

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі Корпус ДК  
3330Ф1.311 із застосуванням верстатів з ЧПК  
Назва теми

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Галузь знань 13 механічна інженерія  
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка  
Шифр і назва спеціальності

Освітня програма «технології машинобудування»  
Назва

Шифр ДРМ.ФІТА.ПМ.25.18.ПЗ

Виконав студент 2 курсу група ПМТм-24-1  
Шифр

  
Підпис

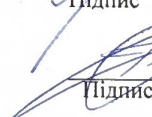
Володимир СТЕЦКО  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент  
Науковий ступінь, звання

  
Підпис

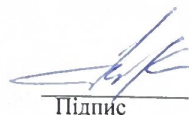
Євген УРБАЇЮК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

  
Підпис

Сергій БИСЬ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри  
технології машинобудування  
Назва

  
Підпис

Віталій ТКАЧУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата « 25 » грудня 2025

# Хмельницький національний університет

Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування  
Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр  
Галузь знань 13 Механічна інженерія  
Спеціальність 131 Прикладна механіка  
Освітньо-професійна програма Технології машинобудування  
(ШИФР І НАЗВА)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
/Ткачук В.П./

“ 2 ” 09 2025 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Стецко Володимир Володимирович  
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ДК 3330Ф1.311» із застосуванням верстатів з ЧПК»

Керівник роботи Урбанюк Євген Антонович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ХНУ № \_\_\_\_\_ від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025р.

2. Строк подання студентом роботи до захисту 20 грудня 2025р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: кресленик деталі з технічними вимогами до її виготовлення; річна програма випуску N= 500 шт./рік; базовий варіант технологічного процесу механічного оброблення деталі; література; завдання на дипломну роботу.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. Розділ 1. Загальний. Розділ 2. Технологічний. Розділ 3. Конструкторський. Розділ 4. Дослідницький. Розділ 5. Охорона праці. Загальні висновки. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Кресленик деталі - 1 аркуш ф.А1; 2. Кресленик заготовки - 1 аркуш ф.А1; 3. Графотехнологія - 1 аркуш ф.А1; 4. Розрахунково-технологічна карта для верстата з ЧПК - 1 аркуш ф.А1; 5. Складальний кресленик пристрою для свердлування і нарізання різі 1/2" - 1 аркуш ф.А1; 7. Складальний кресленик

пристрою для контролю радіального биття - 1 аркуш ф.А1; 9. Кресленик свердла-зенкера - 1 аркуш ф.А2. 10. Дослідницький розділ - 1 аркуш ф.А1.


6. Консультанти розділів проекту

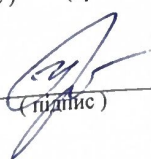
Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 16 жовтня 2025р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Загальний. Розділ 2. Технологічний.	10.11.25	
2	Розділ 3. Конструкторський.	24.11.25	
3	Розділ 5. Охорона праці.	8.12.25	
4	1. Кресленик деталі - 1 аркуш ф.А1; 2. Кресленик заготовки - 1 аркуш ф.А1.	1.12.25	
5	3. Графотехнологія - 1 аркуш ф.А1; 4. Розрахунково-технологічна карта для верстата з ЧПК - 1 аркуш ф.А1.	8.12.25	
6	5. Складальний кресленик пристрою для встановлення деталі при свердлуванні і нарізанні різі 1/2" - 1 аркуш ф.А1;	12.12.25	
7	6. Складальний кресленик пристрою для контролю радіального биття - 1 аркуш ф.А1;	14.12.25	
8	7. Кресленик комбінованого інструменту «свердло-зенкер» - 1 аркуш ф.А2; 8. Дослідницький розділ - 1 аркуш ф.А1;	16.12.25	
9	Загальні висновки. Додатки.	17.12.25	

Студент  Стецько В.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Урбанюк С.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу магістра Стецка В.В.

**Тема роботи:** Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі „Корпус ДК 3330Ф1.311” із використанням верстатів з ЧПК

**1. Актуальність і значення теми:** Удосконалення технологічних процесів виготовлення деталей з використанням обладнання із ЧПК є важливою складовою ефективності функціонування підприємств машинобудівного профілю, тому тема кваліфікаційної роботи відповідає спеціальності 131 - Прикладна механіка.

**2. Оцінка якості та достовірності проведених досліджень:** В загальному розділі роботи виконаний аналіз об'єкта виробництва, наведена характеристика конструкції і технічних вимог до виготовлення деталі «Корпус ДК 3330Ф1.311», а також оцінка технологічності її виготовлення.

В технологічному розділі за результатами аналізу базового технологічного процесу розроблений новий варіант технологічного процесу оброблення деталі: економічно обґрунтований метод отримання заготовки, призначені припуски на оброблення основних поверхонь деталі, вибране обладнання та інструмент по операціях, розраховані і призначені режими різання, детально розроблена операція з використанням верстата з ЧПК, для якої складена керуюча програма, виконане технічне нормування технологічного процесу.

В конструкторському розділі спроектовані верстатний пристрій та контрольний пристрій, а також наведений розрахунок і кресленик комбінованого інструменту «Свердло-зенкер».

Дослідницький розділ присвячений підвищенню зносостійкості різального інструменту методами хіміко-термічного і поверхневого лазерного оброблення.

В розділі «Охорона праці» розглянуті питання забезпечення безаварійної і безпечної експлуатації устаткування, а також наведені особливості влаштування захисного заземлення.

**Зауваження:** Для створення 3D-моделей деталі та заготовки слід було використати пакет програм SolidWorks, а для складання програми керування верстатом з ЧПК (операція 025) бажано використовувати спеціалізований пакет програм SolidCAM чи аналогічні інші.

**3. Оцінка запропонованих заходів та пропозицій практичної цінності та ефективності:** Наведені в кваліфікаційній роботі розділи використовують класичні підходи вирішення завдань технологічного та конструкторського характеру, використані також елементи застосування сучасного обладнання та технологій.

**4. Загальний висновок та оцінка:** Наведені обґрунтування та розрахунки свідчать про достатній рівень підготовки здобувача освітнього рівня магістра із фахових дисциплін. Графічна частина роботи виконана з дотриманням вимог ЕСКД та ДСТУ, розрахунково-пояснювальна записка оформлена з дотриманням вимог до текстових документів проектів технічного характеру. Кваліфікаційна дипломна робота виконана згідно завдання і загалом заслуговує оцінки «добре».

**Рецензент:** Бабак Олег Петрович,  
доцент кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства



(Підпис)

26 грудня 2025 р.

Завідувачу кафедри  
технології машинобудування  
Ткачуку В.П.  
здобувача вищої освіти  
студента Стецко В.В.  
ФІТА, 2-го курсу, гр. ПМТм-24-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

23 грудня 2025р.

Дата



підпис

(Стецко В.В.)

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ технології машинобудування

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Ускладнення технологічного процесу виготовлення деталей машини ДТЗ 33309.311; Вибірочна перевірка ЦПК  
 Автор Стелько Володимир Володимирович  
 Освітня програма технології машинобудування  
 Рівень вищої освіти магістр  
 Спеціальність 131 Прикладна механіка  
 Науковий керівник: К.Т.Н., доцент Урбанюк Є.А

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	+
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження:

Рівень доброчесності не перевірявся спеціалізованим засобом  
 .....

Дата 24.12.2025

Завідувач кафедри

[Підпис]  
Підпис

Віталій ТКАЧУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми

[Підпис]  
Підпис

Віталій ТКАЧУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

[Підпис]  
Підпис

Євген УРБАНЮК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ



## Анотація

**Тема кваліфікаційної роботи:** Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ДК 3330Ф1.311» із застосуванням верстатів з ЧПК

Автор: Стецко В.В.

Керівник роботи: Урбанюк Є.А.

Спеціальність: 131 Прикладна механіка.

Обсяг пояснювальної записки 92 с. Графічна частина 8 арк. ф.А1., 1 арк. ф.А2

**Актуальність.** Підвищення якості машинобудівної продукції залежить від кваліфікації фахівців освітнього рівня магістра, які здатні аналізувати технології виробництва підприємств і пропонувати їх удосконалення, в тому числі, застосуванням верстатів з ЧПК. Виконання кваліфікаційної роботи складовою підготовки фахівців освітнього рівня магістр.

**Метою** роботи є удосконалення базового варіанту технологічного процесу механічного оброблення корпусу ДК 3330Ф1.311 шляхом використання верстатів з ЧПК.

**Предмет дослідження:** Технологія виготовлення деталі «Корпус ДК 3330Ф1.311».

**Результати:** В загальному розділі кваліфікаційної роботи виконаний аналіз об'єкта виробництва: наведена загальна характеристика деталі «Корпус ДК 3330Ф1.311» і виконане оцінювання технологічності її виготовлення.

В технологічному розділі проведений аналіз базового технологічного процесу, наведене обґрунтування методу отримання заготовки, призначені припуски і їх допуски на основні поверхні деталі, розроблений новий варіант технологічного процесу оброблення деталі із використанням верстатів з ЧПК, розроблена керувальна програма для верстата з ЧПК на свердлувальній операції.

В конструкторському розділі спроектований верстатний пристрій для свердлування отвору під різь та нарізання різі в деталі „Корпус ДК 3330Ф1.311” на радіально-свердлувальній операції, контрольний пристрій, а також різальний інструмент для оброблення ступінчастого отвору свердло-зенкер.

В дослідницькому розділі розглянуте питання підвищення зносостійкості різального інструменту методами хіміко-термічного і поверхневого лазерного оброблення. Наведені рекомендації для зміцнення кінцевих фрез, виготовлених із швидкорізальної сталі, які широко застосовуються у технологічному процесі виготовлення корпусу.

В розділі «Охорона праці» розглянуті питання забезпечення безаварійної і безпечної експлуатації устаткування, яке використовується в машинобудівному цеху на машинобудівній дільниці виготовлення деталі «Корпус ДК 3330Ф1.311», детально висвітлені особливості влаштування захисного заземлення.

В додатках надані супровідні матеріали до окремих розділів кваліфікаційної роботи.

**Ключові слова:** механічне оброблення, технологія, верстат, інструмент, припуск, режим різання, пристрій, зміцнення, охорона праці.

## Abstract

**Topic of the thesis:** Improvement of the technological process of manufacturing the Body ДК 3330Ф1.311 using CNC machines

Author: Stetsko V.V.

Head of work: Urbaniuk E.A.

Specialty: 131 Applied Mechanics.

The volume of the explanatory note is 92 p. Graphic part of 8 sheets. f.A1 and 1 sheet. f.A2.

**Topicality.** Increasing the technological level and improving the quality of machine-building products depends on the qualifications of young professionals with a master's degree who are able to analyze existing production technologies and propose their improvement, including the use of CNC machines. Completion of a master's thesis is one of the components of the training of such specialists.

**The purpose of the work** is to develop a more advanced, compared to the basic version of the technological process of mechanical processing of the part "Body ДК 3330Ф1.311" case using CNC machines.

**Subject of the study:** Manufacturing technology of the part "Body ДК 3330Ф1.311".

**Results:** In the general section of the qualification work, an analysis of the production object was performed: the general characteristics of the part "Body ДК 3330Ф1.311" were given and an assessment of the manufacturability of its manufacture was carried out.

In the technological section, the analysis is based on the basic technological process, the justification of the method of obtaining the workpiece, the specified tolerances and tolerances on the main surface details, a new version of the technological process of processing parts using a CNC machine tool was developed, and a control program was developed for the drilling operation on the CNC machine tool.

In the design section, a machine tool for drilling a hole under a thread and a cutting thread is designed for radial-drilling operations, a control device, and also a cutting tool for processing a stepped hole drill and countersink.

In the research section, we will consider the issue of increasing the wear resistance of cutting tools by methods of chemical-thermal and surface laser processing. The following recommendations for strengthening end mills, the production of high-speed steel, which are widely used in the technological process of manufacturing housing.

Section B "Labor Safety" examines the issue of ensuring safe and secure operation of the equipment used in the machine shop and the machine shop manufacturing parts "Corpus DC 3330Ф1.311", the detailed features of the installation are the protective earthing.

The appendices provide supporting materials for individual sections of the qualification work.

**Key words:** machining, technology, machine tool, tool, allowance, cutting mode, device, strengthening, labor protection.

## Зміст

Вступ .....	9
Розділ 1 Загальний .....	11
1.1 Мета і основні завдання кваліфікаційної роботи магістра .....	11
1.2 Аналіз об'єкта виробництва.....	12
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	15
1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва.....	17
Розділ 2 Технологічний .....	19
2.1 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі.....	19
2.2 Вибір методу отримання заготовки та його техніко-економічне обґрунтування.....	20
2.3 Вибір технологічних баз .....	24
2.4 Обґрунтування вибору варіанту технологічного маршруту оброблення деталі .....	25
2.5 Розроблення технологічних операцій .....	26
2.6 Розрахунок і призначення припусків на механічне оброблення.....	29
2.7 Розрахунок та призначення режимів різання .....	35
2.8 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій.....	42
Розділ 3 Конструкторський .....	44
3.1 Проектування пристрою для операції 040 Радіально- свердлувальна...44	
3.1.1 Призначення пристрою і схема базування деталі в ньому.....	44

3.1.2	Розрахунок сили затиску деталі в пристрої.....	45
3.1.3	Перевірочний розрахунок на міцність найбільш навантажених деталей пристрою.....	47
3.1.4.	Розрахунок пристрою на точність.....	48
3.1.5	Описання будови і принцип роботи пристрою.....	49
3.2	Проектування контрольно-вимірювального пристрою.....	50
3.2.1	Розроблення схеми вимірювання.....	50
3.2.2	Розрахунок пристрою на точність.....	50
3.3	Проектування різального інструменту.....	52
Розділ 4 Дослідницький розділ. Лазерне загартування інструменту із швидкорізальних сталей з попереднім хіміко-термічним обробленням.....		
		59
Розділ 5 Охорона праці .....		
		69
5.1	Забезпечення безаварійної і безпечної експлуатації устаткування, яке використовується в машинобудівному цех.....	69
5.2	Аналіз розробленого технологічного процесу з точки зору охорони праці.....	82
5.3	Розрахунок захисного заземлення.....	87
Загальні висновки.....		91
Список використаних джерел .....		92
Додатки		

## **Вступ**

Машинобудування забезпечує технікою та устаткуванням усі галузі народного господарства України і визначає рівень матеріальної бази суспільства. У зв'язку із цим розвитку машинобудування завжди приділялося і приділяється особлива увага.

Скорочення попиту на технологічне устаткування в умовах війни, порушення сформованих кооперативних зв'язків між підприємствами створили складні умови для функціонування і подальшого розвитку машинобудівного комплексу України.

Основними напрямками розвитку машинобудівного комплексу, пріоритетами структурної політики в машинобудуванні є забезпечення народного господарства України прогресивним устаткуванням, вагоме підвищення його технічного рівня і конкурентоспроможності.

Здобутки науково-технічного прогресу у машинобудуванні у великій мірі визначають розвиток народного господарства України. Щоби його прискорити

потрібне зростання продуктивності праці, підвищення ефективності виробництва і поліпшення якості продукції.

У даний час продукції вітчизняних машинобудівних підприємств доводиться конкурувати з продукцією іноземного виробництва. Багато підприємств не в змозі забезпечувати аналогічну якість продукції при такому ж рівні виробничих витрат. Ця обставина змушує шукати шляхи до збільшення ефективності виробництва, підвищення продуктивності праці і зменшення собівартості продукції, яка виготовляється.

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість продукції, що випускається, багато в чому залежить від випереджального розвитку виробництва, застосування нового обладнання - машин, верстатів і апаратів, а також від впровадження техніко-економічного аналізу. Вдосконалення технологічних методів виготовлення деталей і машин має при цьому визначальне значення. Якість машин, їх надійність в експлуатації, довговічність і економічність залежать не лише від вдосконалення конструкції, але й від технології виробництва. Важливе використання прогресивних методів оброблення, які забезпечують високу точність і якість поверхонь деталей машин, наприклад, методом зміцнення робочих поверхонь, які збільшують ресурс робочих деталей машин.

Металорізальні верстати є основним видом виробничого встаткування, призначеного для виготовлення машин, приладів, інструментів та інших виробів, тому кількість металорізальних верстатів, їхній технічний рівень у значній мірі характеризує виробничу потужність країни.

Головне завдання економіки полягає у забезпеченні подальшого зростання добробуту людей на основі стійкого поступального розвитку народного господарства, прискорення науково-технічного прогресу, переходу більш раціональне використання потенціалу країни, економії усіх видів ресурсів та покращення якості робіт.

При вирішенні цього завдання важливе місце займає переозброєння виробництва, створення високопродуктивних машин і устаткування великої потужності, впровадження нової техніки і матеріалів, прогресивних технологій

та систем машин з метою комплексної механізації та автоматизації виробництва.

Метою виконання кваліфікаційної роботи магістра [1] є систематизація, узагальнення і закріплення знань, отриманих під час навчання в університеті, що сприяє підготовці майбутнього фахівця високого рівня до самостійного вирішення проблемних питань в умовах виробництва. Важлива роль при цьому відводиться розвитку його здатності використовувати отримані знання для виконання конкретних виробничих завдань з розроблення технологічних процесів виготовлення деталей, вибору інструменту, устаткування та оснащення, обґрунтування економічної доцільності запланованих заходів організації виробництва.

## **РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ**

### **1.1 Мета і основні завдання кваліфікаційної роботи магістра**

**Мета кваліфікаційної роботи** – це творче застосування набутих в процесі навчання знань, їх поглиблення і закріплення, розширення навичок у вирішенні професійних задач в умовах конкурентного ринкового середовища, оволодіння методами пізнання і діяльності, створення особистої фундаментальної бази для подальшої самоосвіти та продукування нових наукових знань [1].

При підготовці до виконання кваліфікаційної роботи магістра при проходженні переддипломної практики був підібраний вихідний матеріал: підібрані та проаналізовані кресленики деталі, верстатних та вимірювальних пристроїв, вимірювального та різального інструментів, які використовуються у базовому технологічному процесі виготовлення деталі «Корпус ДК 3330Ф1.311». Ознайомилися також з техніко-економічними показниками

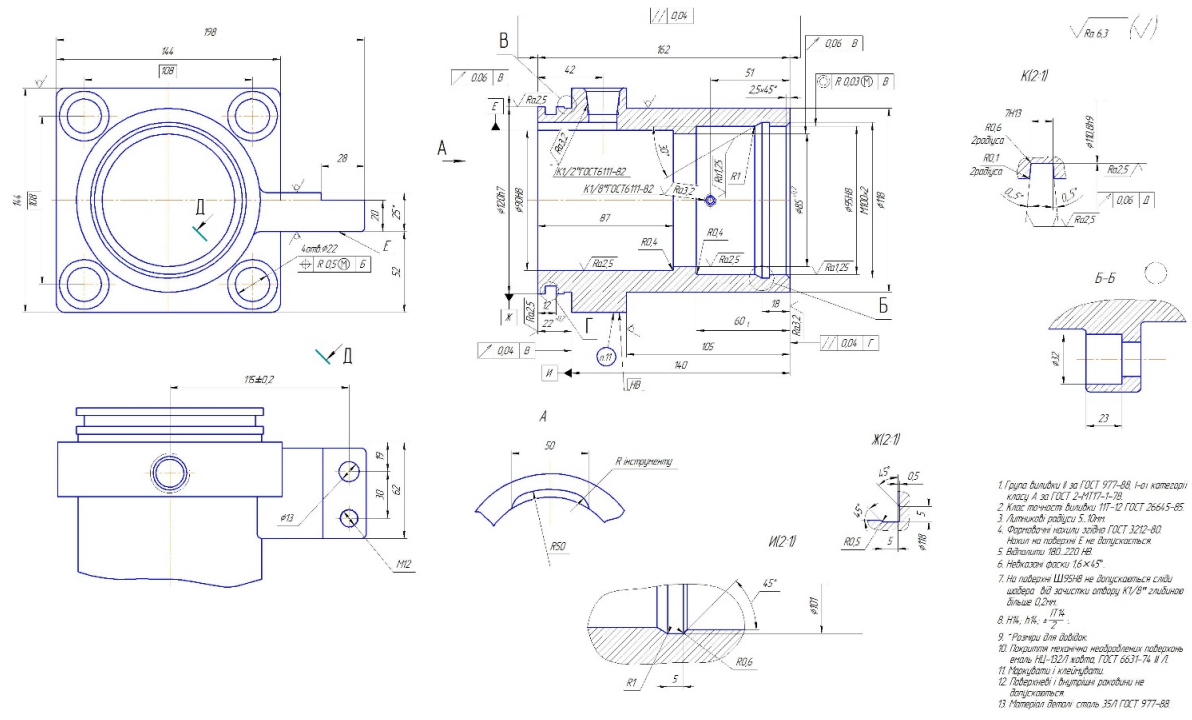
виготовлення даної деталі та організацією виробництва на базовому підприємстві.

**Завданням кваліфікаційної роботи** є перевірка здібностей студента за компетентнісним підходом та його здатності до самостійної роботи, а також визначення рівня його підготовки у відповідності до освітньо-професійної програми «Технології машинобудування», стандарту вищої освіти України за другим (магістерським) рівнем вищої освіти зі спеціальності 131 Прикладна механіка [1].

Основними завданнями даної кваліфікаційної роботи було розроблення удосконаленого варіанту технологічного процесу механічного оброблення корпусу ДК 3330Ф1.311 з використанням верстатів з ЧПК, а також пристроїв для механічного оброблення та контролю основних параметрів деталі, впровадження різального інструменту з використанням твердих сплавів та сучасних інструментальних матеріалів, що дасть можливість підвищення режимів різання, тим самим скорочення машинного часу на операціях механічного оброблення деталі. Для цього був проведений літературний огляд наукових публікацій та інформаційних джерел про застосування прогресивних технологій в машинобудуванні, варіантів конструкцій відповідного оснащення, ознайомлення із особливостями експлуатації інструменту тощо з метою використання їх в розробленому варіанті технологічного процесу виготовлення даної деталі.

## **1.2 Аналіз об'єкта виробництва**

Корпус ДК 3330.Ф1-311 відноситься до класу корпусних деталей. Маса деталі  $G=8,7$ кг. Деталь є робочим органом механізму вприскування термопластавтомата, яка виступає в ролі ущільнювача. У вузлі механізму вприскування дана деталь є нерухомою і постійно знаходиться під дією великих навантажень. Деталь «Корпус ДК 3330.Ф1-311» працює на стискання при робочому ході штока.



**Рисунок 1.1 – Кресленник деталі «Корпус ДК 3330Ф1-311»**

Зовнішньою поверхнею  $\varnothing 120h7$  деталь кріпиться у вузлі механізму впрыскування за допомогою болтів. Ковзання штока відбувається по внутрішній поверхні деталі  $\varnothing 90H8$ .

Деталь виготовлена зі сталі 35Л ДСТУ 8781:2018. Матеріал деталі допускає одержання заготовки методом литва в кокиль з піщаними стержнями.

Хімічний склад сталі 35Л подається в табл. 1.1. Механічні властивості матеріалу подаються в таблиці 1.2.

**Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 35Л, %**

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni
0,35	0,2...0,4	0,3...0,9	<0,3	0,045...0,06	0,04...0,08	<0,3

**Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 35Л.**

Твердість за Брінелем HB не більше	Межа міцності $\sigma_B$ , МПа не більше	Межа текучості $\sigma_T$ , МПа	Відносне видовження $a_H$ , % не менше	Відносне звуження $\psi$ , % не менше
137...217	500	280	3,5	25

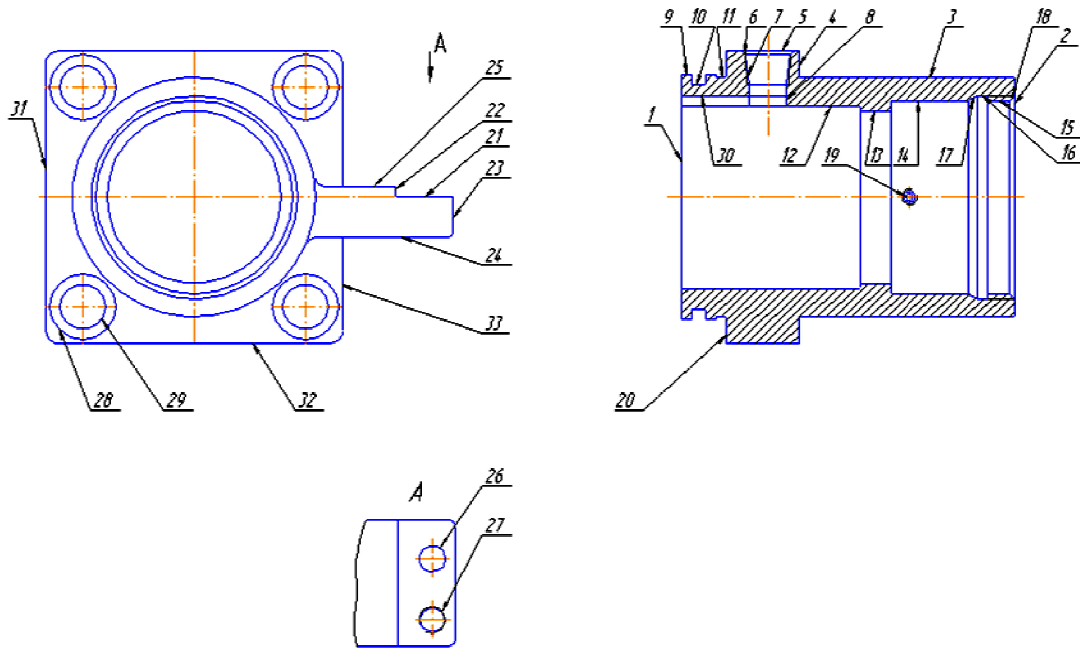


Рисунок 1.2 – Перелік основних поверхонь деталі

Точність взаємного розміщення поверхонь деталі (див. рис. 1.2):

- відхилення від паралельності поверхонь 1 і 2 не більше 0,04мм;
- радіальне биття поверхні 9 відносно поверхні 12 не більше 0,06мм;
- торцеве биття поверхні 20 відносно поверхні 12 не більше 0,04мм;
- непаралельність поверхні 2 відносно поверхні 20 не більше 0,04мм;
- радіальне биття поверхні 13 відносно поверхні 12 не більше 0,06мм;
- відхилення від співвісності поверхні 14 відносно поверхні 12 не більше 0,03мм;
- радіальне биття поверхні 10 відносно поверхні 9 не більше 0,06мм;

Квалітети точності розмірів і параметри шорсткості поверхонь деталі наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Точність оброблення і шорсткість поверхонь деталі

Назва поверхонь	Кількість поверхонь	Квалітет точності	Шорсткість поверхонь $Ra$ , мкм
1	2	3	4
Торцеві поверхні	2	IT7	2,5
Торцева поверхня	1	IT9	3,2

Внутрішні циліндричні поверхні	2	IT8	2,5
Зовнішня циліндрична поверхня	1	IT7	2,5
Зовнішня циліндрична поверхня	1	IT10	6,3
Конічні різьбові поверхні	2	IT9	6,3
Внутрішні циліндричні поверхні	10	IT9	6,3
Різьбова поверхня	2	IT9	6,3
Плоска поверхня	1	IT9	6,3
Сторона квадрата	4	IT12	6,3
Необроблювані поверхні вуха	5	IT12	6,3

### 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

#### 1.3.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь складається із поверхонь обертання і торцевих поверхонь, які не потребують при їх обробленні застосування спеціальних верстатів, пристроїв та інструменту. При обробленні чотирьох кріпильних отворів використовується спеціальний інструмент свердло-зенкер, але оброблення виконується на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПК. Поверхні 1, 12, 14 і 9 (див. рис. 1.2), які виготовляються за 7 і 8 квалітетом з шорсткістю поверхні  $Ra_{2,5\text{мкм}}$  необхідно шліфувати чи тонко розточувати.

#### 1.3.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Кількісна порівняльна оцінка технологічності конструкції деталі може бути виконана за використання відповідних базових показників технологічності.

Необхідність використання додаткових показників визначається тим, що на стадії розроблення кресленика деталі і узгодження її конструкції з технологом останній керується, головним чином, технологічними критеріями,

так як відсутні дані про трудомісткість і технологічну собівартість деталі, що проектується, тому що технологічний процес її виготовлення ще не розроблений.

При оцінюванні деталі на технологічність розглянемо наступні додаткові показники [2]:

1) коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e}, \quad (1.1)$$

де  $Q_{y.e}$  - число уніфікованих конструктивних елементів деталі,  $Q_{y.e} = 22$  шт.;

$Q_e$  - загальне число елементів деталі,  $Q_e = 31$  шт.

$$K_{y.e} = \frac{22}{31} = 0,7$$

$K_{y.e} > 0.6$ , і це означає, що за коефіцієнтом уніфікації елементів конструкції деталь є технологічною.

2) коефіцієнт застосування стандартизованих поверхонь, що обробляються:

$$K_{п.ст} = \frac{D_{о.с}}{D_{м.о}}, \quad (1.2)$$

де  $D_{о.с}$  - число поверхонь, які обробляються стандартними інструментами,  $D_{о.с} = 19$  шт.;

$D_{м.о}$  - число всіх поверхонь, які піддаються механічній обробленні,  $D_{м.о} = 22$  шт.

$$K_{п.ст} = \frac{19}{22} = 0,86.$$

За цим показником деталь теж є технологічною.

3) коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{q}{Q}, \quad (1.3)$$

де  $q$  - маса деталі,  $q = 8,7$ кг;

$Q$  - маса заготовки,  $Q = 11,2$ кг.

$$K_{B.M} = \frac{8,7}{11,2} = 0,776.$$

4) максимальне значення квалітету точності - IT7. Самий високий квалітет точності розмірів деталі сьомий, отже за точністю деталь технологічна.

5) максимальне значення параметра шорсткості поверхонь, що обробляються. Найкраща шорсткість поверхні за параметром  $R_a$  складає 2,5мкм, що легко досягається обробленням на металорізальних верстатах і не потребує спеціальних операцій, а це означає, що за цим параметром деталь технологічна.

На основі якісного і кількісного аналізів технологічності деталі робимо висновок, що деталь загалом технологічна.

#### **1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва**

Визначення типу виробництва ведемо, беручи за основу габарити деталі, масу і річну програму випуску згідно завдання кваліфікаційної роботи.

У відповідності із ДСТУ 2960-94 однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій  $K_{з.о.}$ , який показує відношення числа всіх різних технологічних операцій, які виконуються протягом одного місяця, до числа робочих місць:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}, \quad (1.4)$$

де  $O$  – загальне число різних операцій, які виконуються на дільниці;

$P$  – число робочих місць (верстатів), на яких виконуються операції.

Технологічний процес на даному етапі ще не розроблений, тому тип виробництва попередньо вибираємо за річною програмою випуску  $N$  та масою деталі. При  $N=500$  шт./рік та  $q=8,7$ кг тип виробництва – дрібносерійний [3].

Форма організації технологічного процесу у відповідності з вимогами ДСТУ 2960-94 залежить від встановленого порядку виконання операцій, розміщення технологічного обладнання, кількості виробів і напрямку їх руху в процесі виготовлення.

Так як виробництво серійне, то визначаємо величину партії запуску  $n$  у виробництво:

$$n = \frac{N}{P_d} \cdot f, \quad (1.5)$$

де  $N$  – річна програма випуску,  $N=500$  шт.;

$P_d$  - число робочих днів у році при двох днях вихідних і восьмигодинному робочому дні  $P_d=224$  дні;

$f$  - кількість днів, на які треба мати запас деталей на складі,  $f=8$  днів.

$$n = \frac{500}{224} \cdot 8 = 18 \text{ шт.}$$

Розроблення удосконаленого технологічного процесу проводилось на основі базового технологічного процесу, який був узятий під час проходження переддипломної практики. Базовий варіант технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ДК 3330Ф1-311» був розроблений для умов крупносерійного типу виробництва і був побудований у відповідності із заданою на той час програмою випуску деталей та наявності діючого устаткування.

В базовому технологічному процесі як заготовка для подальшого оброблення деталі застосовувалось литво в піщані форми. Якщо запропонувати литво в кокіль, наприклад, *Виливка*  $\frac{\text{Кокіль ГОСТ 26645 – 85}}{\text{Сталь35Л ГОСТ 977 – 88}}$ , то при такому виді заготовки припуски на чорнове, чистове і остаточне оброблення будуть розподілені раціонально.

В технологічному процесі виготовлення деталі послідовність і структура операцій були використані раціонально. Але устаткування, що застосовувалось на базовому підприємстві, згідно базового маршруту оброблення є недостатньо високопродуктивним і не дозволяє сконцентрувати значну кількість переходів в одній операції. Токарне оброблення велось на універсальних верстатах методом пробних проходів і промірювань, що недостатньо ефективно.

Технологічне оснащення, що використовувалось в базовому технологічному процесі, є недостатньо продуктивним, мало застосовується пристроїв з приводом, що приводить до значних витрат часу на установку і зняття заготовки. Різальний і вимірювальний інструмент є типовим, режими різання на операціях вибрані, в основному, оптимальні, але на деяких операціях дещо занижені, тому є необхідність у введенні відповідних коректив.

## РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Базовий варіант технологічного процесу механічного оброблення деталі «Корпус ДК 3330Ф1.311» наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Базовий технологічний процес механічного оброблення деталі

№ операції	Найменування операції	Обладнання, модель верстата	Розряд робіт	Тшт., хв.
1	2	3	4	5
005	Токарно-гвинторізна	1М63	2	22,0
010	Вертикально-свердлувальна	2Г175	2	11,3
020	Вертикально-фрезерувальна	6Р13	3	12,0
025	Вертикально-фрезерувальна	6Р12	2	5,0
030	Вертикально-фрезерувальна	6Р13	3	25,4
035	Токарно-гвинторізна	16М30	3	25,4

040	Токарно-гвинторізна	16М30	3	11,6
045	Токарно-гвинторізна	16М30	4	34,8
050	Вертикально-фрезерувальна	6Р13	2	4,8
055	Вертикально-фрезерувальна	6Р13	3	7,0
060	Вертикально-свердлувальна	2А135	2	16,1
065	Радіально- свердлувальна	2М55	2	7,0
070	Радіально- свердлувальна	2М55	3	6,8
075	Розміточна	Розм. пл.	2	1,1
080	Вертикально-свердлувальна	2Н135	3	3,0
085	Плоско-шліфувальна	3Д725	3	5,25

Даний технологічний процес можна вдосконалити. Для дрібносерійного виробництва доцільно використовувати верстати з ЧПК. Доцільно також застосувати принцип концентрації переходів та операцій в технологічному маршруті та замінити універсальне устаткування на верстати з ЧПК.

В новому варіанті технологічного процесу виготовлення деталі пропонується змінити наступне:

- Розділити операцію 015 на дві операції. Це дозволить відмовитись від оброблення методом пробних проходів і промірювань та вести більш продуктивне оброблення на попередньо настроєних верстатах.
- Відмовитись від слюсарних і вимірювальних операцій (в дрібносерійному виробництві ці операції виконуються безпосередньо на робочому місці).
- Відмовитись від операцій 020, 025: згідно із заводським креслеником деталі ці поверхні не обробляються, але їх обробляють, тому що використовують як заготовку литво в піщані форми низької точності, тому без відповідного оброблення деталей не буде відповідати технічним вимогам.
- Відмовитись від операції 015, тому що запропонована заготовка буде більш точною і матиме іншу форму отвору, що дозволить обробляти найменший внутрішній діаметр на наступній операції.

- На операції 055 зменшити кількість переходів за рахунок використання комбінованого інструменту свердло-зенкер.
- На операції 085 замінити шліфувальний верстат моделі 3Д725 на менш габаритний верстат моделі 3Е710В1.
- Операції 035, 040 і 045 варто об'єднати у дві операції і замінити модель верстата на менш габаритний.

## **2.2 Вибір типу заготовки і техніко-економічне обґрунтування методу її отримання**

### **2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки**

Вибір методу отримання заготовки – це важливий момент робіт на початку розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі. Від нього залежить собівартість, продуктивність, точність та якість готової продукції.

У базовому варіанті технологічного процесу для деталі «Корпус ДК 3330Ф1.311», як відзначалось раніше, заготовка отримувалась шляхом литва в піщані форми (перший варіант). Пропонується отримувати заготовку методом литва в кокіль (другий варіант).

Для порівняння собівартості двох варіантів виготовлення заготовки була використана програма “Vartist” розроблена на кафедрі ТМ ХНУ. Результати розрахунків за програмою приведені на рис. 2.1.

Перший варіант	Другий варіант		
Вид отримання заготовки <input type="radio"/> прокат <input checked="" type="radio"/> литво в землю і кокіль <input type="radio"/> литво по випалюваних моделях <input type="radio"/> литво по випалюваних моделях <input type="radio"/> литво по газифікованих моделях <input type="radio"/> литво під тиском <input type="radio"/> литво в оболонковій формі <input type="radio"/> штампування	Вид отримання заготовки <input type="radio"/> прокат <input checked="" type="radio"/> литво в землю і кокіль <input type="radio"/> литво по випалюваних моделях <input type="radio"/> литво по випалюваних моделях <input type="radio"/> литво по газифікованих моделях <input type="radio"/> литво під тиском <input type="radio"/> литво в оболонковій формі <input type="radio"/> штампування		
Маса заготовки, кг	13	Маса заготовки, кг	11,6
Маса деталі, кг	8,7	Маса деталі, кг	8,7
Програма випуску, шт	500	Програма випуску, шт	500
Вартість 1-ї тони відходів, грн	60	Вартість 1-ї т відходів, грн	60
Базова вартість 1-ї тони заготовок, грн	8600	Базова вартість 1-ї тони заготовок, грн	8600
Матеріал	сталь вуглецева	Матеріал	сталь вуглецева
Група складності	1	Група складності	1
Клас точності	2	Клас точності	2
Спосіб отримання заготовки: <input type="text" value="литво в землю і кокіль"/>		Спосіб отримання заготовки: <input type="text" value="литво в землю і кокіль"/>	
Вартість заготовки, грн:		Вартість заготовки, грн:	
86,96		77,65	
Різниця у собівартості, грн:		Річний економічний ефект, грн:	
9,31		4654,38	
<b>Другий варіант кращий</b>			

**Рисунок 2.1 – Результати розрахунків вартості заготовки із використанням комп’ютерної програми “Vartist”**

Очевидно, що за результатами розрахунку з допомогою програми «Vartist» литво в кокіль є вигіднішим варіантом, але так як ціни на матеріали і в тому числі на заготовки із сталі змінилися, проводимо уточнений розрахунок.

**I-ший варіант** – заготовка, отримана литвом в піщаній формі.

Загальні припущення визначаємо за ГОСТ 266455-85. Маса деталі  $q=8,7$ кг;

Розрахунок виконуємо за коефіцієнтом використання матеріалу та за вартістю обох варіантів заготовок:

$$Q_1 = V \cdot \rho, \tag{2.1}$$

де  $Q_1$  – маса заготовки по I-му варіанту.

$V$  – об’єм заготовки по I-му варіанту;

$\rho$  – питома густина матеріалу заготовки,  $\rho=7,8$  г/см<sup>2</sup>.

Підрахунок маси заготовки проводився додаванням і відніманням мас об’ємів геометричних фігур, які повторюють контури заготовки.

$$Q_1 = 13 \text{ кг}; \quad K_{B.M} = \frac{8,7}{13} = 0,66.$$

Визначаємо вартість заготовки:

$$S_3 = \left( \frac{S_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{ВДХ}}{1000}, \quad (2.2)$$

де  $C$  - базова вартість 1т заготовок,  $C = 86000$  грн.;

$Q$  - маса заготовки,  $Q = 13$  кг;

$K_T$  - коефіцієнт, що залежить від класу точності  $K_T = 1,05$ ;

$K_C$  - коефіцієнт, що залежить від групи складності  $K_C = 0,7$ ;

$K_B$  - коефіцієнт, що залежить від маси заготовки  $K_B = 0,87$ ;

$K_M$  - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу  $K_M = 1,22$ ;

$K_{II}$  - коефіцієнт, що залежить від об’єкту виробництва  $K_{II} = 1$ ;

$S_{ВДХ}$  - вартість 1т відходів стружки,  $S_{ВДХ} = 600$  грн.

$$S_3 = \left( \frac{86000}{1000} \cdot 13 \cdot 1,05 \cdot 0,7 \cdot 0,87 \cdot 1,22 \cdot 1 \right) - (13 - 8,7) \frac{600}{1000} = 869,5 \text{ грн.}$$

**II-й варіант** – заготовка, отримана литвом в кокіль.

$Q_2$  - маса заготовки, отриманої литвом в кокіль.

Підрахунок маси заготовки проводиться додаванням і відніманням мас об’ємів геометричних тіл, які повторюють контури заготовки. Загальні припуски призначені згідно ГОСТ 26645-85.

$$Q_2 = 11,6 \text{ кг}; \quad K_{B.M} = \frac{8,7}{11,6} = 0,75.$$

Визначаємо вартість заготовки:

$$S_3 = \left( \frac{S_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{ВДХ}}{1000}, \quad (2.3)$$

де  $C$  - базова вартість 1т заготовок,  $C = 86000$ грн;

$Q$  - маса заготовки,  $Q = 11,6$ кг;

$K_T$  - коефіцієнт, що залежить від класу точності  $K_T = 1,05$ ;

$K_C$  - коефіцієнт, що залежить від групи складності  $K_C = 0,7$ ;

$K_B$  - коефіцієнт, що залежить від маси заготовки  $K_B = 0,87$ ;

$K_M$  - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу  $K_M = 1,22$ ;

$K_{II}$  - коефіцієнт, що залежить від об'єкту виробництва  $K_{II} = 1$ ;

$S_{ВДХ}$  - вартість 1т відходів стружки,  $S_{ВДХ} = 600$  грн.

$$S_3 = \left( \frac{86000}{1000} \cdot 11,6 \cdot 1,05 \cdot 0,7 \cdot 0,87 \cdot 1,22 \cdot 1 \right) - (11,6 - 8,7) \frac{600}{1000} = 776,4 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика варіантів одержання заготовки

Варіант	Вид заготовки	$K_{B.M.}$	Вартість заготовки, грн.	Програма випуску, шт./рік	Річні витрати, грн./рік
I	Литво в піщані форми	0,66	869,5	500	434750
II	Литво в кокіль	0,75	776,4		388200

Оцінюючи результати розрахунків, приходимо до висновку, що II варіант є більш економічним, тому для розроблення нового технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ДК 3330Ф1.311» приймаємо заготовку, отриману литвом в кокіль.

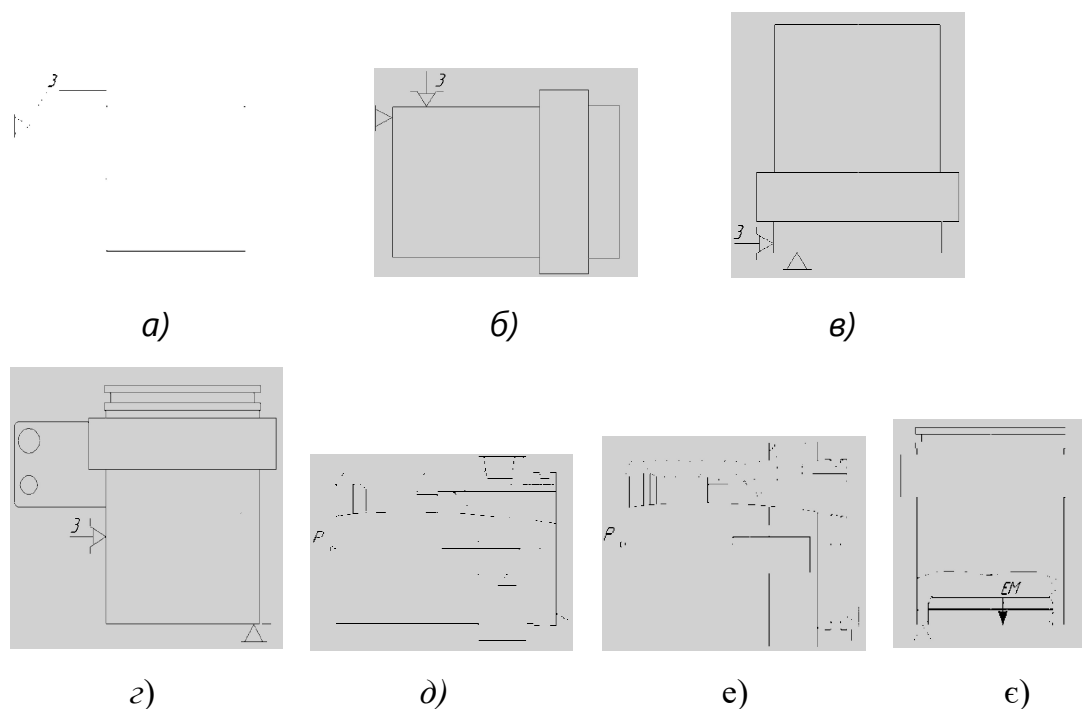
Річний економічний ефект від використання заготовки виготовленої за II-м варіантом складає  $E=46550$ грн./рік.

### 2.3 Вибір технологічних баз

Зовнішня циліндрична поверхня 3 (див. рис. 1.2) є основною базовою поверхнею деталі, так як деталь по ній встановлюється (базується) у вузлі в процесі роботи і при механічному обробленні вона використовується як установочна. Ця поверхня виступає як подвійна напрямна, а торці 1 чи 2 при різних установах використовуються як упорна база. Деталь при цьому варіанті

базування втрачає п'ять ступенів вільності. Шоста ступінь вільності позбавляється за рахунок сил тертя між поверхнею 3 і кулачками патрона. Поверхня 3 може використовуватись на операціях після її остаточного оброблення, а на першій операції вона використовується як чорнова при обробленні додаткових баз – ступінчастого отвору, який використовується в якості базового при обробленні отворів 7, 26, 27 і при виконанні контролю радіального биття поверхні 9 (див. рис 1.2) В усіх інших випадках за установочні бази використовується поверхня 3, або начисто оброблена поверхня 9 і торці 1 і 2 .

Схеми базування деталей на операціях наведені на рис. 2.2.



**Рисунок 2.2 – Схеми базування заготовки:**

**а) на операціях 005 і 015, б) на операціях 010 і 020, в) на операції 025, г) на операції 030, д) на операції 035, е) на операціях 040, 045 і 055, є) на операції 060**

## **2.4 Розроблення технологічного маршруту оброблення деталі**

Після призначення технологічних баз складаємо технологічний маршрут оброблення деталі, який зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрут оброблення деталі „Корпус ДК 3330Ф1.311”

Номер операції	Найменування операції та поверхні, яка оброблюється	Технологічні бази	Найменування і модель верстата
005	Токарно-гвинторізна. Підрізати торці 1, 20 і обточити поверхню 9 начорно.	Поверхні 2, 3 (чорнові бази)	Токарно-гвинторізний 1М63
010	Токарно-гвинторізна. Підрізати торець 2 і обточити поверхню 3 до початку вуха начорно.	Поверхні 1, 9 (чорнові бази)	Токарно-гвинторізний 1М63
015	Токарна з ЧПК. Точити контур начисто.	Поверхні 2, 3	Токарний з ЧПК мод. 16К20Ф3
020	Токарна з ЧПК. Розточувати внутрішній контур начисто.	Поверхні 1, 9	Токарний з ЧПК мод. 16К20Ф3
025	Вертикально-свердлувальна з ЧПК. Обробити поверхні 28, 29 начорно і начисто.	Поверхні 1, 9	Вертикально-свердлильний з ЧПК мод. 2Р135Ф2-1
030	Вертикально-фрезерна з ЧПК. Фрезерувати вибірку 50×50мм.	Поверхні 2, 3	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13Ф3
035	Вертикально-фрезерна. Фрезерувати вухо, витримуючи розміри 20 і 28.	Поверхні 1, 3 і 12	Вертикально-фрезерний 6Р12
040	Радіально-свердлильна. Свердлувати отвори 6, 26 і 27.	Поверхні 1, 12, 2 і 29	Радіально-свердлувальний 2М55
045	Радіально-свердлильна. Нарізати фаску 6, нарізати різьбу К 1/2" і М12.	Поверхні 1, 12, 2, 29	Радіально-свердлувальний М55
050	Розміточна. Накернити місце отвору К1/8".		Розміточна плита
055	Вертикально-свердлувальна. Свердлити отвір К1/8". Нарізати фаску, нарізати різьбу К1/8".	Поверхні 1, 12, 2, 29	Вертикально-свердлувальний

060	Плоскошліфувальна. Шліфувати торець 1.	Поверхня 2	Плоскошліфувальний ЗЕ710В1
-----	---	------------	-------------------------------

Таблиця 2.4 - Технологічні операції оброблення деталі „Корпус ДК 3330Ф1.311”.

Операції	Зміст операції	Модель верстата	Пристрій	Інструмент, оснащення
1	2	3	4	5

## 2.5 Розроблення технологічних операцій

Проаналізувавши розроблений маршрут оброблення деталі та обсяг робіт, які необхідно виконати на кожній операції, та вибравши технологічні бази і моделі верстатів, переходимо до детального розроблення технологічних операцій механічного оброблення поверхонь деталі „Корпус ДК 3330Ф1.311”. Розроблення операцій технологічного процесу зводимо в таблицю 2.4.

005	Токарно-гвинторізна. 1. Встановити заготовку в патрон, закріпити; 2. Підрізати торці 1 і 20 попередньо; 3. Обточити поверхню 9 попередньо.	1М63	Патрон токарний самоцентрувальний трикулачковий ГОСТ 24351-80.	1. Різець підрізний відігнутий з пластиною із твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 18880-73. 2. Різець прохідний упорний відігнутий з пластиною з твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 18879-73.
010	Токарно-гвинторізна 1. Встановити заготовку в патрон, закріпити; 2. Підрізати торець 2; 3. Проточити циліндричну поверхню 3 до початку вуха.	1М63	Патрон токарний самоцентрувальний трикулачковий ГОСТ 24351-80.	1. Різець підрізний відігнутий з пластиною із твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 18880-73.
015	Токарна з ЧПК. 1. Встановити заготовку патрон, закріпити; 2. Обточити поверхню 9 з підрізанням торців 1, 20 попередньо; 3. Розточити поверхню 12 попередньо; 4. Обточити поверхні 9, 11 з підрізанням торців, витримуючи розміри $\varnothing 120h7, 22^{+0,2}$ остаточно; 5. Розточити поверхню 12 попередньо; 6. Розточити поверхню 12, витримуючи розміри $\varnothing 90H8, 87\pm 0,1$ остаточно; 7. Проточити канавку витримуючи розміри 12, $\varnothing 110,8h9, 7H13$ .	16К20Ф 3	Патрон токарний самоцентрувальний трикулачковий ГОСТ 24351-80.	1. Різець збірний контурний з швидкозмінними пластиною із твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 20872-80 2. Різець збірний розточувальний з швидкозмінною пластиною із твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 20872-80; 3. Різець токарний канавковий з пластиною із твердого сплаву Т15К6 ГОСТ 18881-73; 4. Штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-80
020	Токарна з ЧПК. 1. Встановити заготовку в патрон, закріпити; 2. Розточити поверхні 14, 13 попередньо; 3. Розточити внутрішній контур по $\varnothing 95 H8$ і поверхні 13, витримуючи розмір $\varnothing 85^{+0,2}$ попередньо; 4. Розточити внутрішній контур, витримуючи розміри $\varnothing 95H8, 60_{-0,1}, \varnothing 101\pm 0,1, 18\pm 0,2$ остаточно. 5. Нарізати фаску $2\times 45^\circ$ . 6. Нарізати різь М100×2 на довжину L=18мм.	16К20Ф 3	Патрон токарний самоцентрувальний трикулачковий ГОСТ 24351-80.	1. Різець збірний розточувальний з швидкозмінною пластиною із твердого сплаву КНТ16 ГОСТ 25395-82; 2. Різець різьбонарізний з пластиною з твердого сплаву Т15К6 ГОСТ 18063-72; 3. Штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-80
025	Вертикально-свердлильна з	2Р135Ф2	Пристрій	1. Свердло Р6М5 $\varnothing 16$

	<p>ЧПК.</p> <p>1. Встановити та закріпити пристрій на верстаті, вивірити пристрій з точністю до 0,02 мм.</p> <p>2. Встановити заготовку в пристрій і закріпити.</p> <p>3. Свердли отвори Ø16 по периметру, витримуючи розмір 108±0,2.</p> <p>4. Розсвердли отвір Ø16 і зенкерувати, одночасно витримуючи розміри Ø22, Ø32, 23.</p>		спеціальний з гідроприводом	<p>ГОСТ 2092-77,</p> <p>2. Спеціальний інструмент свердло-зенкер Р6М5.</p>
030	<p>Вертикально-фрезерувальна з ЧПК.</p> <p>1. Встановити та закріпити пристрій на верстаті, вивірити пристрій з точністю до 0,02 мм.</p> <p>2. Встановити заготовку в пристрій, закріпити</p> <p>3. Фрезерувати вибірку 50×50.</p>	6P13Ф3	Пристрій спеціальний з гідроприводом	1. Кінцева фреза Р6М5, Ø20 ГОСТ 17026-71
035	<p>Вертикально-фрезерувальна.</p> <p>1. Встановити та закріпити пристрій на верстаті, вивірити пристрій з точністю до 0,02 мм.</p> <p>2. Встановити заготовку в пристрій, закріпити.</p> <p>3. Фрезерувати вухо, витримуючи розміри 20, 28.</p>	6P12	Пристрій спеціальний з пневмоприводом.	<p>1. Кінцева фреза Р6М5, Ø30 ГОСТ 17026-71</p> <p>2. Штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-80.</p>
040	<p>Радіально-свердлувальна.</p> <p>1. Встановити та закріпити пристрій на верстаті, вивірити пристрій з точністю до 0,02 мм.</p> <p>2. Встановити заготовку в пристрій, закріпити</p> <p>3. Свердли отвори Ø16,5 Ø11,5, Ø13.</p> <p>4. Зенкерувати отвір К1/2".</p>	2M55	Пристрій спеціальний з пневмоприводом.	<p>1. Свердло спіральне Р6М5 Ø16,5 ГОСТ 2092-77</p> <p>2. Свердло спіральне Р6М5 Ø11,5 ГОСТ2092-77</p> <p>3. Свердло спіральне Р6М5 Ø3 ГОСТ 2092-77</p> <p>4. Зенкер спеціальний</p>
045	<p>Радіально-свердлувальна.</p> <p>1. Встановити та закріпити пристрій на верстаті, вивірити пристрій з точністю до 0,02 мм.</p> <p>2. Встановити заготовку в пристрій, закріпити.</p> <p>3. Нарізати фаску.</p> <p>4. Нарізати різьбу 1/2".</p> <p>5. Нарізати різьбу М12.</p>	2M55	Пристрій спеціальний з пневмоприводом	<p>1. Свердло спіральне Р6М5, Ø30 ГОСТ 2092-77.</p> <p>2. Мітчик конічний Р6М5, К1/2" ГОСТ 6111-82</p> <p>3 Мітчик Р6М5, М12 ГОСТ 3266-81.</p>

050	Розміточна. 1.Встановити деталь на плиту і закріпити. 2.Намітити і накернити місце під К1/8".	Розміточна плита		1. Штангенрейсмус. 2. Керн. 3. Молоток.
055	Вертикально-свердлильна. 1. Встановити та закріпити пристрій на верстаті, вивірити пристрій з точністю до 0,02 мм. 2. Встановити заготовку в пристрій, закріпити. 3. Свердлити отвір К1/8". 4. Нарізати фаску. 5.нарізати різьбу К1/8"	2Н135	Пристрій спеціальний з пневмоприводом.	1. Свердло спіральне Р6М5 Ø12 ГОСТ 2092-77. 2. Свердло конічне спеціальне Р6М5. 3. Мітчик конічний Р6М5, К1/8" ГОСТ 6111-82
060	Плоскошліфувальна. 1. Встановити і закріпити деталь на магнітній плиті. 2. Шліфувати торець 1 витримуючи розмір $162_{-0,05}$	7Е310В1	Магнітна плита.	1.Шліфувальний круг А8КЛ20СМ2 ГОСТ 17123-79.

## 2.6 Розрахунок і призначення припусків на механічне оброблення

### 2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на оброблення поверхні Ø120h7

Розрахунок припусків ведеться для зовнішньої циліндричної поверхні Ø120h7мм. Заготовкою є вилівка в кокіль 12-го квалітету точності. Маса заготовки - 11,6кг.

Технологічний маршрут оброблення вибраної поверхні складається з трьох операцій: точіння попереднє, точіння напівчисте і точіння чистове. Оброблення виконується при установці деталі в трикулачковому патроні.

Розрахунок припусків на оброблення поверхні наведений у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок припусків та граничних розмірів на оброблення зовнішньої поверхні Ø120h7

Технолог. переходи оброблення поверхні	Елементи припуску, мкм.				Розрах. припуск $2z_{imi}$ , мкм	Розрах. розмір $d_p$ , мм	Допуск Т, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків Мм	
	$R_{z\ i-1}$	$h_{i-1}$	$\rho_{i-1}$	$\epsilon_{yi}$				$d_{max}$	$d_{min}$	$2z_{i\ max}^{zp}$	$2z_{i\ min}^{zp}$
Заготовка	200	300	166,9	-	-	122,197	600	122,8	122,2	-	-

Обточування чорнове	100	100	10,01	160	1462,44	120,735	160	120,90	120,74	1,9	1,46
Обточування напівчисте	50	50	0,4	80	561,25	120,174	50	120,23	120,18	0,67	0,56
Обточування чистове	30	30	-	4,5	209,0	119,965	35	120	119,965	0,23	0,215
										2,8	2,235

Тут

$R_z$  і  $h$  - характеристики якості поверхні [2].

Значення  $\rho$  для даного типу заготовок визначається як:

$$\rho_z = \rho_{кор.} = \Delta k \cdot D, \quad (2.4)$$

де  $\Delta k$  - питома кривизна заготовки в мкм на 1мм довжини;  $\Delta k = 1,3$  [2];

Так як  $D = 128,4$  мм, то  $\rho_z = 1,3 \cdot 128,4 = 166,92$  мкм.

Залишкове просторове відхилення заготовки на виконуваному переході визначається за формулою:

$$\rho_i = k_y \cdot \rho_{заг}, \quad (2.5)$$

де  $k_y$  - коефіцієнт уточнення форми, для точіння  $k_y = 0,06$  [2].

$$\rho_{точ.} = 0,06 \cdot 166,92 = 10,01 \text{ мкм};$$

Так як в даному випадку оброблення ведеться в патроні, то похибка установки в радіальному напрямку дорівнює 160мкм.

На наступному переході похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon_{y1} = 0,05 \cdot \varepsilon_y \quad (2.6)$$

Розрахунок мінімального значення припуску ведеться за формулою:

$$2Z \min_i = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (2.7)$$

тоді мінімальний припуск на обточування складе:

$$2Z_{\min_1} = 2 \cdot (200 + 300 + \sqrt{166,92^2 + 160^2}) = 2 \cdot 731,22 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min_2} = 2 \cdot (100 + 100 + \sqrt{10,01^2 + 80^2}) = 2 \cdot 561,25 \text{ мкм}.$$

$$2Z_{\min_3} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{0,4^2 + 4,5^2}) = 2 \cdot 104,5 \text{ мкм}.$$

Розрахунковий розмір  $d_p$  заготовки визначається, виходячи із остаточного розміру даної поверхні шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$dp_3 = 119,965 + 0,209 = 120,174 \text{ мм};$$

$$dp_2 = 120,174 + 0,561 = 120,735 \text{ мм};$$

$$dp_1 = 120,735 + 1,462 = 122,197 \text{ мм}.$$

Значення допусків на кожному з переходів приймаються згідно із квалітетом точності оброблення за табличними даними.

Для точіння чистового значення допуску складає 35мкм, для точіння напівчистого допуск складає 50мкм, для точіння чорнового - 160мкм, допуск на розмір поверхні заготовки складає 600мкм [2].

Значення  $d_{max}$  приймаємо рівним розрахунковому розміру з урахуванням округлення до точності допуску відповідного переходу.

Значення  $d_{min}$  є різницею між найбільшими граничними розмірами і допуском відповідного переходу.

Мінімальне граничне значення припусків  $2Z_{\min,гр}$  визначаємо як різницю між найменшими граничними розмірами виконаного і попереднього переходів. Максимальне значення  $2Z_{\max,гр}$  відповідає різниці найбільших граничних розмірів.

Загальний припуск  $2Z_{\min,заг}$  і  $2Z_{\max,заг}$  визначаємо підсумовуванням проміжних припусків на переходах оброблення поверхні.

$$\text{Перевірка правильності розрахунків: } 2Z_{\max}^{заг} - 2Z_{\min}^{заг} = 2,8 - 2,235 = 0,565 \text{ мм},$$

$$\delta_s - \delta_o = 0,6 - 0,035 = 0,565 \text{ мм, отже розрахунки виконані вірно.}$$

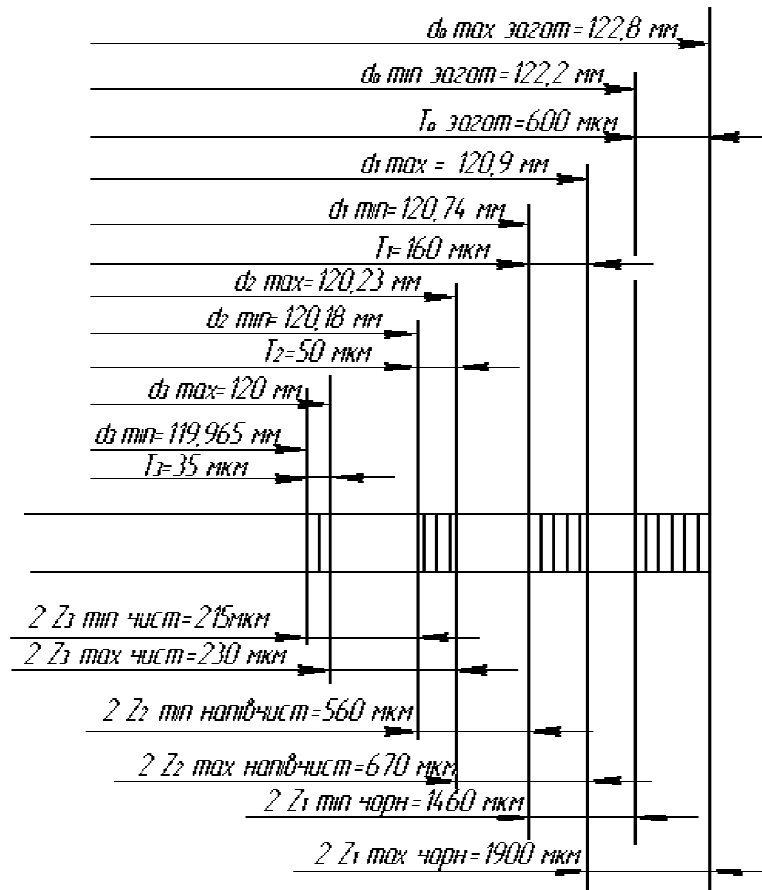


Рисунок 2.3 - Схема розташування припусків і допусків на оброблення поверхні  $\varnothing 120h7$

На інші поверхні припуски і допуски призначаються табличним методом.

2.6.2 Визначення загальних припусків на оброблення заготовки табличним методом

Визначення загальних припусків на оброблення заготовки ведемо згідно даних ГОСТ 26645-85 [3]. Результати розрахунків заносимо в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 - Припуски і допуски на оброблення та розміри заготовки

Розмір деталі, мм	Допуск, мм	Вид оброблення	Припуск на сторону, мм	Мінімальний припуск на сторону, мм	Розмір заготовки, мм
15	$1,8 \pm 0,9$	Напівчисте	2,6	0,5	$20,4 \pm 0,9$
22	$2,0 \pm 1,0$	Чистове	4,0	0,5	$23 \pm 1$

Ø 85	2,8±1,4	Напівчисте	3,3	0,5	Ø78,4 ±1,4
Ø90H8	2,8±1,4	Чистове	3,8	0,5	Ø82,4 ±1,4
Ø95H8	2,8±1,4	Чистове	3,8	0,5	Ø87,4 ±1,4
162	3,6±1,8	Напівчисте	4,0	0,8	170±1,8

За визначеними даними розробляємо ескіз заготовки (див. рис. 2.5)

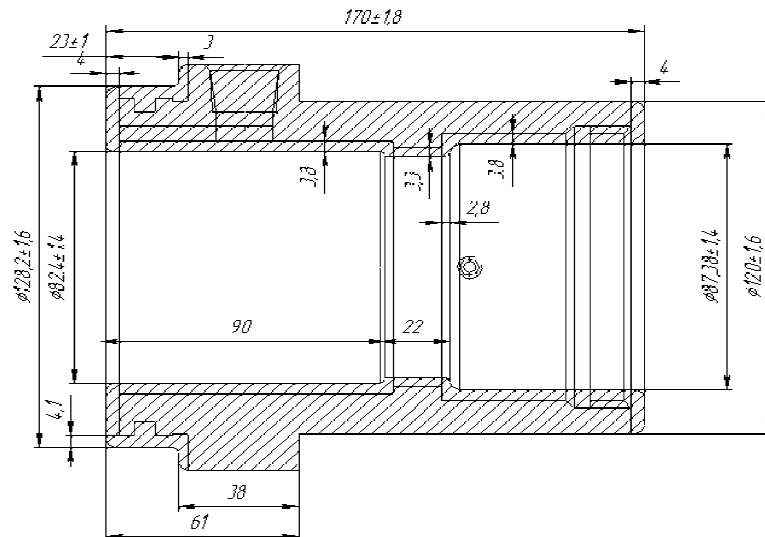


Рисунок 2.5 – Ескіз заготовки

Таблиця 2.7 – Табличні значення операційних припусків на оброблення [9]

Назва і розмір поверхні	Загальний припуск, мм	Операційні припуски, мм		
		Чорнове оброблення	Напівчисте оброблення	Чистове оброблення
Торцева поверхня 1	4,0	2,2	1,4	0,4
Торцева поверхня 2	4,0	3,0	1,0	-
Поверхня 3 Ø118 ±0,2, R <sub>a</sub> 6,3	2,0	2,0	-	-
Фаска на поверхні 6	1,0	-	1,0	-
Поверхня 9 Ø120h7, R <sub>a</sub> 2,5	2,8	1,9	0,67	0,23
Поверхня 10 Ø110 h9, R <sub>a</sub> 2,5	5,0	-	5,0	-
Внутрішня циліндрична поверхня 13, Ø90H8, R <sub>a</sub> 2,5	3,8	2,0	1,0	0,8
Внутрішня циліндрична поверхня 13,	3,3	2,0	1,3	-

$\text{Ø}85^{+0,2}$ , $R_a 2,5$				
Внутрішня циліндрична поверхня 14, $\text{Ø}95\text{H}8$ $R_a 2,5$	3,8	2,0	1,2	0,6
Поверхня 17, фаска 5×30	5,0	-	5,0	-
Поверхня 18, фаска 2×45	2,0	-	2,0	-
Торцева поверхня 20, $R_a 2,5$	3,0	1,5	1,0	0,5
Поверхня 29, отвір $\text{Ø}22$	22	16	3,0	-
Поверхня 28, отвір $\text{Ø}32$	5,0	-	5,0	-
Поверхня 26, отвір $\text{Ø}13$	13	-	13	-
Поверхня 30, вибірка 50×50	5,0	-	5,0	-

## 2.7. Розрахунок та призначення режимів різання

Розрахунок режимів різання аналітичним методом виконуємо для оброблення поверхні  $\text{Ø}16\text{H}9$ , на інші операції і переходи режими різання призначаємо з використанням табличних даних [4].

### 2.7.1. Розрахунок режимів аналітичним методом

Розраховуємо елементи режимів різання при свердлуванні 4-х ступінчастих кріпильних отворів  $\text{Ø}22\text{H}9/\text{Ø}32\text{H}9$ .

Маршрут оброблення отворів складається із наступних переходів: свердлування  $\text{Ø}16$  на глибину  $l=35\text{мм}$ , розсвердлювання до  $\text{Ø}22^{+0,052}$  теж на всю глибину і зенкерування отвору до  $\text{Ø}32^{+0,052}$  на глибину 23мм.

Розглянемо режими різання при свердлуванні отвору  $\text{Ø}16\text{мм}$ .

Різальний інструмент: свердло спіральне Ø16мм з робочою частиною із швидкорізальної сталі Р6М5 ДСТУ (ГОСТ) 19265-73. Кути заточування свердла:  $2\varphi=118^{\circ}$ ,  $\psi=55^{\circ}$ ,  $\alpha=11^{\circ}$ ,  $\omega=30^{\circ}$  [5].

Призначаємо режими різання:

Глибина різання:

$$t = \frac{D}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ мм.}$$

(2.8)

Подача:  $s=0,33$  мм/об. [4].

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_V, \quad (2.9)$$

де  $C_V$ ,  $q$ ,  $y$ ,  $m$  - коефіцієнти і показники степені,  
 $C_V = 9,8$ ;  $q = 0,4$ ;  $y = 0,5$ ;  $m = 0,2$ ; [4];

$T$  – стійкість свердла [4]

$K_V$  - загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_V = K_{Mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{lv}, \quad (2.10)$$

де  $K_{Mv}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання [4]:

$$K_{Mv} = K_z \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^n, \quad (2.11)$$

тут  $\sigma_B=500$  МПа [2];

$K_z$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі за оброблюваністю,  
 $K_z=1,0$  [2];

$n$  - показник степені [2].

$$K_{Mv} = 1 \cdot \left( \frac{750}{500} \right)^{1,75} = 2,03.$$

$K_{lv}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання,  $K_{lv}=1,0$  [2];

$K_{lv}$  – поправочний коефіцієнт, на глибину свердлування,  $K_{lv} = 1$  [2].

$$K_v = 1 \cdot 2,03 \cdot 1 = 2,03.$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 16^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,33^{0,5}} 2,03 \approx 24 \text{ м/хв};$$

Частота обертання шпинделя:  $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 24}{3,14 \cdot 16} = 477,7 \text{ об/хв};$

Обертний момент:

$$M_{об} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{Mp}, \text{ Н.м} \quad (2.12)$$

де  $C_m, q, y$  - коефіцієнти і показники степені,  $C_m=0,0345; q=2; y=0,8$  [4];

$K_{Mp}$  - коефіцієнт, що враховує фактичні умови оброблення:

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.13)$$

де  $n$  – показник степені,  $n = 1$  [4].

$$K_{Mp} = \left( \frac{500}{750} \right)^1 = 0,66.$$

$$M_{об} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16^2 \cdot 0,33^{0,8} \cdot 0,66 = 24 \text{ Н м};$$

Осьова сила при свердлуванні:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{Mp}, \quad (2.14)$$

де  $C_p, q, y$  – коефіцієнт і показники степені,  $C_p=68; q=1; y=0,7$ . [4].

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 16^1 \cdot 0,33^{0,7} \cdot 0,66 = 3304,7 \text{ Н}.$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{об} \cdot n}{9700}, \quad (2.15)$$

Потужність, що витрачається на різання:

$$N_{pis} = \frac{24 \cdot 477,7}{9700} = 1,18 \text{ кВт};$$

Для забезпечення нормальної роботи верстата необхідне дотримання умови  $N_{різ} \leq N_{об} \eta > N_{ун}$ .

Згідно даних паспорту верстата  $N_{об} = 5,5 \text{кВт}$ ;  $\eta = 0,8$ , [4].

$N_{ун} = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{кВт}$ , тобто,  $1,18 < 4,4$ , отже умова виконується і оброблення можливе.

### 2.7.2 Призначення режимів різання на всі інші операції

Режими різання на всі інші операції технологічного процесу приймаємо за даними таблиць загальних машинобудівних нормативів режимів різання для технічного нормування робіт на металорізальних верстатах [4] з використанням поправочних коефіцієнтів, які враховують дійсні умови різання.

Прийняті режими різання наведені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Режими різання на операціях технологічного процесу

Назва операції, переходу, позиції	$t$ , мм	$\frac{l_{\text{різ}}}{l_{\text{п.к}}}$ , мм	$\frac{T_m}{T_p}$ , ХВ.	$\frac{S_p}{S_{np}}$ , мм/об (мм/зуб)	$\frac{n_p}{n_{np}}$ , об/ХВ.	$\frac{V_p}{V_{np}}$ , м/ХВ.	$S_{\text{хв.}}$ мм/ХВ.	$t_o$ , ХВ.	$\frac{N_{\text{эф}}}{N_o}$ , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005 Токарно-гвинторізна									
1. Підрізати торець 1 попередньо.	2,0	22,9/28	60/60	0,4/0,4	368,4/315	135/115,4		0,44	3,8/15
2. Підрізати торець 20 попередньо.	2,0	34,9/40	60/60	0,35/0,35	263,4/250	135/128,12	-	0,81	
3. Обточити поверхню 9 попередньо.	2,0	23/28	60/60	0,4/0,4	346,16/315	135/122,84		0,48	
010 Токарно-гвинторізна									
1. Підрізати торець	2,0	17,3/23	60/60	0,4/0,4	410,6/400	135/131,5	-	0,42	2,4/ 15
2. Проточити циліндричну поверхню 3 до початку вуха.	2,0	78/84	60/60	0,4/0,4	364,35/315	135/116,71		1,25	
015 Токарна з ЧПК									
1. Обточити поверхню 9 з підрізанням торців 1, 20 попередньо.	1,6	77/85	60/60	0,4/0,4	342,6/342	135/131	136,8	0,9	5,6/ 10
2. Розточити поверхню 12 попередньо.	2,0	87/93	60/60	0,4/0,4	414,6/414	112,5/ 112,3	165,6	1,3	
3. Розточити поверхню 12 попередньо.	1,2	88/93	60/60	0,4/0,4	403,5/403	112,5/ 112,3	161,2	1,7	
4. Обточити поверхні 9, 11									

з підрізанням торців, витримуючи розміри $\varnothing 120h7, 22^{+0,2}$ остаточно.	0,6	81/89	60/60	0,3/0,3	386,94/386	145,8/ 145,4	115,8	2,8	
5. Розточити поверхню 12, витримуючи розміри $\varnothing 90H8, 87\pm 0,1$ .	0,6	87/96	60/60	0,3/0,3	430/430	121,5/ 121,5	129	2,1	
6. Проточити канавку, витримуючи розміри 12, $\varnothing 110,8h9, 7H13$ .	5,0	5/10	60/60	0,4/0,4	297/297	102,6/ 102,6	118,8	0,21	
020 Токарна ЧПК.									
1. Розточити поверхні 14, 13 начорно.	2,0	80/87	60/60	0,4/0,4		376/376	108/108	182,8	2,05
2. Розточити внутрішній контур до $\varnothing 95H8$ і поверхні 13, витримуючи розмір $\varnothing 85^{+0,2}$ попередньо.	1,2	76/85	60/60	0,4/0,4		366,6/366	108/107,7	146,4	1,9
3. Розточити внутрішній контур, витримуючи розміри $\varnothing 95H8, 60_{-0,1}, \varnothing 101\pm 0,1, 18\pm 0,2$ начисто.	0,6	75/84	60/60	0,3/0,3		452,56/452	135/134,8	135,6	2,3
	2,0	2/7				407,3/407	121,5/121,3		0,1
	1,0	18/25	60/60	0,3/0,3		277,75/277	84,6/84,58	122,1	0,3
4. Нарізати фаску $2\times 45^\circ$ .	1,0	18/25				272,14/272	84,4/84,54		0,3
5. Нарізати різьбу M100 на довжину L=18мм.	0,5	18/25	60/60	2,0/2,0		341,08/341	107,1/107	554	0,19

025 Вертикально-свердлильна з ЧПК										
1. Свердлити отвори Ø16 по периметру, витримуючи розмір 108±0,2.	8,0	140/164	45/45	0,3/0,25	240/250	18,8/19,6	63	2,7	2,5/ 3,7	
2. Розсвердлити отвір Ø16 і зенкерувати, одночасно витримуючи розміри Ø22, Ø32, 23.	5,0	140/164	45/45	0,3/0,25	187/160	18,8/16,1	40	4,11		
030 Вертикально-фрезерна з ЧПК										
Фрезерувати вибірку 50×50.	5,0	146/151	150/150	0,05/0,06	425,63/425	6,73/26,7	102	3,8	1,4/7,5	
035 Вертикально-фрезерна										
Фрезерувати вухо витримуючи розміри 20, 28.	5,0	58/65	150/150	0,04/0,04	283,7/250	26,73/23,55	40	2,6	2,3/7,5	
040 Радіально-свердлильна										
1. Свердлити отвори Ø16,5.	8,25	17/25	45/45	0,3/0,25	240/250	18,8/19,6	62,5	1,3	2,6/ 5,5	
2. Свердлити отвір Ø11,5.	5,75	22/25	45/45	0,4/0,45	271/250	31,2/29,4	106	1,0		
3. Свердлити отвір Ø13.	6,5	20/25	45/45	0,4/0,45	260/250	28,7/27,5	100	1,1		
4. Зенкерувати отвір К1/2".	2,0	75/25	45/45	0,22/0,25	232,4/200	19,4/21,6	54	0,6		

045 Радіально-свердлильна.											
	1,0	1/4	45/45	0,8/0,8	298/250	18,5/15,5	200	0,35	1,2/5,5		
1. Обробити фаску.											
2. Нарізати різь K1/2".	0,5	16/18	90/90	0,8/1	230/200	25,7/21,2	200	1,8			
3. Нарізати різь M12.	0,5	22/25	90/90	0,8/1	209/200	7,23/6,94	181	1,73			
055 Вертикально свердлильна.											
1. Свердлити отвір K1/8".	3,0	11,5/16	15/15	0,15/0,2	2116/2000	15,2/14,6	387	0,8	1,6/ 4,0		
2. Обробити фаску.	0,5	1/4	45/45	0,15/0,2	215/200	7,8/7,3	200	0,14			
3. Нарізати різьбу K1/8".	0,5	8/11	90/ 90	1,3/1,3	217/200	7,91/7,45	196	0,8			
060 Плоскошліфувальна.											
1. Шліфувати торець 1, витримуючи розмір 162 <sub>-0,05</sub> .	0,2	-	-	0,02/ 0,02	14,78/140	1330/ 1330	0,16	2,43	0,15/ 10		

## 2.8 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій [6]

Проводимо детальні розрахунки для операції 005 Токарно-гвинторізна. У дрібносерійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$t_{ум-к} = t_o + t_\delta + t_{обс} + t_{відп} + \frac{T_{n-3}}{n}, \quad (2.16)$$

де  $t_o$  - основний час,  $t_o = 1,71$ хв.;

$t_\delta$  - допоміжний час;

$t_{yc}$  - на установку і знімання деталі,  $t_{yc} = 0,12$ хв.;

$t_{yn}$  - на управління верстатом,  $t_{yn} = 0,06$ хв.;

$t_{вим}$  - на вимірювання деталей,  $t_{вим} = 0,19$ хв.;

$t_{он} = t_o + t_\delta$  - оперативний час;

$t_{mex}$  - на технічне обслуговування робочого місця,  $t_{mex} = 0,063$ хв.;

$t_{орз}$  - на організаційне обслуговування робочого місця,  $t_{орз} = 0,05$ хв.;

$t_{відп}$  - час на відпочинок і особисті потреби робітника,  $t_{відп} = 0,125$ хв.;

$t_{ум}$  - штучний час на операцію,  $t_{ум} = 2,318$ хв.;

$T_{n-3}$  - підготовчо-заклучний час,  $T_{n-3} = 0,06$ хв.;

$t_{ум-к}$  - штучно-калькуляційний час.  $t_{ум-к} = 2,378$ хв.

$$n = \frac{N}{D} \cdot a = \frac{500 \cdot 20}{254} = 40 \text{ шт.}, \quad (2.17)$$

тут  $N$  – програма випуску деталей,  $N = 500$  деталей/рік.

$a$  - періодичність запуску партії деталей,  $a = 3 \dots 24$  дні, прийmemo  $a = 20$ ;

$D$  – кількість робочих днів на рік,  $D = 254$  дні.

$$t_{ум-к} = 1,71 + 0,19 + 0,063 + 0,125 + \frac{0,06}{40} = 2,378 \text{ хв.}$$

Для інших операцій нормування часу проводимо за аналогічною методикою [6] і їх результати зводимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 - Норми часу на операціях технологічного процесу

Номер операції	Основний час $t_o$ , хв.	Додатковий час, хв.			Оперативний час, $t_{оп}$ , хв	Час на обслуговування, $t_{обс}$ , хв	Час на перерви та відпочинок, $t_{відп}$ , хв	Штучний час, $t_{шт}$ , хв	Підготовчо-заключний час, $T_{п.-з}$ , хв	Штучно-калькуляційний час, $t_{шт.-к}$ , хв
		Час на установку і зняття деталі, $t_{уст}$	Час на переходи, $t_{пер}$	Час на вимірювання деталі, $t_{вим}$						
005	1,71	0,12	0,06	0,19	2,08	0,063	0,05	0,125	2,318	2,378
010	1,67	0,12	0,06	0,19	2,0	0,064	0,048	0,14	2,252	2,312
015	11,86	0,08	0,06	0,09	12,09	0,455	0,29	0,864	13,681	13,761
020	16,26	0,12	0,08	0,09	16,55	0,759	0,397	0,993	18,699	18,779
025	6,81	0,21	0,08	0,11	7,21	0,295	0,173	0,4326	8,111	8,191
030	3,80	0,12	0,08	0,11	4,11	0,291	0,099	0,2466	4,747	4,827
035	2,60	0,08	0,08	0,17	2,93	0,147	0,188	0,205	3,47	3,53
040	4,0	0,08	0,08	0,07	4,23	0,227	0,144	0,296	4,897	4,957
045	3,88	0,08	0,11	0,11	4,18	0,22	0,1	0,251	4,751	4,811
055	1,74	0,08	0,06	0,11	1,99	0,1	0,048	0,119	2,256	2,316
060	2,43	0,08	0,06	0,11	2,68	0,138	0,064	0,161	3,043	3,103

## РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

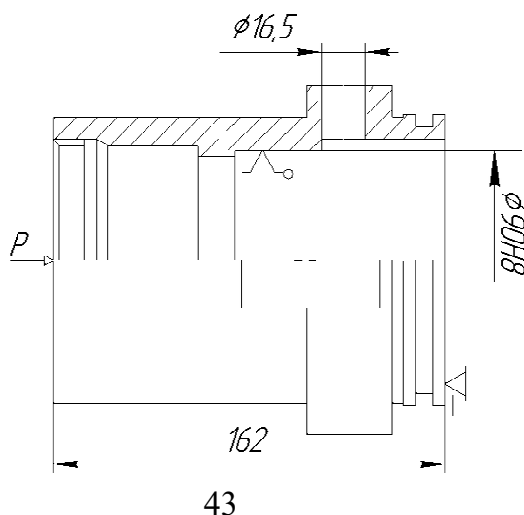
### 3.1 Проектування пристрою для операції 040 Радіально-свердлувальна

#### 3.1.1 Призначення пристрою і схема базування деталі в ньому

Пристрій призначений для свердлування отвору під різь та нарізання різі в деталі „Корпус ДК 3330Ф1.311” на операції 040 Радіально-свердлувальна на верстаті з мод. 2М55. Пристрій одномісний з пневматичним приводом.

Деталь встановлюється в пристрій на палець по внутрішньому діаметру  $\varnothing 90H8$ . В окружному напрямку деталь орієнтується за допомогою зрізаного пальця, який встановлюється в отвір  $\varnothing 22\text{мм}$ . Таким чином як установочна база виступає торець деталі, тобто, поверхня  $\varnothing 90h8$ , подвійною опорною базою є  $\varnothing 90h6$ , а в ролі опорної бази вибрана поверхня  $\varnothing 22$ . Загалом на деталь накладається шість зв'язків, тим самим позбавляючи її шести ступенів вільності [7].

Схема базування деталі в пристрої наведена на рисунку 3.1.



### Рисунок 3.1 - Схема базування оброблюваної деталі в пристрої

#### 3.1.2 Розрахунок сили затиску деталі в пристрої

Розрахунок сили затиску пристрою  $W$ , що прикладається до оброблюваної деталі по торцевій поверхні, ведемо, виходячи із максимального значення сили різання, що виникає при свердлуванні отвору, так як при нарізанні різи вона значно менша.

Розрахункова схема для визначення затискної сили пристрою  $W$ , зображена на рисунку 3.2.

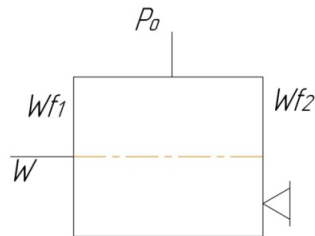


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема для визначення сили затиску  $W$

Величину сили затиску визначаємо за формулою:

$$W = \frac{P_o \cdot K}{f_1 + f_2} \quad (3.1)$$

де  $P_o$  – осьова сила різання, Н; величину  $P_o$  приймаємо із попередніх розрахунків,  $P_o = 2182$  Н (див. п. 2.7.1);

$K$  – коефіцієнт запасу; значення  $K$  визначаємо за формулою:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.2)$$

де  $K_0$  – гарантований коефіцієнт запасу,  $K_0 = 1,5$ ;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання із-за випадкових нерівностей заготовки,  $K_1 = 1,2$  [7];

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання від затуплення різального інструменту,  $K_2 = 1$  [7];

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує умови оброблення при переривистому різанні,  $K_3 = 1$  [7];

$K_4$  – коефіцієнт, що характеризує похибку затискного механізму пристрою,  $K_4 = 1$  [7];

$K_5$  – коефіцієнт, що характеризує ступінь комфортності розміщення ручок керування пристроєм,  $K_5 = 1$  [7];

$K_6$  – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, які хочуть повернути заготовку на опорах,  $K_6 = 1,5$  [7];

$$\text{Тоді} \quad K = 1.5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.5 = 2,7;$$

$f_1, f_2$  – коефіцієнти тертя,  $f_1 = f_2 = 0,2$ .

$$W = Q = \frac{2.7 \cdot 2182}{0.2 + 0.2} = 14728,5 \text{ Н.}$$

Так як пристрій оснащений пневмоприводом, то основним його елементом є пневмоциліндр. Визначаємо діаметр пневмоциліндра: сила, яка діє на поршень  $Q$  рівна силі затиску деталі в пристрої, тобто,  $Q = W$ .

$$\text{З іншого боку} \quad Q = p(S - S_1) \cdot \eta, \quad (3.3)$$

де  $p$  – робочий тиск в пневмомережі,  $p = 0,4$  МПа;

$S$  – площа поперечного перетину поршня;

$S_1$  – площа поперечного перетину штока;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра,  $\eta = 0,9$

$$S - S_1 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}, \text{ тоді} \quad W = p \cdot \eta \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}.$$

Приймаємо діаметр штока  $d = 40$  мм, звідки  $\frac{4 \cdot W}{p \cdot \eta \cdot \pi} = D^2 - d^2$ , або

$$D = \sqrt{\frac{4W}{p \cdot \eta \cdot \pi} + d^2}, \quad (3.4)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 14728,5}{0,4 \cdot 0,85 \cdot 3,14} + 40^2} = 237 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр циліндра  $D = 250$  мм.

3.1.3 Перевірочний розрахунок на міцність найбільш навантажених деталей пристрою

Розрахунок діаметра різі болтів, які кріплять кришку пневмоциліндра.

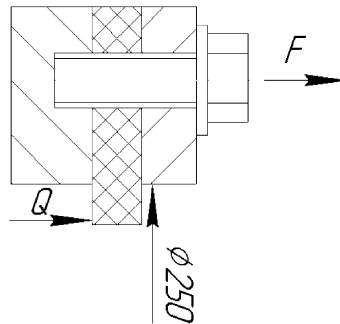


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема

З попередніх розрахунків маємо  $Q_p = 14728,5$ Н. Ця сила діє на кришку пневмоциліндра за умови, що тиск в пневмомережі найбільший і дорівнює  $p_n = 0,63$  МПа. Число болтів  $z = 12$ , матеріал болтів – сталь класу 5.6, матеріал прокладки – гума.

Для різьбових з'єднань коефіцієнт запасу міцності  $[St] = 4,5$  і діаметр різі лежить на проміжку 6...16мм, межа текучості для матеріалу болтів  $\sigma_T = 300$ МПа.

Допустима напруга на розтяг

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{S} = \frac{300}{4,5} = 66,7 \text{ МПа} \quad (3.5)$$

Навантаження на один болт складе:

$$F = \frac{Q_p}{Z} = \frac{14728,5}{12} = 1227,37 \text{ Н.} \quad (3.6)$$

Для герметичності з'єднання болтів встановлюють з попереднім затягуванням при складанні. Враховуючи гумову прокладку, приймаємо коефіцієнт  $\chi = 0,45$ . При постійному навантаженні коефіцієнт запасу попереднього затягування  $K_{зат} = 1,75$ .

Сила попереднього затягування буде:

$$F_0 = K_{зат}(1 - \chi) \cdot F, \quad (3.7)$$

$$F_0 = 1.75(1 - 0.45) \cdot 1227,7 = 1181,6 \text{ Н.}$$

$$F_{розр} = 1.3 \cdot F_0 + \chi \cdot F, \quad (3.8)$$

Сила, що розтягує тіло болта визначиться як

$$F_{розр} = 1.3 \cdot 1181,6 + 0.45 \cdot 1227,7 = 2088,5 \text{ Н.}$$

Розрахунковий діаметр болта

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{розр}}{\pi \cdot \sigma_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2088,5}{3.14 \cdot 66.7}} = 6,31 \text{ мм.} \quad (3.9)$$

Приймаємо різь М8.

#### 3.1.4. Розрахунок пристрою на точність

Точність оброблення в даному пристрої досягається, якщо справедлива умова [7]:

$$\varepsilon_{дон} \geq \varepsilon_y, \quad (3.10)$$

де  $\varepsilon_{дон}$  – допустима похибка;

$\varepsilon_y$  – похибка установки.

Похибка базування в пристрої рівна

$$\varepsilon_{\delta} = \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta, \quad (3.11)$$

де  $\delta_1$  – допуск на діаметр отвору  $\varnothing 90H8$ ,  $\delta_1 = 0,054$ мм;

$\delta_2$  – допуск на діаметр пальця  $\varnothing 90h6$ ,  $\delta_2 = 0,022$ мм;

$\Delta$  – мінімальний радіальний зазор посадки,  $\Delta = 0$ .

$$\varepsilon_{\delta} = 0.054 + 0.022 = 0.076 \text{ мм.}$$

Похибка закріплення в даному випадку дорівнює  $\varepsilon_3 = 0,04$  мм.

Визначаємо похибку, яка характеризує неточність положення установочних елементів пристрої  $\varepsilon_{np}$ :

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_{3H}^2 + \varepsilon_{\phi}^2}, \quad (3.12)$$

де  $\varepsilon_B$  – похибка виготовлення установочних елементів,  $\varepsilon_B \leq 0,01 \dots 0,05$ ,  
приймаємо  $\varepsilon_B = 0,005$ мм;

$\varepsilon_{3H}$  – похибка зношування установочних елементів,  $\varepsilon_{3H} = 0$ ;

$\varepsilon_{\phi}$  – похибка фіксації пристосування на верстаті,  $\varepsilon_{\phi} = 0,01$ мм.

(рекомендовано  $\varepsilon_{\phi} \leq 0,01 \dots 0,02$ мм.)

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0.005^2 + 0^2 + 0.01^2} = 0.0111 \text{ мм.}$$

Похибка установки:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0.029^2 + 0.04^2 + 0.0111^2} = 0.05 \text{ мм.}$$

Допустима похибка пристрою:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = TH - K \cdot \omega, \quad (3.13)$$

де  $TH$  – допуск на технічну вимогу – симетричність розташування отвору  $\varnothing 16$  відносно отвору  $\varnothing 90H8$ ,  $TH = 0,43$  мм; [2];

$K$  – коефіцієнт,  $K = 0,7$ ;

$\omega$  – допустима точність оброблення на даному верстаті,  $\omega = 0,023$  мм/

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0.43 - 0.7 \cdot 0.023 = 0.414 \text{ мм.}$$

Отже,  $0,05 \leq 0,414$ , тобто,  $\varepsilon_y \leq \varepsilon_{don}$ , і умова виконується, тому точність оброблення деталі в пристрої забезпечена.

### 3.1.5 Описання будови і принцип роботи пристрою

Конструкція пристрою представлена на кресленнику графічної частини кваліфікаційної роботи КРМ.ФІТА.ПМ.25.03.01.00.00 СК.

Пристрій складається з основи (поз. 1), до якої прикріплений корпус пневмоциліндра (поз. 2). При повороті ручки розподільчого крана в положення затиску стиснуте повітря поступає в штокову порожнину пневмоциліндра, в результаті чого тарілки пневмоциліндра (поз. 8) разом зі штоком (поз. 12) і шайбою (поз.6) переміщуються вправо, цим самим притискаючи деталь її торцем до торцевої поверхні пальця (поз.4).

## 3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

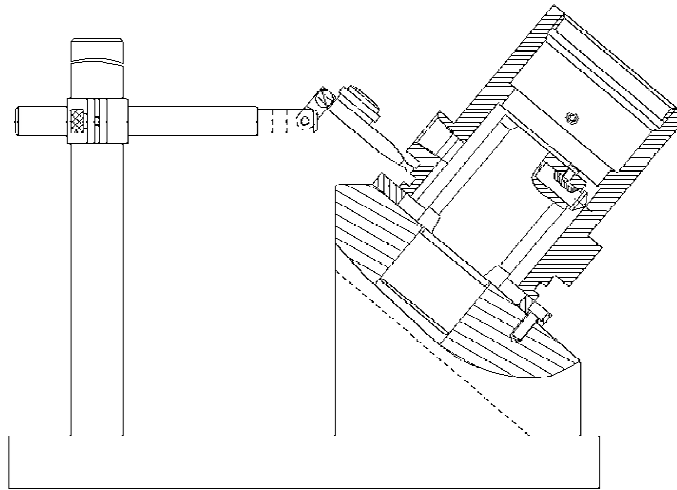
Пристрій призначений для контролю радіального биття поверхні деталі Д ( $\varnothing 120h7$ ) відносно осі поверхні В ( $\varnothing 90H8$ ), допустиме значення якого складає 0,06мм.

### 3.2.1 Розроблення схеми вимірювання

Схема вимірювання впливає з технічних вимог до деталі. Так як необхідно контролювати радіальне биття, то застосуємо схему вимірювання, представлену на рис. 3.4.

Деталь базується по отвору деталі  $\varnothing 90H8$  на зрізаній розтискній центрувальній оправці, вісь якої нахилена відносно вертикалі для зручності встановлення, обертання при вимірюванні і зняття деталі.

Індикаторна стійка за рахунок регульованого тримача індикатора дає можливість встановити ніжку індикатора для контакту з поверхнею  $\varnothing 120h7$  при обертанні деталі вручну на  $360^\circ$ .



**Рисунок 3.4 - Схема вимірювання радіального биття**

### 3.2.2 Розрахунок пристрою на точність [7]

Точність застосування контрольного пристрою оцінюємо згідно виразу:

$$\varepsilon_{\text{доп}} \geq \varepsilon_{\text{розрах}} \quad (3.14)$$

де  $\varepsilon_{\text{доп}}$  – допустима похибка базування;

$$\varepsilon_{\text{доп}} \approx 0,3 \cdot T = 0,3 \cdot 0,06 = 0,018 \text{ мм},$$

тут  $T$  – допуск на контрольований параметр;  $T = 0,06 \text{ мм}$ ;

$\varepsilon_{\text{розрах}}$  – розрахункова похибка вимірювання, що визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{розрах}} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} + \varepsilon_{\text{інд}} \quad (3.15)$$

де  $\varepsilon_{\sigma}$  – похибка базування;  $\varepsilon_{\sigma} = 0$ ;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення деталі;

$\varepsilon_{\text{виг}} = 0$ ;

$\varepsilon_{\text{пр}}$  – похибка виготовлення пристрою;

$\varepsilon_{\text{інд}}$  – похибка вимірювального приладу, мм;  $\varepsilon_{\text{інд}} = 0,01 \text{ мм}$ .

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\Phi}^2}, \quad (3.16)$$

де  $\varepsilon_B$  – похибка виготовлення установочних елементів, зазвичай  $\varepsilon_B \leq 0,01 \dots 0,05$ , приймаємо  $\varepsilon_B = 0,005$  мм;

$\varepsilon_{3H}$  – похибка зношування установочних елементів,  $\varepsilon_{3H} = 0$ ;

$\varepsilon_\Phi$  – похибка фіксації пристрою на верстаті,  $\varepsilon_\Phi = 0,01$  мм.  
(рекомендовано  $\varepsilon_\Phi \leq 0,01 \dots 0,02$  мм.)

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0.002^2 + 0^2 + 0.01^2} = 0.0101 \text{ мм.}$$

Похибка установки

$$\varepsilon_{розрах} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0.0101^2} + 0.001 = 0,0111 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{дон} = 0.018 \text{ мм} > \varepsilon_{розрах} = 0,0111 \text{ мм.}$$

Отже, даний контрольний пристрій буде надійно працювати з похибкою, яка не перевищує 0,015 мм, що задовольняє вимоги до радіального биття поверхні корпусу, що контролюється.

### 3.3. Проектування різального інструменту

Згідно завдання на кваліфікаційну роботу потрібно спроектувати спеціальний інструмент для оброблення ступінчастого отвору ( $\varnothing 22$  на глибину 12 мм і  $\varnothing 32$  глибиною  $L=23$  мм) в заготовці із сталі 35Л з границею міцності 500 МПа. Таким інструментом може бути свердло-зенкер з конічним хвостовиком із швидкорізальної сталі Р6М5.

Призначаємо діаметри частин (ступенів) інструменту: свердло  $\varnothing 22$ ; зенкер  $\varnothing 32$ .

Призначаємо режими різання [4]: подача на оберт  $s=0,33$  мм/об., швидкість різання  $V=25,5$  м/хв.

#### 3.3.1 Осьова складова сили різання:

При свердлуванні:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_o^y \cdot K_p, \quad (3.17)$$

де  $C_p, q, y$  – постійна та коефіцієнти степені,  $C_p = 67, x = 1,2, y = 0,65$  [4];

$t$  – глибина різання,  $t = 3$  мм ,

$s_o$  – подача на оберт,  $s_o = 0,33$  мм/об;

$K_p$  – коефіцієнт, що враховує фактичні умови оброблення,  $K_p = 0,67$  [4];

При зенкеруванні:

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 5^{1,2} \cdot 0,33^{0,65} \cdot 0,67 = 1506,42 \text{ Н.}$$

При розсвердлюванні:

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 3^{1,2} \cdot 0,33^{0,65} \cdot 0,67 = 816,07 \text{ Н.}$$

3.3.2

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot K_p, \quad \text{Визначаємо}$$

крутний момент:

(3.18)

де  $C_m, q, x, y$  – постійна та коефіцієнти степені,  $C_m = 0,09; q = 1; x = 0,9; y = 0,8$  [4];

$s_o$  – подача,  $s_o = 0,3$  мм/об;

$D$  – діаметр свердла,  $D = 22$  мм;

$t$  – глибина різання,  $t = 5$  мм;

$K_p$  – коефіцієнт, що враховує фактичні умови оброблення,  $K_p = 0,66$  [4].

Визначаємо крутний момент, що діє від частини зенкера:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 32^1 \cdot 5^{0,9} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,67 = 33,83 \text{ Н м;}$$

Визначаємо крутний момент, що діє від частини свердла:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 22^1 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,67 = 14,68 \text{ Н м.}$$

### 3.3.3 Визначаємо номер конуса Морзе хвостовика

Осьову складову сили різання  $P_x$  можна розкласти на дві:

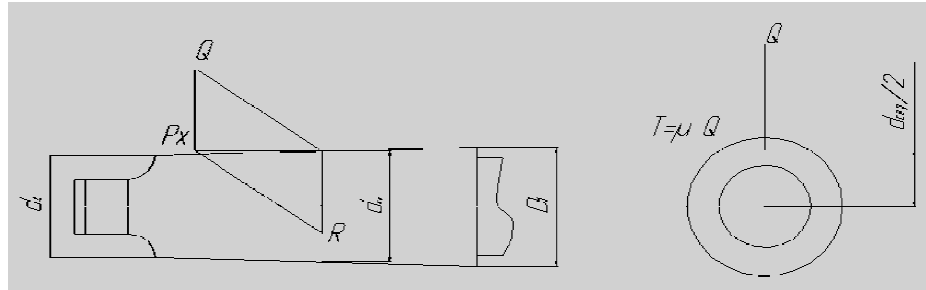
$Q$  – сила, що діє нормально до твірної конуса,

$$Q = P_o / \sin \theta, \quad (3.19)$$

де  $\theta$  – кут конуса хвостовика.

$P_o$  – сила, що діє в радіальному напрямку і урівноважує реакцію на протилежній точці поверхні конуса хвостовика.

Сила  $Q$  є дотичною складовою сили різання (див. рис. 3.5).



**Рисунок 3.5 - Схема дії сили різання при свердлуванні**

$$T = \mu \cdot Q = \mu \cdot P_o / \sin \theta \quad (3.20)$$

тут  $\mu$  – коефіцієнт тертя поверхні конуса об стінки втулки.

Момент тертя між хвостовиком і втулкою визначається за формулою:

$$M_{тер} = \frac{\mu \cdot P_o \cdot (D + d)}{4 \sin \theta} (1 - 0,04 \cdot \Delta \theta) \quad (3.21)$$

Прирівняємо момент тертя до максимального моменту сил опору різанню, тобто, до моменту, що виникає при роботі затупленим свердлом, який збільшується до 3-х разів у порівнянні з моментом при нормальній роботі свердла. У цьому випадку момент складається із суми моментів, що діють від спільної роботи частини свердла і частини зенкера, тобто,  $M_{кр} = 13,4 + 194,85 = 208,25$  Н м.

Отже, 
$$3M_{тер} = T_p = \frac{\mu \cdot P_o \cdot (D + d)}{4 \sin \theta} (1 - 0,04 \cdot \Delta \theta) \quad (3.22)$$

Середній діаметр конуса хвостовика:

$$d_{cp} = \frac{D + d}{2} \quad (3.23)$$

$$\text{або} \quad d_{cp} = \frac{6M_{кр} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_x (1 - 0.04 \Delta \theta)} \quad (3.24)$$

де  $M_{кр}$  момент сил опору різання,  $M_{кр} = 48,51$  Н м;

$P_o$  - осьова складова сили різання,  $P_o = 2322,49$  Н,

$\mu$  – коефіцієнт тертя сталі по сталі,  $\mu = 0,096$ ,

$\theta = 1^\circ 30'$ ,  $\sin \theta = 0,02618$ ;

$\Delta \theta$  – відхилення кута конуса,  $\Delta \theta = 5'$ .

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot 48,51 \cdot 0,02618}{0,096 \cdot 2322,5(1 - 0,1)} = 37,9 \text{ мм};$$

Згідно даних [5] вибираємо конус Морзе №5 з лапкою. Його розміри:  $D = 44,7$  мм,  $d_{x2} = 36,5$  мм,  $l = 156$  мм, величина конусності  $1 : 19,002 = 0,05263$ .

3.3.4 Розраховуємо довжину інструменту:

- загальна довжина інструменту  $l = 255$  мм;
- довжина свердла  $l_1 = 90$  мм;
- довжина зенкера  $l_2 = 55$  мм;
- довжина хвостовика і шийки  $l_3 = 315,5$  мм;
- діаметр шийки приймаємо рівним діаметру зенкера  $d_1 = 32$  мм.

3.3.5 Вибираємо конструктивні і геометричні параметри робочих частин інструменту для частини свердла:

- форма заточування подвійна з підрізанням передньої крайки і стрічки;
- кут нахилу гвинтової канавки  $\omega = 30^\circ$ ;
- кут між ріжучими крайками  $2\varphi = 118^\circ$ ; задній кут  $\alpha = 11^\circ$ .

Крок гвинтової канавки:

$$d_{cp} = \pi D / \operatorname{tg} \omega = 3,14 \cdot 22 / \operatorname{tg} 30^\circ = 120 \text{ мм}. \quad (3.25)$$

3.3.6 Товщину,  $d_c$ , серцевини свердла вибираємо в залежності від діаметра свердла. Товщина серцевини свердла  $d_c = 0,2D$ , тоді  $d_c = 0,2 \cdot 22 = 4,4$  мм.

Потовщення серцевини у напрямі до хвостовика складає 1,4...1,8 мм на 100 мм довжини робочої частини свердла. Приймаємо це потовщення рівним 1,6 мм.

### 3.3.7 Обернена конусність свердла:

Для зменшення тертя при заглибленні в отвір свердло виготовляють із зворотнім конусом, тобто, його діаметр по напрямних стрічках у напрямку до хвостовика зменшується в межах 0,03...0,12 мм на 100 мм довжини свердла.

Вибираємо зменшення діаметра робочої частини рівним 0,08 мм на 100 мм його довжини.

### 3.3.8 Ширина і висота стрічки (допоміжної задньої поверхні леза):

$$t = 0,05...0,07D; h = 0,02...0,03D.$$

Згідно даних [5]  $t = 1,6$  мм,  $h = 0,7$  мм.

Ширина пера свердла  $B = 0,58 D$ ;  $B = 0,58 \cdot 22 = 12,76$  мм.

Кут нахилу перемички  $\psi = 55^\circ$ , [5].

3.3.9 Вибираємо конструктивні і геометричні параметри робочих частин інструменту частини зенкера:

- кут нахилу гвинтової канавки  $\omega$ , для зенкерів із швидкорізальної сталі, для оброблення сталі  $\omega = 10^\circ...15^\circ$ , приймаємо  $\omega = 15^\circ$ .

- задній кут  $\alpha$  різальної частини приймають  $8^\circ...10^\circ$ , приймаємо  $\alpha = 10^\circ$ ;

- крок гвинтової канавки:

$$H = \pi \cdot D \cdot \operatorname{ctg} \omega = 3,14 \cdot 32 \cdot \operatorname{ctg} 15^\circ = 27 \text{ мм} \quad (3.26)$$

- число зубців  $z$  для зенкерів діаметром 10...35 мм,  $z = 3$ ;

- ширина і висота стрічки  $f$  і  $t$  відповідно  $f = 1,8$  мм,  $t = 0,8$  мм, [3], табл. 5;

- діаметр серцевини зенкера  $d_c$  визначаємо як:

$$d_c = 0,46 D = 0,46 \cdot 32 = 14,72 \text{ мм}; \quad (3.27)$$

- ширина зуба  $F$ :

$$F = 0,47 D = 0,47 \cdot 32 = 15,04 \text{ мм.} \quad (3.28)$$

3.3.10 Геометричні елементи профіля фрези для фрезерування канавки свердла

Елементи профілю фрези визначаємо аналітичним методом:

Більший радіус профілю визначають як

$$R_o = C_R \cdot C_M \cdot C_\phi \cdot D, \quad (3.29)$$

де

$$C_R = \frac{0,026 \cdot 2\phi \cdot \sqrt[3]{2\phi}}{\omega} = \frac{0,026 \cdot 118 \cdot \sqrt[3]{118}}{30} = 0,493;$$

(3.30)

$$C_M = \left( \frac{0,14 \cdot D}{d_c} \right)^{0,044} = \left( \frac{0,14 \cdot 22}{4,4} \right)^{0,044} = 0,98; \quad (3.31)$$

$$C_\phi = \left( \frac{13\sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{0,9}, \text{ де } D_\phi - \text{діаметр фрези. При } D_\phi = 13\sqrt{D}, C_\phi = 1.$$

Отже,  $R_o = 0,439 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 22 = 9,46 \text{ мм.}$

Менший радіус профіля:

$$R_k = C_k \cdot D, \quad (3.32)$$

де  $C_k = 0,015 \cdot \omega^{0,75} = 0,015 \cdot 22^{0,75} = 0,152;$

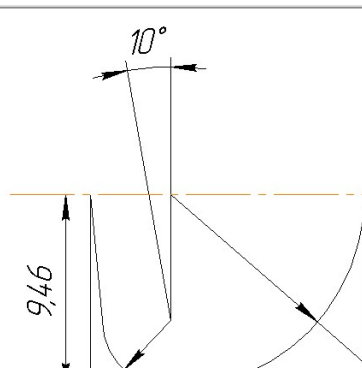
Отже,  $R_k = 0,152 \cdot 22 = 3,334 \text{ мм.}$

Ширина профілю визначиться як:

$$B = R_o + R_k = 9,46 + 3,334 = 12,794 \text{ мм.} \quad (3.33)$$

3.3.11 За визначеними вище розмірами будуємо профіль канавкової фрези.

Профіль канавкової фрези показаний на рисунку 3.6.



**Рисунок 3.6 - Профіль фрези для канавки свердла**

3.3.12. Встановлюємо основні технічні вимоги і допуски на розміри інструменту.

Граничні відхилення діаметрів свердла і зенкера  $D_{св.} = 22h9$ ,  $D_{зенк.} = 32h9$ . Допуск на загальну довжину і довжину робочої частини інструменту рівний подвійному допуску 14-го квалітету із симетричним розташуванням полів відхилень ( $\pm IT 14/2$ ) за ДСТ 25347-82. Граничні відхилення розмірів конуса хвостовика встановлюють згідно ДСТ 2848-75.

Радіальне биття робочої частини свердла відносно осі хвостовика не має перевищувати 0,15мм. Кут заточування  $2\varphi = 118 \pm 0,2$ , кут нахилу гвинтової канавки  $\omega = 30^\circ - 2^\circ$ .

## **РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ**

### **Лазерне загартування інструменту із швидкорізальних сталей з попереднім хіміко-термічним обробленням**

Серед відомих методів підвищення стійкості різального інструменту перспективними є методи хіміко-термічного і поверхневого лазерного оброблення. Попередні результати дослідження стійкості різального інструменту зі швидкорізальної сталі, які пройшли лазерне загартування поверхні після попереднього термічного оброблення (відпалу, загартування і трикратного відпуску) і карбонітрації, наведені в роботі [8].

Дослідження проводили на зразках та інструменті з різних швидкорізальних сталей, які обробляли за допомогою імпульсних твердотільних або безперервних CO<sub>2</sub>-лазерів. Оплавлення на поверхні не допускалося. Мікроструктуру сталей після лазерного оброблення досліджували з використанням оптичного мікроскопа Neophot фірми Carl Zeiss Jena (Німеччина) і електронного мікроскопа Camscan-4VD (Великобританія). Мікротвердість вимірювали з допомогою приладів ТП-7р-1 і ПМТ-3. Зносостійкість сталей визначали при терті циліндричних зразків діаметром 12мм, кінці яких були

заточені на конус. На торцях зразків була загартована лазером площинка діаметром 0,8...0,85мм, що контактувала з контртілом. Порівняльні випробування на зносостійкість проводили на фрезерувальних верстатах за стандартною методикою.

Витрати енергії при лазерному обробленні оцінювали за величиною питомої енергії випромінювання  $E_1 = P / (v_{л.о.} \cdot d)$ , де  $P$  - потужність випромінювання в кВт;  $v_{л.о.}$  - швидкість лазерного оброблення в м/хв.;  $d$  - діаметр лазерної плями в мм.

В експериментах застосовувалась питома енергія  $E_1=10$ Дж/мм<sup>2</sup>. Зміну мікротвердості по глибині зони лазерного впливу (ЗЛВ) визначали на плоских зразках зі сталей марок Р6М5 і Р6М5К5, що пройшли попереднє загартування і трикратний відпуск, та зі сталі Р18, які піддавались попередньому відпалу. З рисунка 4.1 видно, що при лазерному загартуванні попередньо відпаленої сталі Р18 її найбільша мікротвердість у ЗЛВ складала величину HV7100...9000МПа, що нижче, ніж після звичайного загартування та наступного трикратного відпуску, а глибина  $h$  ЗЛВ із такою мікротвердістю була меншою 0,1 мм.

Збільшення енергії  $E_s$  при лазерному загартуванні відпалених швидкорізальних сталей при зниженні швидкості оброблення або збільшенні потужності випромінювання супроводжується зростанням залишкових напружень стискання та кількості залишкового аустеніту в поверхневому шарі, що призводить до підвищення мікротвердості. Таким чином, можна зробити висновок, що при лазерному загартуванні відпалених швидкорізальних сталей процеси фазових перетворень аналогічні процесам, які відбуваються при звичайному об'ємному загартуванні.

Підвищення мікротвердості може бути забезпечене частковим розчиненням карбідів для насичення твердого розчину, причому оптимальна частка розчинених карбідів має становити приблизно 30%. Подальше розчинення карбідів при збільшенні енергії  $E_s$  може призвести до утворення в ЗЛВ значної кількості залишкового аустеніту і до зниження мікротвердості. Тому на графіках

залежностей мікротвердості від режиму оброблення є максимум, що відповідає оптимальній частці розчинних карбідів.

Лазерне загартування сталей Р6М5 і Р6М5К5, які пройшли попереднє загартування і трикратний відпуск, призводить до підвищення мікротвердості до HV7900...10200МПа (див. рис. 4.1), і така мікротвердість зберігається до межі ЗЛВ із вихідною структурою, тобто, навіть у тих мікрообсягах, які нагрілися до невисокої температури.

Очевидно, що при лазерному загартуванні попередньо загартованої та відпущеної швидкорізальної сталі варто прагнути не до розчинення карбідів і насичення твердого розчину для одержання високої твердості (це завдання було вирішене при попередньому термічному обробленні), а до переходу мартенситу відпуску в мартенсит загартування і, завдяки цьому, до підвищення мікротвердості поверхневого шару. Зі збільшенням енергії  $E_s$  розчинення карбідів, особливо дрібнодисперсних, може призвести до зниження мікротвердості і теплостійкості, росту зерна аустеніту та погіршення різальних властивостей інструменту, що підтвердили результати дослідження його стійкісних характеристик.

Зносостійкість сталі Р6М5 при терті конічної частини зразка по контртілу зі сталі 40Х розраховували за формулою:

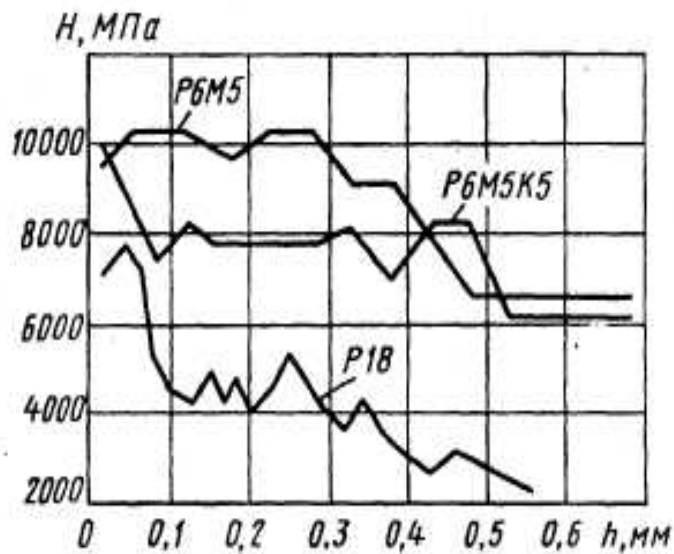
$$B = LF_{mp} / m_{mp}, \quad (4.1)$$

де  $L$  - довжина шляху тертя, м;

$F_{mp}$  - сила тертя, Н;

$m_{mp}$  - втрата зразком маси при терті, м.

Зразки піддавали загартуванню і трикратному відпуску, а потім вершину конічної частини обробляли лазером без оплавлення за режимів  $P=0,35\text{кВт}$  і  $v_{л.о.}=4; 6; 7$  і  $8$  м/хв. та  $E_s=2,6; 1,75; 1,5$  і  $1,3$  Дж/мм<sup>2</sup>. З рис. 4.2 видно, що зі зменшенням енергії  $E_s$  зносостійкість сталі зростає; її найвищі значення спостерігаються при швидкості тертя  $v_{mp}=25\text{м/хв}$ . При більших значеннях  $v_{mp}$  температура в зоні різання істотно підвищується, а зносостійкість сталі



знижується.

Рисунок 4.1 - Зміна мікротвердості  $HV$  по глибині зони лазерного впливу  $h$  для різних швидкорізальних сталей з різною попередньою термічною обробкою

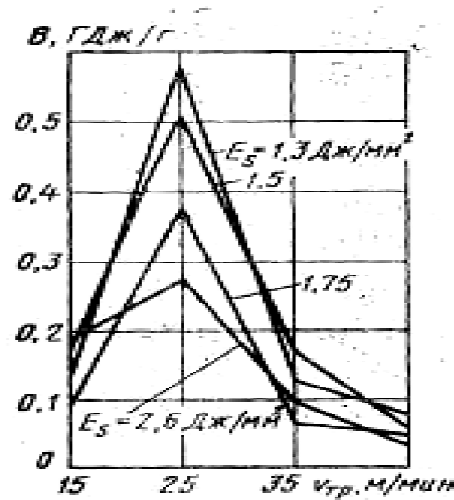


Рисунок 4.2. - Залежність зносостійкості  $B$  сталі Р6М5 після лазерного загартування від швидкості  $v_{тp}$  тертя та енергії  $E_s$

Для порівняльних випробувань зносостійкості використовували кінцеві фрези зі сталі Р6М5, що пройшли стандартну термічне оброблення (СТО) - загартування і трикратний відпуск, і кінцеві фрези, які піддавались СТО та лазерному загартуванню, що здійснювалось безперервним CO<sub>2</sub>-лазером при переміщенні фрези програмованим маніпулятором по складній траєкторії. Загартування задньої поверхні зубців фрези виконувалось за  $E_s \leq 2 \text{ Дж/мм}^2$  з метою уникнення оплавлення різальних крайок. Лазерне загартування велось за максимально можливої швидкості, щоби забезпечити найбільшу продуктивність. При  $v_{л.о} = 8 \text{ м/хв.}$  потужність лазера  $P$  змінювали в межах  $0,1 \dots 0,8 \text{ кВт}$ , що відповідало питомій енергії  $E_s = 0,25 \dots 2 \text{ Дж/мм}^2$ .

Порівняльні випробування зносостійкості кінцевих фрез проводили на універсальному фрезерувальному верстаті моделі ФУ-251 при обробленні сталі 45 за наступного режиму: швидкість різання  $V = 23,7 \text{ м/хв.}$ ; глибина різання  $t = 2 \text{ мм}$ ; ширина різання  $b = 3 \text{ мм}$ ; подача  $s_z = 0,05 \text{ мм/зуб}$ . Було встановлено, що у фрез, загартованих при енергії  $E_s = 2$  і  $0,25 \text{ Дж/мм}^2$  зношування задньої поверхні зубців  $h_3 = 0,2 \text{ мм}$  досягається протягом 25 і 64 хвилин відповідно.

Це добре узгоджується з результатами досліджень, згідно яких зносостійкість фрез, загартованих при енергії випромінювання

$E_s=1,25\dots2\text{Дж/мм}^2$ , нижча зносостійкості фрез після СТО, а стійкість останніх нижча, ніж у фрез, що були загартовані при  $E_s=0,25\dots1\text{ Дж/мм}^2$ . Так, зносостійкість фрез, загартованих при  $E_s=0,25\text{Дж/мм}^2$ , більш ніж у 2 рази перевищувала стійкість фрез після загартування при  $E_s=2\text{ Дж/мм}^2$  і майже у 2 рази перевищувала стійкість фрез після СТО.

Нижче наводяться результати дослідження мікротвердості поверхневого шару різальних крайок кінцевих фрез глибиною до 150мкм і різниця  $\Delta N$  концентрації карбідних фаз між вихідною мікроструктурою та мікроструктурою після лазерного загартування при рівній енергії випромінювання.

$E_s, \text{Дж/мм}^2$	2,0	0,25.
$H, \text{МПа}$	9200...9700	10200...12000.
$\Delta N$ , часток/см <sup>2</sup> , при розмірі карбідів, мкм:		
Зв. 0,1 до 0,25	+(7...8)	+(0...4мкм);
Зв. 0,25 до 0,4	+14	-17;
Зв. 0,4 до 1,0	- 6	+8;
Зв. 1,5	- 0	-0.

Як видно, при  $E_s=2\text{Дж/мм}^2$  мікротвердість поверхневого шару нижча, ніж при  $E_s=0,25\text{ Дж/мм}^2$ . Окрім того, різним є також характер зміни мікротвердості по глибині ЗЛВ: у першому випадку висока мікротвердість була по усій глибині ЗЛВ, у другому - вона знижувалася в місцях, що нагріті до високої температури.

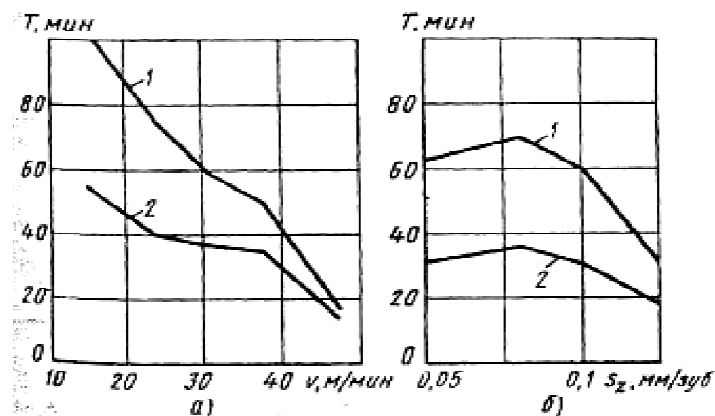
З допомогою електронного мікроскопа визначалась концентрація карбідних фаз у мікроструктурі матеріалу фрез після СТО та після лазерного загартування з різними режимами. Із приведених даних видно, що різниця концентрації карбідів розмірами 0,1...0,4 мкм більша при витрачанні більше енергії випромінювання. Це може бути обумовлено процесами розчинення карбідів, які інтенсифікуються зі збільшенням енергії випромінювання. Окрім того, про можливу коагуляцію наддрібних карбідів свідчать негативні значення  $\Delta N$  при розмірі карбідів 0,4...1мкм. Кількість карбідів розміром 1,5мкм і більше

практично однакова як у вихідному стані, так і при обох режимах лазерного оброблення.

З наведених на рис. 4.3,а результатів випробувань зносостійкості кінцевих фрез видно, що при збільшенні швидкості різання їх стійкість  $T$  зменшується, причому, з більшою інтенсивністю для фрез, що пройшли СТО і лазерне загартування (крива 1). Це означає, що відносний приріст зносостійкості внаслідок лазерного загартування при зростанні швидкості різання знижується.

Залежності  $T=f(s_z)$  (див. рис. 4.3,б) мають максимум при  $s_z=0,08$  мм/зуб. Це пояснюється наступним: при збільшенні величини подачі від 0,05 до 0,08 мм/зуб підвищення зносостійкості фрез пов'язане із поліпшенням умов врізання зубців і зниженням негативного впливу радіуса заокруглення різальної крайки. Подальше зростання величини подачі викликає збільшення товщини шару, що зрізається. Це призводить до збільшення теплового та силового навантаження в зоні різання і, як наслідок, до зниження зносостійкості фрез. Найбільш наочно це проявляється у фрез, які загартовані лазером (крива 1).

Характер розглянутих залежностей (див. рис. 4.3) добре погоджується з баченням про те, що мартенсит загартування після лазерної оброблення розпадається зі збільшенням  $v$  і  $s_z$  через підвищення температури в зоні різання, причому цей розпад іде більш інтенсивно, ніж у сталі після СТО.



**Рисунок 4.3 - Залежності зносостійкості  $T$  кінцевих фрез при фрезеруванні сталі 45 від швидкості різання  $V$  з подачею  $s_z=0,1$  мм/зуб (а) і від подачі  $s_z$  при  $V=30$ м/хв. (б):**

1 - після СТО і лазерного загартування з  $E_s=0,25$  Дж/мм<sup>2</sup>; 2 - після СТО

Результати випробувань на зносостійкість і дослідження мікроструктури фрез після лазерного оброблення підтверджують, що для збільшення мікротвердості загартованих і відпущених швидкорізальних сталей і підвищення зносостійкості інструменту із цих сталей лазерне оброблення крайок варто проводити для запобігання розчинення карбідів за невеликої енергії випромінювання. Окрім того, із зростанням енергії випромінювання понад оптимальне значення можливе оплавлення крайок, а також самовідпуск сталі та ріст зерен аустеніту.

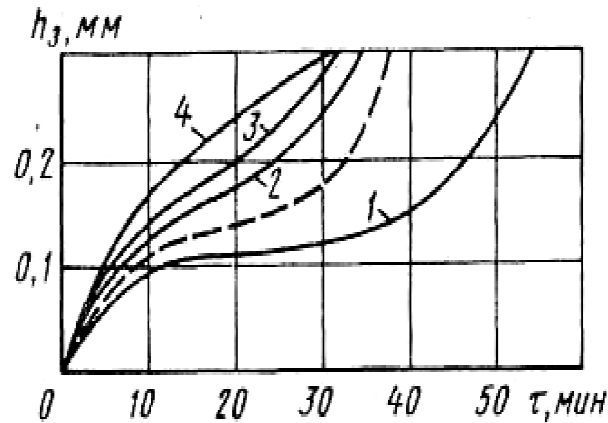
З метою підвищення зносостійкості різального інструменту після лазерного загартування були проведені додаткові дослідження. Випробування проводили на верстаті мод. ОЦ1Н22 при обробленні сталі 30ХРА з використанням мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) і на верстаті мод. 6Р11 при обробленні сталі 30ХНБЦ без подачі МОР. При цьому використали фрези, що пройшли різне термічне і хімічне оброблення. Результати випробувань представлені в таблиці 4.1. З них видно, що як карбонітрація, так і імпульсне лазерне загартування сприяють підвищенню стійкості фрез залежно від умов різання у 1,2...2,5 рази. Імпульсне лазерне загартування після карбонітрації призводить до подальшого підвищення стійкості фрез у 1,2...1,5 рази.

Таблиця 4.1

Вид оброблення	Відносне підвищення стійкості при обробленні сталі	
	30ХРА	30ХНБЦ
СТО (загартування+трикратний відпуск)	1	1
СТО + карбонітрація (КН)	1,2	2,5
СТО + імпульсне лазерне загартування (ІЛЗ)	1,2	-
СТО + КН + ІЛЗ	1,4	3,9

На рис. 4.4 представлені результати випробувань зносостійкості карбонітрованих кінцевих фрез Ø18мм із сталі Р6М5, що пройшли лазерне

загартування безперервним CO<sub>2</sub>-лазером на наступних режимах:  $P=1$ квт;  $E_s=2,5$ ; 2,7; 2,9 і 3,3 Дж/мм<sup>2</sup>. Зносостійкість фрез оцінювали при фрезеруванні сталі В10А на режимах різання  $V=22,6$ м/хв.;  $s_z=0,05$ мм/зуб;  $t=2$  мм;  $b=2$ мм.



**Рисунок 4.4 - Залежності зношення по задній поверхні зубців кінцевих фрез зі сталі Р6М5  $h_3$  від часу  $\tau$  оброблення сталі У10А:**

після карбонітрації (штрихова лінія) і наступного лазерного загартування з  $E_s= 2,7; 3,3; 2,9$  і  $2,5$  Дж/мм<sup>2</sup> (криві 1-4 відповідно)

Фіксували час зношення зубців по задній поверхні до величини  $h_3=0,3$ мм при випробуванні не менше п'яти фрез на кожному режимі. Як видно із рис. 4.4, для комбінованої оброблення (СТО+КН+ІЛЗ) оптимальною є енергія  $E=2,7$  Дж/мм<sup>2</sup>, при якій зносостійкість фрез у 1,5 раза вища, ніж після карбонітрації. Збільшення або зменшення енергії відносно оптимального значення призводить до зниження зносостійкості фрез майже до рівня, отриманого після карбонітрації.

Для з'ясування причин такого явища був проведений металографічний аналіз структури поверхневого шару зубців фрез. Після карбонітрації, проведеної в розчині карбонітрату амонію в сечовині за температури 570°С протягом 10 хвилин на поверхні утворився гетерофазний шар підвищеної травленості, аналогічний за структурою загартованій і відпущеній швидкорізальній сталі. Він містить відпущений мартенсит і карбіди, а також когерентно зв'язані карбонітриди, або такі, що виділилися. Мікротвердість такого шару до і після лазерного оброблення досить висока

(HV11460...11710 МПа). При лазерному обробленні з  $E_s=2,7\text{Дж/мм}^2$  глибина ЗЛВ дещо більша глибини гетерофазного карбонітрованого шару і на мікрошліфі його мікрорельєф зберігається. При підвищенні  $E_s$  до значення  $3,3\text{Дж/мм}^2$  глибина ЗЛВ значно перевищує глибину цього шару і на мікрошліфі його мікрорельєф не відображається.

Отримані дані дозволяють припустити, що у випадку лазерного загартування карбонітрованої сталі, зносостійкість різального інструменту підвищується завдяки переходу мартенситу відпуску у мартенсит загартування без розчинення карбідів і карбонітридів. Збільшення енергії випромінювання може призвести до розчинення дрібнодисперсних карбідів і карбонітридів, внаслідок чого зносостійкість інструменту знижується. Лазерне оброблення карбонітрованих фрез при зниженні величини  $E_s$  до рівня  $2,5\text{Дж/мм}^2$  призводить до зменшення глибини ЗЛВ. Очевидно, що це відбувається тому, що через неповний цикл фазових перетворень не отриманий мартенсит загартування. Окрім того, у цьому випадку лазерне нагрівання порушує когерентні зв'язки між карбонітридами і матрицею, що викликає зниження зносостійкості фрез. Це фіксується зміною виду кривих, які характеризують процес зношування інструменту.

На підставі результатів комплексу досліджень виявлене принципове розходження у виборі режиму лазерного оброблення швидкорізальних сталей із різною вихідною структурою: відпалену сталь слід гартувати при збільшенні енергії випромінювання для розчинення частини вихідних карбідів і насичення твердого розчину; загартовану та відпущену сталь слід гартувати при зменшенні енергії випромінювання для перетворення мартенситу відпуску у мартенсит загартування при відсутності розчинення карбідів.

### **Висновки за розділом та пропозиції**

Лазерне загартування попередньо загартованих і відпущених фрез збільшує їх зносостійкість у 1,2...2 рази, а величина приросту зносостійкості залежить від вибору режиму різання. Лазерне загартування попередньо карбонітрованих фрез додатково підвищує зносостійкість фрез у 1,2...1,5 рази.

Очевидно, що даний метод підвищення зносостійкості інструменту із швидкорізальних сталей можна застосувати для фрез, що використовуються на операціях 030 і 035, а також для свердел і зенкерів, що застосовуються в розробленому технологічному процесі виготовлення корпусу.

## **РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **5.1 Забезпечення безаварійної і безпечної експлуатації устаткування, яке використовується в машинобудівному цеху**

#### **5.1.1 Загальні вимоги безпеки до виробничого устаткування**

Загальні вимоги безпеки щодо виробничого устаткування встановлені ДСТ 12.2.003-74. У них визначені вимоги до основних елементів конструкцій, органів керування і засобів захисту, які входять до складу виробничого устаткування будь-якого призначення. Специфічні особливості виробничого устаткування враховуються для кожного його виду окремими стандартами.

Основними із загальних вимог є наступні: виробниче устаткування має бути безпечним при монтажі, експлуатації та ремонті як окремо, так і у складі комплексів і технологічних схем, а також при транспортуванні та зберіганні, а також має бути пожежобезпечним протягом всього терміну служби устаткування.

Усі види виробничого устаткування не мають шкодити навколишньому середовищу (повітря, ґрунт, водоймища), забруднення та викиди шкідливих речовин допускаються не вище встановлених норм [9].

Неодмінною умовою є забезпечення надійності, а також виключення небезпеки при експлуатації в межах, встановлених технічною документацією. Порушення надійності може виникнути в результаті дії вологості, сонячної радіації, механічних коливань, перепадів тиску і температури, агресивних речовин, вітрових навантажень, обмерзання тощо.

Матеріали, що вживались в конструкціях виробничого устаткування, не повинні бути небезпечними і шкідливими. Не допускається використовувати нові речовини і матеріали, які не пройшли перевірки на пожежобезпечність. Вимоги до виробничого устаткування забезпечуються: вибором принципу дії, конструктивних схем, безпечних елементів конструкції тощо; застосуванням в конструкціях устаткування засобів механізації, автоматизації і дистанційного керування; передбаченням в конструкціях пристроїв засобів захисту; виконанням ергономічних вимог; включенням вимог безпеки в технічну документацію устаткування з його монтажу, експлуатації, ремонту, транспортуванню і зберіганню.

Складові частини устаткування повинні виключати можливість їх випадкового пошкодження, що викликає небезпеку. Конструкції виробничого устаткування, яке має газо-, паро-, пневмо-, гідро- та інші системи, розробляються та виготовляються відповідно до вимог безпеки, що діють для цих систем. Конструкція устаткування має виключати можливість випадкового зіткнення працівників з гарячими (більше 45°C) і такими, що переохолоджують, частинами.

Рівень виділення і поглинання устаткуванням тепла, а також виділення ним вологи у виробничих приміщеннях не має перевищувати гранично допустимих концентрацій в робочій зоні.

Конструкція виробничого устаткування має передбачати захист від ураження електричним струмом [9], в тому числі і для випадків помилкових дій персоналу обслуговування, а також виключати можливість накопичення зарядів статичної електрики в небезпечних кількостях.

При повному або частковому припиненні подачі енергоносія (електричного струму, рідини в гідросистемах, стиснутого повітря тощо) до приводів робочих органів виробничого устаткування, а також захоплювальних, затискних і підйомних пристроїв, вони не повинні представляти небезпеки.

Конструкція виробничого устаткування має забезпечувати зниження до регламентованих рівнів шуму, ультразвуку, вібрації, а також шкідливих випромінювань.

Для забезпечення безпеки основного устаткування при його експлуатації і захисту обслуговувального персоналу додатково передбачають захисні пристрої. Їх можна класифікувати на спеціальні і загальні.

*Спеціальні* об'єднують захисні пристрої від радіоактивних випромінювань, електричного струму, проявів атмосферної електрики тощо, які передбачаються при проектуванні устаткування. *Загальні* захисні пристрої включають огороження, блокування, гальма та інші пристрої.

Вимоги безпеки до спеціальних захисних пристроїв наведені у відповідних розділах інструктивних матеріалів. Вони є найдосконалішими засобами захисту працівників від дії небезпечних і шкідливих чинників.

Загальні захисні пристрої призначаються для: огороження рухомих або небезпечних для дотику частин механізмів та приладів і виключають можливість доступу до них; блокування огорожень з електродвигуном, а також приладами для його запуску і захисту; пристроїв, що забезпечують безпеку запуску і надійність зупинки механізмів, приладів сигналізації безпеки.

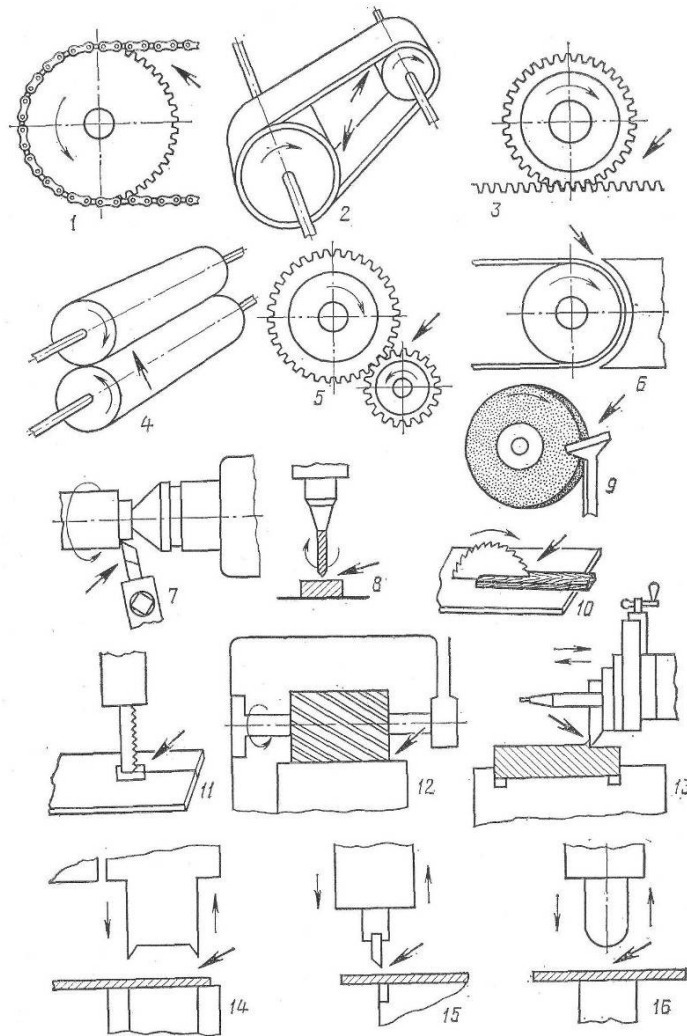
### 5.1.2 Захисні пристрої

Рухомі частини виробничого устаткування, якщо вони є джерелами небезпеки, мають бути захищені. У таких випадках під небезпечною зоною машин і устаткування розуміється простір проникнення на виробничому устаткуванні, механізмах, машинах або поблизу них, в якому людині загрожує небезпека для його здоров'я і життя. Небезпечну зону можуть створювати відкриті деталі машин, що обертаються чи переміщуються, або оброблювані вироби (рис. 5.1.). Вона може бути навіть на відстані від джерела небезпеки - від стружки, що відлітає, частинок абразиву тощо.

Положення небезпечної зони в просторі може бути постійним або безперервно змінним. У першому випадку це простір між нижньою і верхньою

частинами штампа, молота або преса, зубцями шестерень, що обертаються, шківками пасової передачі тощо, а в другому - стружка, , що відлітає, простір перед переміщуваним вантажем та інше. Дальність враження стружкою залежить від характеру оброблення, режиму різання і фізико-хімічних властивостей оброблюваного матеріалу. При проектуванні машин і механізмів належить передбачувати наявність пристроїв, які би виключали можливість випадкового проникнення людини в небезпечну зону.

Захисні пристрої саме і виконують цю функцію. Їх конструкції дуже різноманітні. Усі відкриті частини верстатів і механізмів, що обертаються, закривають глухими кожухами, щільно прикріпленими до станини або нерухомої частини верстата. Кожухи на змінних зубчатих і пасових передачах виконують відкидними з примусовим закриттям. Передачі (пасові, ланцюгові, зубчасті та інші), що розташовані ззовні корпусів верстатів, якщо вони представляють небезпеку травмування, обладнуються огороженнями.



**Рисунок 5.1– Небезпечні зони механізмів (вказані стрілкою):**

1 – передавальний ланцюг із зірочкою; 2 – пасова передача; 3 – зубчаста рейка; 4 – вальці; 5– зубчасті колеса; 6 – кінцевий вузол стрічкового конвейера; 7– супорт токарного верстата; 8 – свердло; 9 – абразивний круг; 10 – циркулярна пила; 11 – стрічкова пила; 12 – фреза; 13 – різець поперечно-стругального верстата; 14 – штамп; 15 – відрізний пристрій; 16 – пристрій видавлювання

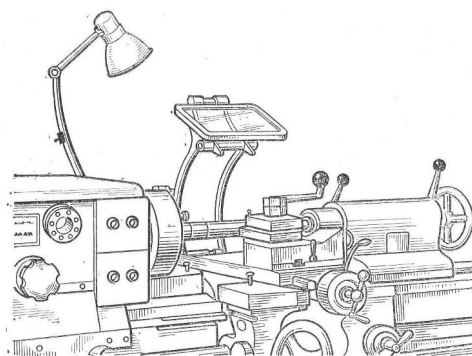
Огородження мають мати пристрої, що забезпечують їх безпечне відкриття, зняття, встановлення і переміщення. Захисні пристрої (екрани), що

ізолюють зону оброблення, повинні також захищати працівника від стружки, що відлітає, і мастильно-охолоджуючої рідини (МОР), що розбризкується.

Захисні пристрої, які видаляються при заміні деталі, інструменту, вимірюванні (контролі) деталі, налагоджуванні верстата та інших випадках, мають мати масу не більш 6кг, а їх кріплення - не вимагати застосування ключів і викруток. Переміщуватися вони повинні після зрушення з місця при сталому русі із зусиллям не більш 40Н. Виконують їх жорсткими з товщиною матеріалу не менше: для листової сталі - 0,8мм, для листового алюмінію - 2мм і міцної пластмаси - 4мм.

Застосування знімних захисних огорожень устаткування допускається у разі, коли із конструктивних причин не є можливим встановити їх постійно.

До всіх захисних огорожень незалежно від типу верстата чи устаткування, на якому вони встановлені, ставляться вимоги надійності, безпеки і зручності в експлуатації (наприклад, див. рис. 5.2.).



**Рисунок 5.2 – Пересувний захисний екран на токарному верстаті**

Якщо згідно умов роботи необхідно спостерігати за процесом оброблення, огороження забезпечують оглядовими вікнами. Матеріал оглядового вікна вибирають із урахуванням дії на нього високих температур, металевої стружки, частинок абразивного інструменту тощо.

При роботі на верстатах, які із певних причин не можуть бути забезпечені огороженнями, робітників забезпечують засобами індивідуального захисту.

Верстати, на яких обробляються деталі із чавуну, бронзи та інших пилоутворювальних матеріалів, обладнуються не лише огороженнями, але і пристроями для видалення пилу в процесі роботи верстата.

### 5.1.3 Вимоги до органів керування обладнанням

Безпека роботи на устаткуванні може бути забезпечена лише за наявності на ньому відповідно облаштованих органів керування. Органи керування верстатами, машинами та іншим виробничим устаткуванням, незалежно від їх потужності, габаритів і призначення, мають відповідати наступним основним вимогам: забезпечувати надійність запуску, швидку зупинку, легкість і зручність при користуванні; виключати можливість випадкового вмикання як устаткування загалом, так і окремих його механізмів, а також одночасного вмикання декількох механізмів, що може привести до їх виходу із ладу.

Приводи на верстатах бажано мати індивідуальні. На верстатах, що мають окремі приводи для головного руху і руху подачі, двигуни необхідно електрично блокувати для вимкнення приводу подачі при раптовій зупинці головного руху.

Органи керування (включно із тими, що знаходяться на електричних пультах) виконують так, щоби користування ними було зручне і не призводило до затискання руки чи її наштовхування на інші органи керування або частини верстата і якомога у більшій мірі виключало випадкову дію на них.

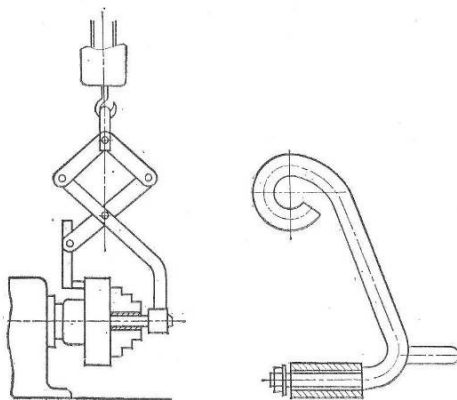
### 5.1.4 Запобіжні, блокувальні і сигнальні пристрої

Запобіжні пристрої призначені для автоматичного вимкнення агрегатів і машин при появі в їх роботі відхилень від заданих параметрів або з метою попередження небезпеки для працівника. Вони застосовуються для окремих видів виробничого устаткування відповідно.

Надійне кріплення деталей на верстатах забезпечують спеціальні затискні пристрої. У разі застосування у них пневматичних, гідравлічних чи електромагнітних пристроїв передбачаються огороження і блокування, які виключають звільнення оброблюваних деталей при випадкових перервах в живленні повітрям, робочою рідиною чи електричним струмом.

У пристроях з механічним кріпленням зусилля, прикладене працівником до рукояток керування пристроєм, не можна направляти у бік інструменту, щоби не допустити небезпеки травмування руки при її зісковзуванні. Конструкція пристроїв, у яких встановлення, зняття і закріплення деталей виконується вручну, має забезпечувати безпечне виконання даних операцій. При конструюванні пристроїв необхідно враховувати забезпечення вільного сходження і видалення стружки від верстата.

Подавання заготовок на верстат слід виконувати із зручного для робітника боку. При цьому встановлення і зняття із верстатів, пресів та транспортних засобів деталей, пристроїв та інструменту масою більше 16кг необхідно виконувати за допомогою підйомних механізмів: кранів, візків з підйомними платформами тощо. Підйомні механізми при цьому оснащуються пристроями, що забезпечують надійне утримання заготовки, виробу або інструменту, а також зручне і безпечне піднімання і встановлення їх на верстат (див. рис. 5.3).



**Рисунок 5.3 – Пристрої для встановлення і зняття патрона, заготовки чи виробу**

Блокування є одним із поширених методів боротьби із травматизмом. З метою безпеки робіт використовують автоматичні запобіжні блокувальні пристрої. Такі пристрої, які здійснюють фіксацію робочих частин чи елементів апаратів чи схем в певному (робочому або неробочому) положенні, служать для:

- запобігання неправильному керуванню верстатом чи агрегатом або небезпечному для персоналу поєднанню рухів механізмів;

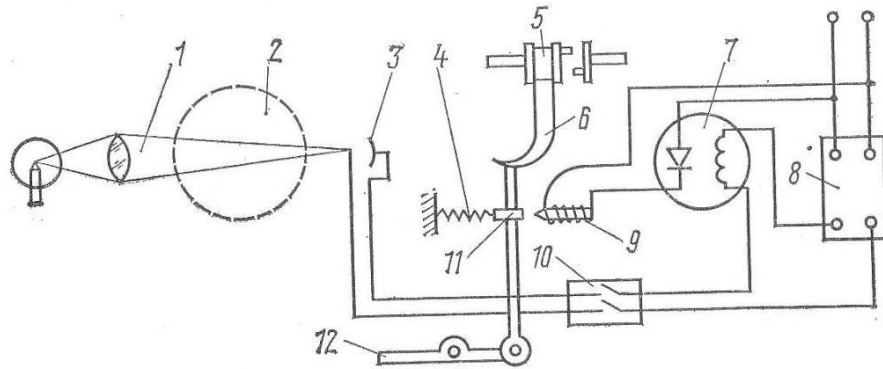
- негайної зупинки агрегату при виникненні небезпеки або порушенні його нормальних умов роботи;

- недопущення початку роботи верстата чи агрегату без запобіжних пристроїв;

- обмеження руху (переміщення) механізмів за граничні межі тощо.

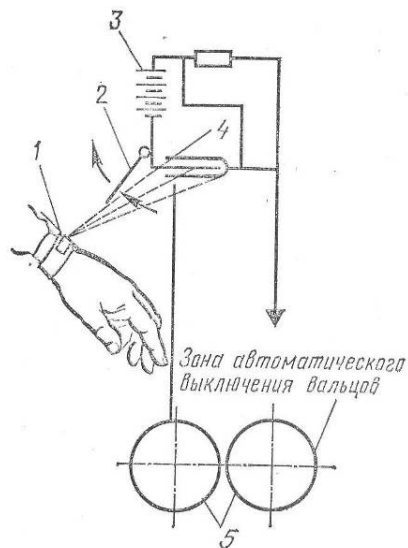
Для такого блокування використовують електричний, механічний, оптичний і магнітний зв'язки. Розглянемо принцип роботи фотоелектричного пристрою блокування. На стояках преса чи іншого устаткування з боку робітника встановлені: на одному стояку фотореле, а на іншому - спеціальна електрична лампа. Вузкий промінь світла від лампи направлений на фотоелемент, внаслідок цього на ньому виникає електричний заряд і, відповідно, привод механізму гальма перебуває у вимкненому стані - прес працює. Коли ж промінь світла від лампи переривається руками робітника, які опинилися у небезпечній зоні, електричний заряд на фотоелементі зникає, його дія на привод механізму гальма припиняється, гальмо спрацьовує і зупиняє прес.

Схема фоторелейного захисту, що встановлюється на пресах з муфтою жорсткого зчеплення, наведена на рис. 5.4. Небезпечна зона пресу просвічується променем, що падає від лампи на фотоелемент 3, в ланцюзі якого і є реле 7. У електричний ланцюг через випрямляч 8 увімкнені контакти 10 і електромагніт 9. При перетині променю світла, тобто, при знаходженні рук робітника в небезпечній зоні, фотореле спрацьовує, в обмотці електромагніту 9 виникає струм, електромагніт переміщає стрижень 11, долаючи опір пружини 4, і підводить його під важіль 6, який вмикає муфту 5. Стрижень 11 з'єднаний із педаллю пуску преса 12, яка при такому його положенні блокується, і прес не може бути запущений в роботу.



**Рисунок 5.4 - Схема фоторелейного захисту, що використовується у конструкціях пресів з муфтою жорсткого зчеплення**

На рис. 5.5 наведена схема захисту з використанням радіоактивних ізотопів.



**Рисунок 5.5 – Схема огороження небезпечної зони із застосуванням радіоактивних ізотопів:**

1 - браслет з ізотопом; 2 - екран; 3 – блок живлення пристрою; 4 - пристрій, що сприймає випромінювання радіоактивного джерела; 5 - вальці, які створюють небезпечну зону

Застосовується також блокування огорожень фрез, ременів, шківів, зубчастих шестерень приводів верстатів і устаткування, за наявності якого

останні не можуть бути приведені в дію, допоки їх огороження відведені убік, а не встановлені на місце.

За принципом блокування виконується захист наступних пристроїв:

- захисного щитка на шліфувальному верстаті, який захищає робітника від травмування частинками, що відлітають, при заточуванні інструменту і обробленні деталей. При відкинутому щитку вмикання двигуна блокується;

- люка кабіни кранівника, який відкривається для виходу наверх мостових кранів. При відкриванні люка живлення струмом усіх механізмів і приводів крана припиняється;

- дверей приміщення, в якому є устаткування, що знаходиться під високим тиском. При відкриванні дверей устаткування знеструмлюється.

*Сигналізація* про небезпеку використовується для інформування про настання тих чи інших подій. За призначенням сигналізація буває оперативною, попереджувальною і пізнавальною; за способом подавання інформації - візуальною та звуковою.

Для візуальної сигналізації використовуються: лампа, яка спалахує; миготливе світло; підсвічування табло з написом, який показує характер події; освітлення зображення на мнемонічній схемі тієї чи іншої ділянки табло.

Для звукової сигналізації використовують сирену, гудок чи дзвінок. Звукова сигналізація має забезпечувати чітко помітний у навколишніх умовах звук, за можливістю низької частоти (до 2000Гц). Звуковий сигнал має сприйматися однозначно незалежно від орієнтування голови оператора.

Світловий сигнал однозначно сприймається лише у тому випадку, коли погляд оператора направлений в його сторону, інакше він не буде помічений. Щоби уникнути наслідків пошкоджень пристрою світлову сигналізацію влаштовують двобарвною, а саме: залежно від умов роботи устаткування горить одна із ламп (зелена або червона); згасання обох ламп свідчить про несправність сигнального пристрою. Для надійності кольорові світлові сигнали вмикають паралельно, так як при виході з ладу лампи одного із сигналів інша працюватиме.

*Оперативна сигналізація* необхідна для фіксації виконання окремих етапів технологічного процесу. Її також можна використовувати для узгодження дій працівників.

*Попереджувальна сигналізація* оповіщає про наявність небезпеки або загрозу її виникнення. Засобами такої сигналізації є плакати, попереджувальні написи, світлові та звукові сигнали, що працюють від давачів, які реєструють відхилення технологічного процесу чи стану устаткування від заданого параметра.

*Пізнавальна сигналізація* призначена для виділення того чи іншого устаткування, його частин або робочих зон, що являють собою небезпеку чи вимагають уваги. Для цього їх забарвлюють у різні кольори, що регламентуються. ДСТУ ISO 7010:2009 встановлені наступні сигнальні кольори: червоний - явна небезпека, жовтий - попередження про можливе виникнення небезпеки, зелений – безпечний стан. Для написів пояснень використовують ахроматичні кольори: білий на червоному і зеленому фоні; чорний на білому і жовтому фоні.

*Червоний колір* (заборона) сигналізує про необхідність негайного втручання, вказує на пристрій, який перервав процес або рух. Червоний колір застосовують для позначення органів керування, заборонних знаків, ємностей з вогнебезпечним наповненням, внутрішніх поверхонь огорожень небезпечних частин устаткування, засобів пожежогасіння, ламп, що сигналізують про небезпеку.

*Жовтий колір* (пересторога) вказує майбутній перехід на автоматичний цикл роботи, на наближення одного з параметрів (струму, температури тощо) до граничних значень. Жовтий колір використовують для застережливих знаків: забарвлення елементів будівельних конструкцій, що являють небезпеку аварій і нещасних випадків, елементів виробничого устаткування, які вимагають обережного застосування, поручнів, майданчиків, елементів транспорту, ламп, що сигналізують про зміну режиму роботи устаткування, ємностей із шкідливим вмістом.

*Зелений колір* (сповіщення) свідчить про знаходження механізмів в підготовленому до роботи стані, про нормальний тиск повітря, води тощо, про нормальний режим роботи і отримання доброякісної продукції. Зелений колір застосовують для приписних знаків, забарвлення засобів забезпечення безпеки, ламп, що сигналізують про нормальний режим роботи устаткування.

*Синій колір* (сигнальний) використовується для вказівних знаків і елементів виробничої технічної інформації у спеціальних випадках, коли не можуть бути застосовані згадані раніше три кольори.

*Білий* (молочний) або безбарвний прозорий світлофільтр підтверджує наявність напруги (увімкнений ввідний вимикач): сигналізує про вибрану швидкість і напрям руху, про допоміжні дії, які не можуть здійснюватися в автоматичному циклі. Білим кольором позначають лінії руху та місця збору відходів.

З метою безпеки руху транспортних засобів на території підприємства і в цехах та для інформації водіїв про прийняту систему організації руху застосовують дорожні знаки (ДСТУ 4100:2021). Встановлено чотири групи дорожніх знаків: застережливі - мають форму рівностороннього трикутника; заборонні - мають форму круга з червоною оздоблювальною смугою, за винятком знаку «Стоп», що має форму восьмигранника; приписні - мають форму круга, але без оздоблювальної смуги; вказівні - мають форму квадрата чи прямокутника.

#### 5.1.5 Електробезпека

Усі металеві частини виробничого устаткування (станини, корпуси, електродвигуни, каркаси шаф, пультів управління тощо), якщо вони можуть виявитися під напругою вище 42В, мають бути заземлені. Для цього їх оснащують легкодоступними пристроями заземлення або з'єднують з нульовим проводом. Вказані пристрої повинні мати заземлювальні гвинти або приєднувальні затиски. На їх поверхню наноситься антикорозійне струмопровідне покриття для з'єднання їх із заземлювальними шинами або

провідниками для занулення. Між головками гвинтів, що використовуються для заземлення, і частинами устаткування, що заземлюються, не допускається наносити електроізолювальний шар фарби чи емалі. Якщо такий шар був нанесений попередньо, його необхідно видалити.

Контактні майданчики і гвинти, які притискають заземлені провідники, вибирають за даними [9].

Таблиця 5.1. Залежність діаметру гвинта і діаметру контактного майданчика від величини номінального струму

Номінальний струм встановленого електроустаткування, апарату, А	Найменший діаметр різьблення гвинта для заземлення, мм	Найменший діаметр контактного майданчика, мм
До 16	M4	12
Понад 16 до 25	M5	14
> 25 100	M6	16
> 100 250	M8	20
> 250 630	M10	25
Понад 630	M12	28

Гайки кріпильних деталей заземлених пристроїв оснащують пружинними шайбами чи іншими елементами, які запобігають ослабленню з'єднання. Використання для заземлення гвинти, шпильки, гайки, що виконують роль кріпильних деталей, заборонене.

Електроустаткування верстатів незалежно від величини напруги, що використовується, виконується дротами, які мають ізоляцію наступних кольорів:

- силові ланцюги постійного і змінного струму - чорний (темно-коричневий);
- ланцюги керування, сигналізації, вимірювання і місцевого освітлення змінного струму - червоний (оранжевий, рожевий);
- ланцюга керування, сигналізації, вимірювання і місцевого освітлення постійного струму - синій (фіолетовий);

- ланцюги заземлення - двобарвний зелено-жовтий (зелений);
- ланцюги, що з'єднані з нульовим провідником і не призначені для заземлення, - голубий (сірий, білий).

Допускається виконувати монтаж електропроводки одноколірними дротами з обов'язковим встановленням на їх кінцях трубок з полівінілхлориду вказаних вище кольорів.

## **5.2 Аналіз розробленого технологічного процесу з точки зору охорони праці**

Нещасні випадки та професійні захворювання є результатом незадовільних умов праці, що складаються в процесі виробництва як похідна від дії небезпечних та шкідливих виробничих чинників. Безпека праці залежить від рівня організації виробництва, гігієнічних параметрів навколишнього середовища, стосунків, що склалися в трудовому колективі, професійного підготовки працівників. При організації виробництва на машинобудівній дільниці важливу роль відводять комплексу дій, направлених на безпеку життєдіяльності виробничого персоналу, так як там застосовується переважно металорізальне обладнання.

При роботі на металорізальних верстатах виникає небезпека, що пов'язана із наступними чинниками:

1. При роботі на свердлувальних та фрезерувальних верстатах різальний інструмент, як правило, не передбачає наявності захисного огороження. У цьому випадку можливе захоплення інструментом, який обертається, що може призвести до нещасного випадку. Також виникає небезпека поломки інструмента і уламки, які розлітаються, можуть нанести травму працівнику, якщо не буде огорожувальних пристроїв і засобів індивідуального захисту.

2. Приводні та передавальні механізми верстатів можуть нанести травму при налагоджуванні та ремонті верстатів, а ходові гвинти і ходові валики токарного обладнання (1М63,16К20Ф3) в процесі експлуатації можуть бути

джерелом небезпеки, так як у переважній більшості випадків завод-виробник не обладнує їх захисними кожухами.

3. Зливна стружка матеріалу сталь 35Л може нанести травму (поріз рук, ніг) верстатнику як у процесі експлуатації верстата, так і при прибиранні робочого місця.

4. Стружка, що відлітає, пил крихких металів при фрезеруванні може травмувати очі і об'єкти обличчя та руки.

5. Пристрій для встановлення заготовки при недостатній величині сили закріплення теж призведе до травми. При встановленні та демонтажі заготовок в пристрої вручну може виникнути загроза падіння заготовок на ногу, защемлення рук між заготовкою та частиною верстата.

6. Рухомі частини (стіл, супорт, револьверна голівка тощо) верстатів, які використовуються в технологічному процесі (моделі 2P135Ф2-1, 6P12, 6P13Ф3, 16M30Ф3, 2M55), можуть призвести до травми, якщо робітник не помітить їх руху.

Виходячи з цього, з метою охорони праці виробничого персоналу на машинобудівній дільниці мають дотримуватись жорстких вимог до безпеки експлуатації технологічного обладнання. Основними вимогами є наступні:

- передачі (пасові, ланцюгові, зубчасті та інші), які розташовані поза корпусом верстата, огорожуються суцільним укриттям;

- передбачається фарбування в сигнальні кольори рухомих складальних одиниць та огорожувального обладнання;

- органи керування верстатом мають мати надійні фіксатори, які виключають можливість їх випадкового переміщення і вмикання, вони також обладнуються пояснювальними написами, символами та іншою важливою інформацією;

- патрони і поводки повинні мати гладкі зовнішні поверхні, а частини, що виступають, - заглиблення або огороження;

- металорізальні верстати обладнуються пристроями для відведення із зони оброблення забрудненого повітря (пилу, дрібної стружки тощо).

На токарних операціях із застосуванням верстатів з ЧПК для полегшення процесу різання застосовуються мастильно-охолоджувальні рідини (МОР). При виділенні їх випарів у повітря вміст вуглеводнів може складати до 150...940мг/м<sup>3</sup>, аерозолу мастила 7...45мг/м<sup>3</sup>, а забруднення одягу становить 800...900мг/дм<sup>3</sup> [9]. Концентрація МОР і окремих її компонентів, а також їх якісний склад залежить від витрати, способу подачі, термостабільності, характеру і режиму оброблення деталі, властивостей оброблюваного матеріалу, наявності і ефективності санітарно-технічних пристроїв.

Виробниче обладнання має бути безпечним при монтажі, експлуатації і ремонті як окремо, так і в складі потокової лінії дільниці. Воно має бути пожежо-вибухобезпечним. Обов'язковою вимогою є забезпечення надійності обладнання, а також виключення можливої небезпеки при експлуатації обладнання в межах, що встановлені технічною документацією на обладнання та вимогами чинного законодавства.

Перед початком роботи на дільниці для нового персоналу майстер виконує ввідний інструктаж з техніки безпеки для усіх працюючих робітників. Робоче місце кожного робочого має бути підготовлене, для цього робочі місця оснащуються допоміжним обладнанням для зберігання заготовок, готових виробів, інструментів, пристроїв (інструментальними шафами, полицями, тарою тощо), що забезпечує створення високопродуктивних та безпечних умов праці верстатника. Наявність допоміжного обладнання, його раціональна конструкція та правильне компонування дозволяє не забруднювати робочі місця, що сприяє зростанню продуктивності праці та запобігає появі нещасних випадків.

Забороняється проводити вимірювання параметрів деталі на ходу верстата, так як це пов'язано з небезпекою травмування робітників різальним інструментом, деталлю, яка обробляється, чи пристроями. Для вимірювання розмірів деталей, які обробляються, верстат необхідно зупинити, але в розумних межах, так як часто зупинити верстат не слід, тому що це негативно впливає на його механізми і збільшує час обслуговування верстата.

При роботі на верстатах робітник має використовувати засоби індивідуального захисту, захисні окуляри, індивідуальні щитки та спецодяг, який необхідний для захисту робітників від дій мастила, емульсій та інших рідин, що використовуються при обробленні деталі.

Захисні окуляри та індивідуальні щитки використовуються, головним чином, для захисту органів зору від механічної та теплової дії різних факторів виробничого середовища. Особливо це доречно в нашому випадку при зварюванні корпусу і фланця. Використання окулярів і захисних щитків запобігає травмуванню очей частинами, які відлітають від деталі, що обробляється, та інструменту (абразивний пил, металеві уламки тощо).

Для осіб із порушенням гостроти зору, які виконують нічні роботи (шліфування, чистове точіння) бажано для захисних окулярів підбирати оптичне скло.

При роботі на плоско-шліфувальному верстаті передбачено ряд спеціальних заходів з охорони праці. Шліфувальний круг обертається з великою частотою (швидкість різання до 120м/с) і є досить небезпечним. Він чутливий до ударних навантажень, на його міцність впливає температура і вологість, тому мають бути відповідні умови зберігання - в сухому приміщенні та при нормальній температурі. Перед встановленням на верстат для виявлення можливих пошкоджень круг випробовують на механічну міцність. Також при роботі на шліфувальному верстаті існує небезпека дотику до круга, який швидко обертається. Проблеми можуть бути також у зв'язку із значним пилоутворенням в зоні різання при роботі круга, так як частки абразиву можуть призвести до травмування очей і викликати захворювання органів дихання. Тому, щоби уникнути дотику із кругом, який обертається, використовують постійний захисний кожух. Кожух закриває круг з усіх боків, залишаючи при цьому відкритою тільки ту його частину, на якій протікає процес оброблення.

Безпека систем, що знаходяться під тиском (пнемо- та гідроприводи), має бути також досконало опрацьована, так як в результаті стрибка тиску в

системі чи поганого закріплення шлангів можливе травмування робітника. Система пневмоприводу в затискних пристроях має забезпечити надійне закріплення та вивільнення деталі, а також її утримання під час подачі виробу в зону різання та контролю.

Необхідно також передбачати раптове припинення подачі стиснутого повітря під час подачі виробу в зону різання, так як це призведе до вивільнення деталі. У зв'язку із цим пневмосистему необхідно обладнати відповідним пристроєм (зворотнім планом) для захисту від падіння тиску в робочій порожнині циліндра у випадку припинення подачі стиснутого повітря або миттєвого падіння тиску робочого середовища.

На шкалі манометра для контролю тиску наноситься червона мітка по поділці, що відповідає максимально допустимому значенню робочого тиску стиснутого повітря. Пневмопривод також обладнують пристроєм для повного зняття надлишку робочого середовища в системі. Окрім того пневмопривод випробовують на щільність максимальним робочим тиском і на міцність при тиску, який рівний 150% від робочого, не менше п'яти хвилин. Після цього тиск поступово знижують до номінального і проводять огляд із перевіркою щільності з'єднань.

Для гідроприводів загальні положення та вимоги аналогічні із тими, що ставляться для пневмоприводів, тільки жорсткіші.

Захист від ураження електричним струмом працівників має бути надійним і безпечним. Щодо вимог до роботи верстатів, то він повинен мати вимикач ручної дії, який необхідно розмістити в безпечному та зручному місці. Вимикач призначений для під'єднання електрообладнання до ланцюга живлення, а також для вимкнення його з мережі на час перерви в роботі або в аварійних випадках, які можуть викликати поломку обладнання.

Струмopовідні частини верстата мають бути надійно ізолювані або огорожені. Якщо є відкриті струмопровідні частини, то їх розміщують у середині шаф. Дверцята шаф з електрообладнанням повинні мати

автоматичний пристрій, який при їх відкриванні забезпечує вимкнення живлення електрообладнання.

Електрообладнання токарного верстата з ЧПК моделі 16М30Ф3 мусить мати нульовий захист, який виключає невимушене увімкнення обладнання при відновленні подачі струму, що раптово зник, незалежно від положення органів керування верстатом та його робочих органів.

Металеві частини верстатів, які можуть внаслідок пошкодження ізоляції потрапити під дію електричного струму повинні бути заземлені мідним провідником із поперечним перетином не менше  $10\text{мм}^2$ . При цьому опір заземлення не має перевищувати  $4,0\text{ Ом}$  [9].

### 5.3 Розрахунок захисного заземлення

Захисне заземлення - один з найпоширеніших методів захисту людини від ураження електричним струмом. Тому розрахуємо опір системи заземлення для нашого регіону. Ескіз системи заземлення наведений на рис. 5.6.

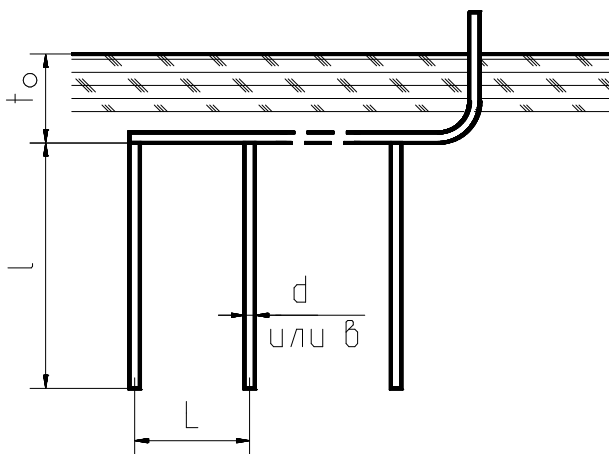


Рисунок 5.6 - Ескіз системи заземлення

Визначимо опір розтікання струму для одного вертикального заземлювача за формулою:

$$R_K = 0.366 \frac{\rho}{l} \left( \ln \frac{2l}{d} + 0.5 \ln \left( \frac{4t+1}{4t-1} \right) \right), \quad (5.1)$$

де  $\rho$  - питомий опір ґрунту,  $\rho=300$  Ом м;

$l$  - висота електроду,  $l=2,75$ м;

$d$  - діаметр електроду.

Діаметр електроду вибираємо за формулою :

$$d = \frac{b}{0.95}, \quad (5.2)$$

тут  $b$  - ширина кутника електроду,  $b=0,056$ м,

тоді 
$$d = \frac{0.056}{0.95} = 0.05894 \text{ м,}$$

$t$  - коефіцієнт, що враховує глибину розташування з'єднувальної смуги, величину якого визначаємо за формулою:

$$t = t_0 + \frac{1}{2}, \quad (5.3)$$

де  $t_0$  - глибина розташування з'єднувальної смуги,  $t_0=0,6$ м,

$$t = 0.6 + \frac{2.75}{2} = 1.975 \text{ м.}$$

$$R_K = 0.336 \frac{300}{2.75} \left( \ln \frac{2 \cdot 2.75}{0.05894} + 0.5 \ln \left( \frac{4 \cdot 1.975 + 2.75}{4 \cdot 1.975 - 2.75} \right) \right) = 85.12 \text{ Ом.}$$

Визначаємо кількість вертикальних заземлювачів без врахування коефіцієнту використання за формулою:

$$n = \frac{R_K}{R_0}, \quad (5.4)$$

де  $R_0$  - допустимий опір системи заземлення, для електричних установок з напругою до 1000В  $R_0=4$  Ом.

$$n = \frac{85.12}{4} = 21.28 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт використання вертикальних електродів  $\eta_{\text{вик}}=0,71$  [9].

Знаходимо кількість вертикальних електродів із врахуванням коефіцієнту використання  $\eta_{\text{вик}}$  за формулою:

$$n = \frac{R_K}{R_\sigma \cdot \eta_{\text{вик}}}, \quad (5.5)$$

$$n = \frac{85.12}{4 \cdot 0.71} = 29.97 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість вертикальних електродів  $n=30$ .

Знаходимо довжину з'єднувальної смуги як:

$$L_n = 1.05 \cdot L \cdot n, \quad (5.6)$$

де  $L$  - відстань між двома сусідніми вертикальними стрижнями, величину  $L$  визначаємо як :

$$L = 3 \cdot l, \quad (5.7)$$

$$L = 3 \cdot 2.75 = 8.25 \text{ м,}$$

$$L_n = 1.05 \cdot 8.25 \cdot 30 = 259.87 \text{ м.}$$

Знаходимо опір розтікання струму з'єднувальної смуги за формулою:

$$R_n = 0.366 \frac{\rho}{L_n} \left( \ln \frac{2 \cdot L_n^2}{B \cdot t_0} \right), \quad (5.8)$$

де  $B$  - ширина з'єднувальної смуги,  $B=0.06$  м.,

$$R_n = 0.366 \frac{300}{259.87} \left( \ln \frac{2 \cdot 259.87^2}{0.06 \cdot 0.6} \right) = 2.655 \text{ Ом,}$$

Знаходимо сумарне значення опору системи заземлення за формулою:

$$R_z = \frac{R_K R_n}{R_K \cdot \eta_{\text{вик}} \cdot n + R_n \cdot \eta_z \cdot n}, \quad (5.9)$$

де  $\eta_z$  - коефіцієнт використання горизонтальної смуги заземлення,  $\eta_z=0.42$   
[9].

$$R_z = \frac{85.12 \cdot 2.655}{85.12 \cdot 0.71 \cdot 30 + 2.655 \cdot 0.42 \cdot 30} = 1,22 \text{ Ом.}$$

Умова безпечного заземлення виконується, так як загальний опір системи заземлення на порядок менший його допустимого значення.

Висновки за розділом 5.

В розділі «Охорона праці» розглянуті загальні питання створення безпечних умов праці на машинобудівній дільниці, на якій планується впровадження нового варіанту технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ДК 3330Ф1.311». Зокрема, детально висвітлені особливості влаштування захисного заземлення на машинобудівній

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

Кожен фахівець освітнього рівня магістра з прикладної механіки має вміти економічно обґрунтовувати варіанти проектування нового технологічного

процесу чи найскладнішого агрегату при мінімальних витратах засобів та часу; враховувати кращі вітчизняні та зарубіжні стандарