свердлильна       |       |    |     |      |      |      |     |      |      |
|     | 1. Свердлити отв. 31-34       | Ø5,2  | 19 | 2,6 | 0,1  | 26,2 | 1600 | 160 | 0,12 | 0,64 |
|     | 2. Нарізати різь в отв. 31-34 | M6-7H | 19 | 0,6 | 0,75 | 4,9  | 260  | 195 | 0,2  | 0,14 |
|     | 3. Нарізати різь в отв. 35-38 | M6-7H | 19 | 0,6 | 0,75 | 4,9  | 260  | 195 | 0,2  | 0,14 |

2.5 Нормування технологічного процесу

За умов серійного виробництва, норма часу визначається:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n};$$

де  $T_{шк}$  - штучно-калькуляційний час, хв.;

$T_{п.з.}$  - підготівельно-заключний час;

$n$  – розмір партії деталей.

$$n = \frac{N \cdot a}{D};$$

де  $a$  - періодичність запуску в днях,  $a = 3$ ;

$D = 254 \text{ дні}$  - кількість робочих місць в році [1].

$$n = \frac{15000 \cdot 3}{254} = 177,2 \approx 178 (\text{деталей});$$

$T_{шт}$  - штучний час, хв.;

$$T_{шт} = T_o + T_{доп.} + T_{обсл.} + T_{відп.};$$

де  $T_o$  - основний (технологічний) час;

$T_{доп.}$  - допоміжний час;

$T_{обсл.}$  - час на обслуговування робочого місця;

$T_{відп.}$  - час на відпочинок і особисті потреби робітника, хв..

Час на обслуговування ( $T_{обсл.}$ ) і на відпочинок визначається в відсотковому відношенні від оперативного часу ( $T_{опер.}$ )»[1].

$$T_{опер.} = T_o + T_{доп.}$$

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |  |      |

Розрахунок штучного часу по операціях технологічного (часу) процесу заносимо в таблицю 2.6

Величина партії ( $n$ ) для всіх операцій однакова і становить:  $n=178$ деталей.

Операція 005 Горизонтально-фрезерна

1. Фрезерувати пов. 2, 3.

$T_o = t_m / 4 = 3,64 / 4 = 0,91$ (хв) - на одну деталь (так як пристрій 4-х місний);

$$T_{встан} = 1,25(хв) \text{ по [14];}$$

$$T_{кер} = 0,82 / 4 = 0,2(хв) - \text{ на одну деталь;}$$

$$T_{вим} = 0,4(хв);$$

$$T_{опер.} = 0,91 + (1,25 + 0,2 + 0,4) = 2,76(хв);$$

$$T_{обсл.} = 4,5\% \cdot T_{опер.} = 0,045 \cdot 2,76 = 0,13(хв);$$

$$T_{відп.} = 7\% \cdot T_{опер.} = 0,07 \cdot 2,76 = 0,2(хв);$$

$$T_{шт.} = 2,76 + 0,13 + 0,2 = 3,09(хв);$$

$$T_{п.з.} = 24(хв);$$

$$T_{шк} = 3,09 + \frac{24}{178} = 3,23(хв);$$

Таблиця 2.6 - Норми часу по операціях, хв.

| Операція |                | $T_o$ | $T_{доп.}, \text{ хв}$ |           |                    | $T_{обсл.}$ |      | $T_{відп.}$ |     | $T_{шт.}$ | $T_{п.з.}$ | $\dot{O}_{\phi e}$ |
|----------|----------------|-------|------------------------|-----------|--------------------|-------------|------|-------------|-----|-----------|------------|--------------------|
| №        | Найменування   | хв    | $T_{встан}$            | $T_{кер}$ | $\dot{O}_{\phi e}$ | %           | хв   | %           | хв  | хв        | хв         | хв                 |
| 1        | 2              | 3     | 4                      | 5         | 6                  | 7           | 8    | 9           | 10  | 11        | 12         | 13                 |
| 005      | Горизонт.-фрез | 1,82  | 2,5                    | 0,4       | 0,8                | 9           | 0,26 | 14          | 0,4 | 6,18      | 48         | 6,46               |

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |  |  |  |  |  |  |      |

Продовження таблиці 2.6

| 1   | 2               | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9  | 10   | 11   | 12 | 13   |
|-----|-----------------|------|------|------|------|------|------|----|------|------|----|------|
| 010 | Горизонт.-фрез. | 1,82 | 2,5  | 0,4  | 0,8  | 9    | 0,26 | 14 | 0,4  | 6,18 | 48 | 6,46 |
| 015 | Горизонт.-фрез. | 2,58 | 3,75 | 0,6  | 0,8  | 13,5 | 0,36 | 21 | 0,55 | 8,64 | 66 | 9,13 |
| 025 | Вертик.-фрез.   | 0,92 | 1,25 | 0,2  | 0,2  | 4,5  | 0,12 | 7  | 0,18 | 2,87 | 24 | 3,1  |
| 030 | Вертик.-фрез.   | 0,92 | 1,25 | 0,2  | 0,2  | 4,5  | 0,12 | 7  | 0,18 | 2,87 | 24 | 3,1  |
| 035 | Вертик.-свердл. | 1,9  | 1,25 | 0,54 | 1,6  | 2    | 0,11 | 4  | 0,22 | 5,62 | 16 | 5,7  |
| 040 | Вертик.-свердл. | 1,3  | 1,25 | 0,3  | 1,0  | 2    | 0,08 | 4  | 0,16 | 4,1  | 16 | 4,19 |
| 045 | Вертик.-свердл. | 0,22 | 2,5  | 0,19 | 0,12 | 4    | 0,09 | 8  | 0,18 | 4,39 | 32 | 4,57 |
| 050 | Вертик.-свердл. | 0,22 | 2,5  | 0,19 | 1,4  | 4    | 0,09 | 8  | 0,18 | 4,59 | 32 | 4,77 |
| 055 | Агрегатна       | 2,95 | 1,25 | 0,1  | 1,0  | 1,5  | 0,08 | 2  | 0,11 | 5,59 | 32 | 5,77 |
| 060 | Агрегатна       | 2,13 | 1,25 | 0,1  | 1,0  | 1,5  | 0,07 | 2  | 0,09 | 4,64 | 32 | 4,82 |
| 065 | Вертик.-свердл. | 0,52 | 5    | 0,38 | 1,6  | 4    | 0,16 | 8  | 0,3  | 7,99 | 32 | 8,17 |
| 070 | Вертик.-свердл. | 0,64 | 5    | 0,38 | 1,6  | 4    | 0,16 | 8  | 0,31 | 8,09 | 32 | 8,27 |

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |  |  |  |  |  |  |      |

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Проектування технологічного оснащення

#### 3.1.1. Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

Пристрій призначений для фрезерування чистового поверхні 10, 1 чистової і чорнової баз деталі – відповідно. Використовується для обробки фрезеруванням на вертикально-фрезерному верстаті 6М12П торцевою фрезою площин деталі, або однотипних їй деталей.

Забезпечувана точність повинна становити 11 квалітету не нижче на розмір деталі 177мм і шорсткість: після чорнового фрезерування 10 мкм по Ra і після чистового фрезерування 1,25мкм по Ra не менше.

Вибір та розрахунок раціональної схеми пристрою проводиться за допомогою сумарного коефіцієнта  $K_{\Sigma}$ , який визначається за формулою:

$$K_{\Sigma} = K_1 n_1 + K_2 n_2 + \dots + K_m n_m ;$$

де  $K_n$  - коефіцієнт-оцінка и схеми пристрою;

$K_i$  - критерії оцінки певної  $i$ -ої властивості пристрою.

$n_i$  - вагомий коефіцієнт  $i$ -ої властивості пристрою.

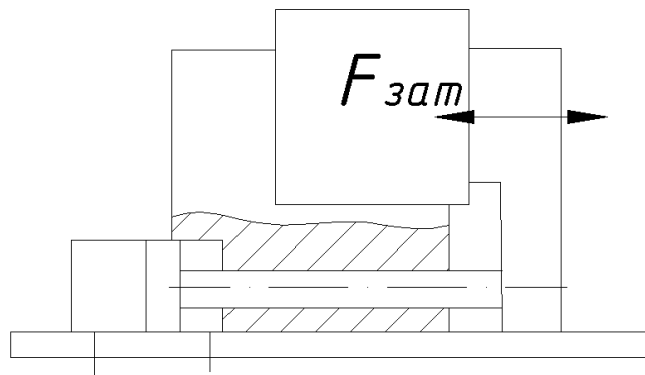


Рис. 3.1 - Схема 1

Перший пристрій типу - лещата, привід - гідроциліндр, необхідність у напрямних з низьким коефіцієнтом тертя для рухомих мас, що зумовлює при русі велику силу інерції. Вимагається значне зусилля, яке утворює гідроциліндр. Затиск проводиться по площині, що покращує фіксацію.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

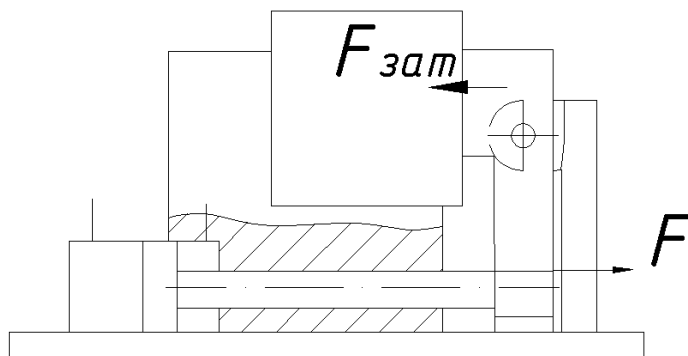


Рис. 3.2 - Схема 2

Компоновка пристрою вказує на його значні габарити по висоті.

У другому пристрої – привід пневмо-, або гідро- двигун. Пристрій вимагає довгий шток для циліндра, який затиску може прогинатись і клинити, що вимагає додаткових направляючих опор ковзання.

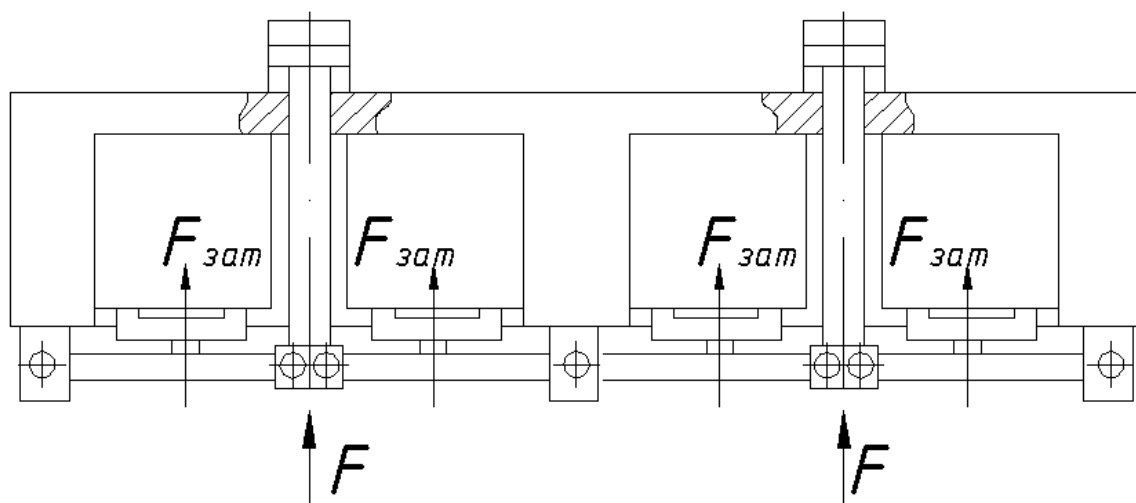


Рис. 3.3 - Схема 3

Третій пристрій – багатомісний, що зменшує за рахунок шляху підводу, врізання і перебігу інструмента час обробки деталі. Присутність важільного механізму дає можливість застосувати привід з нижчими силовими характеристиками по відношенню до сили різання. Його висота незначна – порядку висоти деталі, це видно з компоновки пристрою.

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------------------------|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |                        |      |

Таблиця 3.1- Розрахунок раціональної схеми пристрою

| №<br>схеми | Критерії оцінки                    |                                |                                       |              |                                 |                                    |
|------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------|---------------------------------|------------------------------------|
|            | Оптимальний<br>коэф.<br>підсилення | Властивість<br>самогальмування | Кількість<br>передавал.<br>механізмів | Компактність | Наявність<br>проміжних<br>ланок | Сумарний<br>коэф<br>$K_{\Sigma}$ . |
| 1          | 0                                  | 2                              | 0                                     | 2            | 1                               | 0,85                               |
| 2          | 3                                  | 3                              | 1                                     | 2            | 1                               | 2,3                                |
| 3          | 3                                  | 3                              | 1                                     | 3            | 3                               | 2,7                                |
| <i>n</i>   | 0,4                                | 0,1                            | 0,15                                  | 0,3          | 0,05                            |                                    |

Найбільший коефіцієнт  $K_{\Sigma} = 2,7$  є у схеми 3, тому вибираємо дану схему компоновки пристрою.

### 3.1.2. Розрахунки пристрою на точність

Сумарна похибка пристрою на точність визначається:

$$\varepsilon_{\Sigma} = K \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_{pn}^2 + \varepsilon_{py}^2 + \varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{pne}^2 + \varepsilon_n^2};$$

де  $\varepsilon_{\sigma}$  - похибка верстата в ненавантаженому стані [1];

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{0,06 \cdot 1667}{600} = 0,0167(\text{мм});$$

$\varepsilon_{pn}$  - похибка розташування пристрою на верстаті;

Пристрій центрується на верстаті за допомогою двох встановлювальних

пальців, які входять в паз стола з зазором:  $\varnothing 18 \frac{H8}{H7} S_{\max} = 45 \text{ мкм};$   
 $\frac{H7}{H8} S_{\min} = 0 \text{ мкм};$

Віддаль між пальцями:  $l = 660 \text{ мм}$

$$\varepsilon_{pn} = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,045}{660} = 6,8 \cdot 10^{-6}(\text{мм});$$

$\varepsilon_{py} = 0,02 \text{ мм}$  - похибка розташування елементів встановлення відносно

поверхонь пристрою, якими він встановлюється на верстат;

$\varepsilon_{\delta} = 0$  - похибка базування;

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |      |

$\varepsilon_3 = 90 \text{ мкм}$  - похибка закріплення [3];

$\varepsilon_{pne} = 0$  - похибка розташування напрямних елементів пристрою,

0 - так як відсутні направляючі елементи;

$\varepsilon_n = 0,01 \text{ мм}$  - зазор між щупом і фрезою;

$K$  - коефіцієнт, що враховує закони розподілу похибок і залежить від кількості складових частин  $\varepsilon_\Sigma$ , в даному випадку  $n=7 \rightarrow K = 1,1$ ;

Отже,

$$\varepsilon_\Sigma = \sqrt{(0,0167)^2 + (6,8 \cdot 10^{-5})^2 + (0,02)^2 + 0 + (0,09)^2 + 0 + (0,01)^2} \cdot 1,1 = 0,103(\text{мм});$$

Допуск на розмір 177 мм утворений обробкою складає  $T=0,25 \text{ мм}$ .

Похибка пристрою на 60% менша за допуск на розмір, отже умова ( $\varepsilon_\Sigma < T$ ) виконується – пристрій придатний для використання.

### 3.1.3. Розрахунок зусилля кріплення та параметрів силового приводу

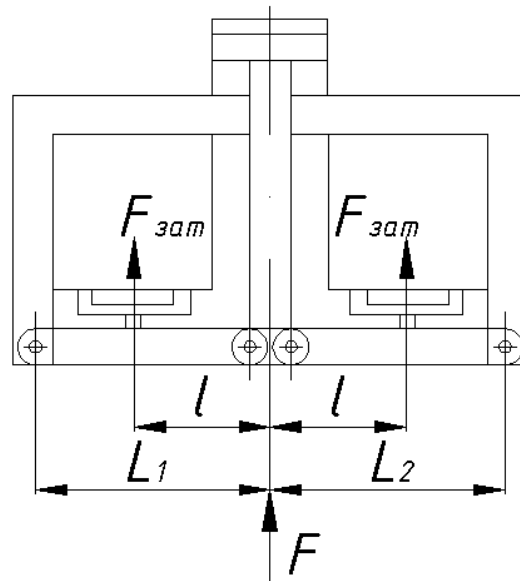


Рис. 3.4 - Схема затиску

$$L_1 = 116 \text{ мм}, L_2 = 107 \text{ мм}, l = 56 \text{ мм}.$$

Розрахунок зусилля тяги двигуна (гідроциліндра) ( $F$ ):

$$F \cdot L = F_{зат} \cdot l;$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$F_1' = \frac{F_{зам} \cdot l}{L_1}; F_2' = \frac{F_{зам} \cdot l}{L_2}; F = (F_1' + F_2')K_{зан};$$

де  $K_{зан} = 2,5$  - коефіцієнт запасу для чорнової обробки.

Розглянемо найгірший випадок, коли сила різання ( $P_{zy}$ ) направлена проти сили затиску ( $F_{зам}$ )

$$P_z = 2419(H);$$

$$P_y = 0,6 \cdot P_z, [7]$$

$$P_y = 0,6 \cdot 2419 = 1451,4(H)$$

$$P_{zy} = \sqrt{P_z^2 + P_y^2} = \sqrt{2419^2 + 1451,4^2} = 2821(H)$$

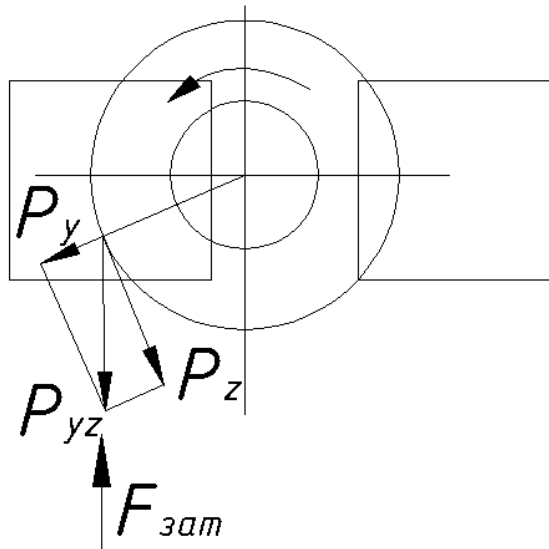


Рис. 3.5 - Схема різання

Як видно зі схеми в цьому випадку:  $F_{зам} = P_{zy} = 2821(H)$ ;

$$\text{звідси: } F_1' = \frac{2821 \cdot 56}{116} = 1362(H); \quad F_2' = \frac{2821 \cdot 56}{107} = 1476,5(H);$$

Зусилля тяги штоку гідроциліндра:  $F = (1362 + 1476,5) \cdot 2,5 = 7096,25(H)$ ;

$$F = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot P;$$

де  $D, d$  - відповідно діаметри поршня і штока гідроциліндра.

$P = 10 \text{ МПа}$  - тиск в гідросистемі.

Розрахунок параметрів силового приводу:

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |      |

$$\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot 10 = 7096,25(H);$$

$$D^2 - d^2 = 7096,25 / 7,85 = 903,5(\text{мм}).$$

Вибираємо за [5] гідро циліндр ГОСТ19899-74 з параметрами:  $D = 40\text{мм}$ ,  
 $d = 20\text{мм}$ .

$$D^2 = 903,5 + 20^2;$$

$$D = \sqrt{1303,5} = 36,1(\text{мм});$$

Отже вибраний нами гідроциліндр задовольняє вимоги до геометричних параметрів.

Визначення силових параметрів гідроциліндра з врахуванням втрат в пристрої:

$$\text{умова: } F \leq F_1 \cdot \eta$$

де  $F_1$  - дійсне зусилля тяги гідроциліндра;

$$F_1 = \frac{\pi(D^2 - D_{ум}^2)}{4} \cdot p = \frac{\pi(40^2 - 20^2)}{4} \cdot 10 = 9428(H);$$

$\eta = 0,93$  - коефіцієнт, який враховує втрати від тертя на всіх приводах пристрою.

$$F_1 \cdot \eta = 9424 \cdot 0,93 = 8764,3(H).$$

Отже умова виконується – гідро циліндр задовольняє вимоги силових параметрів приводу проектованого пристрою.

Розрахунок найбільш навантажених елементів конструкції – вісь (поз. 29)

Розрахунок сили, що діє на вісь:

$$Q = \frac{1}{2} \cdot F_1 = \frac{1}{2} \cdot 9424 = 4712(H);$$

Для забезпечення нормальної роботи вісі необхідно, щоб виконувалась умова міцності:

$$\sigma \leq [\sigma], \quad [\sigma] = 650\text{МПа}.$$

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi d^2 \cdot 0,25} = \frac{4712}{\pi \cdot 9^2 \cdot 0,25} = 74(\text{МПа});$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Отже умова виконується, тому будь-який елемент конструкції повинен мати товщину тіла не менше 9 мм.

#### 3.1.4. Опис конструкції та роботи пристрою

Пристрій чотиримісний, тобто на пристрій одночасно встановлюється 4 деталі.

Пристрій складається з плити 5 на яку встановлено опорні плити 2, 3, 4 і плити встановлення 6. Деталь встановлюється на плити встановлення 6 і базується за схемою «глухий кут», закріплення деталі здійснюється при хватами 9, які приводяться в дію важілями 8, 10, що закріплені в корпусі пристрою за допомогою вилки 12 або 11 і штифта 28, однією стороною, а другою вони кріпляться до вилки 18, яка закріплена на вісі гідроциліндра 1.

При впуску робочої рідини через систему штуцерів 7 і 21, які з'єднані трубопроводами 22, проходить одночасний і з однаковою силою затиск усіх 4-х деталей.

Гідроциліндр 1 кріпиться на плиті 2 через втулку 13, шток гідроциліндра подовжений шпилькою 16 на яку для меншого зношування в опорі 19 одіто втулку 17. Опора 19 служить для напрямлення вісі гідроциліндра, що забезпечить рівномірний затиск усіх деталей.

Робота пристрою:

Деталі встановлюють на плити 6, в камеру гідроциліндра зі сторони штока впускається під тиском 10МПа робоча рідина, поршень гідроциліндра відходить в крайнє положення і з силою затиску тягне на себе вісь гідроциліндра, яка в свою чергу через вилку 18, важіль 8, 10 здійснює затиск деталі прихватом 9. Звільнення деталі проходить в зворотному порядку.

#### 3.2. Пристрій для контролю співвісності

Контроль приспособлення для контролю співвісності отворів Ø55 складається з плити 1, на якій болтами закріплено стійки 3. До стійки 3 прикріплюється два індикатори 16, що проводиться вимірювання відхилень.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Пристрій складається з плити 1 на яку кріпляться пальці 11 та 12., які служать як базуючі елементи при встановленні корпусу в пристрій.

### 3.3 Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

Обґрунтуємо вибір геометричних параметрів ріжучої частини і конструктивних елементів.

Передній кут:  $\gamma=20^\circ$

Задній кут:  $\beta=15^\circ$

Кут загострення:  $\nu=90^\circ-\gamma-\beta=90^\circ-20^\circ-15^\circ=55^\circ$

Довжина задньої поверхні:  $f=0,2$  мм

Виліт різця складає 30 мм.

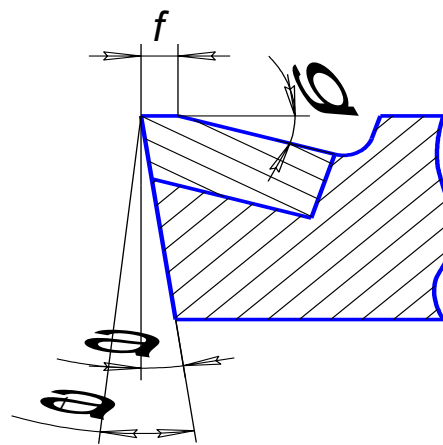


Рис. 3.6 – Геометричні параметри різця

Призначаємо матеріал ріжучої частини різця із твердого сплаву Т15К6 по ГОСТ 19265-93.

Технічні вимоги до різців із ріжучою частиною з твердого сплаву приймаємо по ГОСТ 12509-95.

Визначаємо розміри державки різця:

В якості матеріалу для корпусу різця вибираємо вуглецеву Сталь 50 з  $\sigma_{\text{в}}=420$  МПа і допустимим напруженням на згинання  $\sigma_{\text{і.д.}}=250$  МПа. Глибина різання  $t = 0,35$  мм, подача  $S_0=0,4$  мм/об., виліт різця  $l=30$  мм.

Головна складова сили різання:  $P_z=843,8$ Н

Діаметр круглого перерізу корпусу різця:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot P_z \cdot l}{\sigma_{i.d.}}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 843,8 \cdot 0,03}{25 \cdot 10^6}} = 0,022 \text{ м} = 22 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 22 \text{ мм}$$

Приймаємо найбільший найближчий переріз корпусу ( $d=25\text{мм}$ ).

Перевіряємо жорсткість і міцність корпусу різця:

Максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{z\text{доп.}} = \frac{d^2 \cdot \sigma_{i.d.}}{10 \cdot l} = \frac{(25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 250 \cdot 10^6}{10 \cdot 30 \cdot 10^{-3}} = 208333 \text{ Н}$$

Максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{z\text{жорс.}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \cdot 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 19,5 \cdot 10^{-8}}{(30 \cdot 10^{-3})^3} = 0,02167 \cdot 10^6 = 21666 \text{ Н}$$

де  $f=0,05 \cdot 10^{-3}$  м ( $\approx 0,1$  мм) – допустима стріла прогину різця при чорновому точінні;

$E=2 \cdot 10^5$  МПа  $= 2 \cdot 10^{11}$  Па – модуль пружності матеріалу корпусу різця;

$J$  – момент інерції прямокутного перерізу корпусу;

$$J = 0,05 \cdot d^4 = 0,05 \cdot 0,025^4 = 19,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

Різець має достатню міцність та жорсткість, так як  $P_{z\text{ доп.}} > P_z < P_{z\text{ жорс.}}$

$$20833,3 \text{ Н} > 843,8 \text{ Н} < 21666 \text{ Н}$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

### 4.1 Уточнення типу виробництва

Тип виробництва визначається по коефіцієнту закріплення операції  $K_{30}$  (ГОСТ3.1108-94).

Таблиця 4.1- Вихідні дані для розрахунку  $K_{30}$

| № операції | Найменування операції | $T_{ш.к.}, \text{хв}$ | $C_p$ | $C_n$ | $\eta_{з.ф.}$ | $O_i$ |
|------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|---------------|-------|
| 005        | Горизонт.-фрез.       | 6,46                  | 0,52  | 1     | 0,52          | 1,53  |
| 010        | Горизонт.-фрез.       | 6,46                  | 0,52  | 1     | 0,52          | 1,53  |
| 015        | Горизонт.-фрез.       | 9,13                  | 0,73  | 1     | 0,73          | 1,09  |
| 025        | Вертик.-фрез.         | 3,1                   | 0,25  | 1     | 0,25          | 3,2   |
| 030        | Вертик.-фрез.         | 3,1                   | 0,25  | 1     | 0,25          | 3,2   |
| 035        | Вертик.-свердл.       | 5,7                   | 0,45  | 1     | 0,45          | 1,7   |
| 040        | Вертик.-свердл.       | 4,19                  | 0,34  | 1     | 0,34          | 2,35  |
| 045        | Вертик.-свердл.       | 4,57                  | 0,36  | 1     | 0,36          | 2,31  |
| 050        | Вертик.-свердл.       | 4,77                  | 0,37  | 1     | 0,37          | 2,2   |
| 055        | Агрегатна             | 5,77                  | 0,46  | 1     | 0,46          | 1,73  |
| 060        | Агрегатна             | 4,82                  | 0,38  | 1     | 0,38          | 2,1   |
| 065        | Вертик.-свердл.       | 8,17                  | 0,65  | 1     | 0,65          | 1,23  |
| 070        | Вертик.-свердл.       | 8,27                  | 0,66  | 1     | 0,66          | 1,2   |
| $\Sigma$   |                       | 74,51                 |       | 13    |               | 25,4  |

$$\hat{E}_{\text{с.і.}} = \frac{25,4}{13} = 1,95.$$

Величина цього коефіцієнту  $\hat{E}_{\text{с.і.}} = 1,95$  відповідає великосерійному типу виробництва

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Уточнення форми організації виробництва

$$N_d = \frac{15000}{254} = 59(\text{дет}/\text{день});$$

$r = 21$  - кількість операцій ТП.

$$Q_d = \frac{21 \cdot 952 \cdot 0,6}{74,51} = 160,9.$$

Умова  $N_d > Q_d$  не виконується, застосування потокової форми організації виробництва не доцільне.

Групова форма організації виробництва.

1. Попереднє визначення розміру партії деталей  $n_1 = 178\text{дет}$ .
2. Кількість змін  $C_{np} = 2$  при  $r = 33$ ,  $\sum T_{ук} = 74,5$ .
3. Кількість змін необхідна для виконання річної програми.

Розмір партії деталей

$$n_{np} = 388(\text{деталей}), \quad Z_p = 89(\text{змін}).$$

4. Встановлення місячної кількості запусків

$$K_{з.н.} = 3,7, \quad K'_{з.н.} = 4 - \text{з перебором};$$

$$K'_{з.н.н.} = 3 - \text{з недобором}.$$

5. - Річна кількість змін з перебором  $Z'_p = 96$ ;  
 - Річний загальний надлишок змін  $\Delta Z'_p = 7$ ;  
 - Річний загальний надлишок запусків  $K'_{зн} = 3,5$ ;  $K''_{зн} = 3$ ;  $\tilde{K}''_{зн} = 0,5$ ;  
 - Ціле число надлишків змін  $C'' = 1$ .
6. Кількість місяців  $M_1 = 3(\text{місяці})$ , запусків  $K^1_{зн.нр} = 3(\text{запуски})$ , змін  $M^1_m = 6$  та програми  $N^1_m = 1014(\text{деталей})$  при місячній кількості запусків з недобором.  
 - для решти місяців:  $M_2 = 9(\text{місяців})$ ,  $K^2_{зн.нр} = 4(\text{запуски})$  - кількість запусків протягом місяця.

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |  |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ |  |  |  |  |      |

- кількість змін для місяців із незмінною кількістю змін  $C_{np}$  в одному запуску:

$$Z_M^{21} = 8 \text{змін};$$

- програма при  $Z_M^{21}$ :  $N_M^{21} = 1352$ ;

- кількість змін  $Z_M^{22} = 7 \text{змін}$ , програма  $N_M^{22} = 1183 \text{деталі}$  для  $M_2' = 1 \text{місяців}$ .

- з врахуванням перебору коректуємо  $N_M^{22} N_{M1}^{22} = 1142 \text{деталі}$ .

Отже при груповій формі організації виробництва величина партії деталей для одночасного запуску становить  $n_{np} = 338 \text{дет}$ .

Обробка партії деталей виконується протягом  $C_{np} = 2 \text{зміни}$ , причому, в  $M_2' = 1 \text{місяць}$  виконується 1142 деталі, за наступні  $M_1 = 3 \text{місяці}$  - 1014 деталей, щомісячно і протягом 8 місяців – 1352 деталі щомісячно.

#### 4.2 Визначення кількості працівників на дільниці

1) Розрахунок кількості виробничих основних робітників. Для дільниці, виходячи з кількості основного виробничого устаткування, визначається їх кількість:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i} \cdot N}{F\delta \cdot m \cdot S_{np}} - \text{величина завантаження верстатів[1];}$$

де,  $m = 2$  - кількість змін;

$S_{np} = 6$  - прийнята кількість верстатів.

$$\eta = \frac{74,51 \cdot 15000}{60 \cdot 4015 \cdot 2 \cdot 6} = 0,39.$$

Кількість виробничих основних робітників:

$$R_{вер.} = \frac{F\delta \cdot m \cdot S_{np} \cdot \eta}{F\delta \cdot p \cdot Sp};$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

де,  $S_p = 1$  - кількість верстатів на яких одночасно може працювати один робітник – верстатник;

$F_{д.р.} = F_p \cdot k_p$  - річний фонд часу робітника дійсний;

$F_p = 2070 год$  - річний фонд часу робітника номінальний;

$k_p = 0,87$  - коефіцієнт, який враховує час на відпуск і невихід робітника на роботу [1].

$F_{д.р.} = 2070 \cdot 0,87 = 1800(год)$ ;

$R_{вер.} = \frac{4015 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 0,39}{1800 \cdot 1} = 10,5 \approx 11(робітників)$ .

2) Розрахунок кількості робочих – слюсарів виробничих на дільниці у відсотках від кількості основних робітників верстатників.

$R_{сл.} = R_{вер.} \cdot 3\% = 11 \cdot 0,03 = 0,33 \approx 1(чол.)$ .

3) Кількість робітників допоміжних (у % від кількості основних робітників)

$R_0 = R_{вер.} \cdot 25\% = 11 \cdot 0,25 = 3(чол.)$ .

(з них 2 контролери).

б) Загальна кількість працюючих на дільниці:

$R = R_{вер.} + R_{сл.} + R_0 = 11 + 1 + 3 = 15(чол.)$ ;

I зміна – 8 чол., II зміна – 7 чол.

#### 4.3 Розрахунок виробничої площі дільниці

Виробнича площа дільниці, визначається на один верстат за питомою площею.

Приймаємо: верстати мод.: 6M12П - 30 м<sup>2</sup>; 2Н135, 2Н118, 2056 - 10 м<sup>2</sup>;  
6605 - 45 м<sup>2</sup>; 2А620-1 - 60 м<sup>2</sup>.

Виробнича площа дільниці:

$S_d = 6 \cdot 10 + 3 \cdot 30 + 2 \cdot 45 + 2 \cdot 60 = 360(м^2)$ ;

Площа допоміжних відділень дільниць, складів:

1) Контрольне відділення

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Площа розраховується з розрахунку  $5-6\text{м}^2$  на одного контролера з врахуванням коефіцієнта інтервалу  $1,5 \div 1,75$ ; кількість контролерів – 2.

$$S_k = 6 \cdot 2 \cdot 1,75 = 21(\text{м}^2)$$

Загальна площа:

- ділянки:  $S = 360 + 21 = 381(\text{м}^2)$ ;

#### 4.4 Розробка технічного планування ділянки

Розташування основного технологічного обладнання на ділянці механічної обробки деталі корпус здійснюємо в одну лінію по порядку встановленому технологічним процесом механічної обробки деталі.

Мінімальні віддалі між верстатами становлять, виходячи з розташування обладнання:

- для малих верстатів: 700мм
- для середніх: 900мм
- для великих: 1200мм

Від верстата до інших елементів ділянки (стружкового транспортера, до колії каретки оператора) для всіх типів верстатів: не менше 800мм

Від елементів конструкції будівлі до верстата (стін, перегородок, колон):

- для малих верстатів: 700мм
- для середніх: 800мм
- для великих: 900мм

На ділянці використовується оснащення, окрім верстатів:

- 1) Стелаж для пристроїв з висувною платформою: СД3725-01А.
- 2) Стіл – підставка для пристроїв 3702-50
- 3) Стіл приймальний з ящиками під інструмент: СД3702-11А
- 4) Решітка під ноги робітнику С3794-01 (дерев'яна)

#### 4.5 Основні техніко-економічні показники ділянки

Основні техніко-економічні показники ділянки занесемо в таблицю 4.2.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 4.2 – Основні техніко-економічні показники дільниці

| № п/п | Показник   | Одиниці виміру | По дільниці      |
|-------|--|----------------|------------------|
| 1     | Найменування виробу  |                | корпус           |
| 2     | Річна програма випуску   | шт.            | 15000            |
| 3     | Кількість верстатів  | шт             | 13               |
| 4     | Тип виробництва  |                | великосерійне    |
| 5     | Кількість робітників:<br>- основних<br>- допоміжних<br>всього                      | чол.           | 12<br>3<br>15    |
| 6     | Виробничі площі:<br>- основного виробництва<br>- допоміжного виробництва<br>всього | М <sup>2</sup> | 360<br>21<br>381 |
| 7     | Питома площа на одного основного робітника   | М <sup>2</sup> | 32               |

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Визначення категорії приміщення

Проектна дільниця і цех в цілому відноситься до будівель першої категорії, це де сухі без пильні приміщення з температурою повітря до  $\pm 30$  °С та не струмопровідною підлогою, де немає можливості одночасною торкання до металевих конструкцій будинку, машин, апаратів і т. д. Має добру заземлену систему.

Вибираючи матеріал підлоги критерієм його прийняття є опір  $R_n$  [8,с. 203]:

$$R_n = R_n \cdot k \cdot S,$$

де

$$R_n = \frac{U_\phi}{I_2}$$

$u_\phi$  - фаза напруги,

$I_2$  - допустимий струм, що протікає через тіло людини,

$S$  - площа ступні людини  $\text{см}^2$ ,

$k$  - коефіцієнт враховуючий не повне притрогування

$$k = 0,6.$$

$$S = 25,0 \cdot 30 = 750 \text{ см}^2.$$

$$U = 220 \text{ В},$$

$$R_n = 220 / 0,001 = 220000 \text{ Ом}.$$

Такому опору відповідає бетон. Приймаємо підлогу бетону. Захист від пошкодження електричним струмом. Самий відомий захист від пошкодження електричним струмом є ізоляція.

Ізоляція має бути з гарантійним запасом на випадок пошкодження. Опір має бути, ізоляції, нижчим, як 40 Ом.

Всі механізми, електрообладнання, які знаходяться під напругою мають мати заземлення і захисне відключення.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

В індивідуальному захисті приймають: захисні окуляри, рукавиці, взуття, індикатори напруги. Індивідуальні засоби захисту періодично перевіряють роботоспроможність.

## 5.2. Розрахунок захисного заземлення

Електрообладнання до 1000 В з ізольованою нетральною опір заземлення визначається за формулою [1с. 204]

$$r_{TP} = \frac{0.366}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right), \text{ Ом}$$

де  $d$  - діаметр труби, см;

$\rho$  - питомий опір ґрунту, Ом\*см;

$t$  - глибина залягання труби, см;

Приймаємо трубчасте заземлення:

$l = 250$  см,  $d = 6$  см, глибина залягання:

$L = 70 + 125 = 195$  см.

При вказаних розмірах опір трубчастого заземлення  $r_{TP} = 0,00308\rho$  [1, с.205].

Приймаємо опір ґрунту:

$\rho = 0,4 \cdot 10^4$  Ом·см, тоді

$r_{TP} = 0,00308 \cdot 10^4 \cdot 0,4 = 12,32$  Ом.

Заземлення розраховане вище допустимого значення, тому необхідно взяти групу паралельно з'єднаних заземлювачів з відстанню 2,5...5 м.

Визначаємо кількість заземлювачів:

$$n = \frac{r_{TP}}{r_3 \cdot \eta_{TP}}$$

Де  $r_{TP}$  - опір одного трубчастого заземлювача;

$r_3$  - опір заземлювача по нормативам;

$\eta_{TP}$  - коефіцієнт використання  $\eta_{TP} = 0,7$  [8] стор.205.

Тоді  $n = 12.32 / 4 \cdot 0.7 = 4.4$  шт., приймаємо  $n = 5$  шт.;

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Паралельне з'єднання здійснюється стальними смугами прямокутного січення.

Опір смуг визначаємо за формулою:

$$r_n = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{db},$$

де  $l$  - сума довжин всіх смуг, см;

$b$  - ширина смуги, см;  $b=5$ см;

$$l = 1,05a(n - 1) = 1,05 \cdot 500 \cdot (5 - 1) = 2100 \text{ см.}$$

де  $a$  - відстань між заземлювачем, приймаємо  $a=500$ см.

$$r_n = \frac{0,4 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 2100} \cdot \ln \frac{2 \cdot 2100^2}{70 \cdot 5} = 3,1 \text{ Ом.}$$

Опір прямокутного заземлення визначаємо за формулою [8, с. 206].

$$r_k = \frac{r_{тр} \cdot r_n}{r_{тр} \cdot \eta_n + \eta_n \cdot n},$$

де  $r_{тр}$ — опір заземлення однієї труби, Ом;

$r_n$  - опір з'єднувальних смуг, Ом;

$\eta_{тр}$  - коефіцієнт використання труб;

$\eta_n$  - коефіцієнт використання смуг.

$$r_k = \frac{12,23 \cdot 3,1}{12,32 \cdot 0,48 \cdot 3,1 \cdot 0,7 \cdot 5} = 2,3 \text{ Ом}$$

$r_k < r_3$ ;  $2,3 < 4$  Ом розрахунок штучного заземлення проведено правильно.

$$L = 0,6 \cdot r_k = 0,6 \cdot 2,3 = 1,38 \text{ см.}$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес механічної обробки корпусу 600.23.00.011. Розглянуто службове призначення деталі, дано характеристику об'єкта виробництва, проведено аналіз технічних умов. Вибрано метод одержання заготовки. Вибрано методи обробки поверхонь. Визначено організаційну форму та тип виробництва. Проведено аналіз технологічності конструкції деталі. Вибрано обладнання та оснащення, розраховано режими різання. Проведено нормування технологічного процесу.

Розроблено конструкції верстатного та контрольного пристроїв. Спроектовано механічну дільницю. В розділі "Охорона праці" розраховано захисне заземлення.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 - Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування): Навчальний посібник / В.Д. Рудь, Т.Є. Божко, Т.Н. Гальчук. - Луцьк: РВВ Луцького НТУ, – 2017. – 487 с.
2. Божидарнік В., Григорєва Н., Шабайкович В. Технологія виготовлення виробів: навчальний посібник / В. Божидарнік, Н. Григорєва, В. Шабайкович. – Л.: Надстиря, 2006. – 592с.
3. Гарнець В. М. Механічна обробка заготовок різанням: навч. посібник / В. М. Гарнець [та ін.]. – К. : КНУБА, 2008. – 164 с.
4. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування : підручник / Мельничук П.П., А.І. Боровик, П.А. Лінчевський. – Житомир: ЖДТУ, 2005.
5. Якімов О.В. Технологія машино- та приладобудування: навчальне видання / О.В. Якімов, В.І. Марчук. - Луцьк, 2005. – 710с.
6. Металорізальні інструменти: навч. посібник. Ч. 2 / П. Р. Родін [та ін.] ; Київський політехнічний ін-т. — К. : ІСДО, 1993. — 180 с.
7. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів. Навч. Посіб. / Ю.М. Данильченко, О.В. Шевченко, В.А. Ковальов, В.Н. Волошин. – К: НТУУ «КПІ», 2007. – 57 с.
8. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
9. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Machado, J., Yarmoliuk, S., Zaleta, O. (2021). Influence of the Cutting Temperature on the Surface Layer Quality When Grinding Sintered Porous Materials. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes III. InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_45).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

10.Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Halchuk, T., Zaleta, O., Cagáňová, D. (2022). Investigation of the Surface Layer Hardness When Grinding Sintered Porous Workpieces. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Peraković, D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. DSMIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0_35)

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 032Б-24.00.00.00.000ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |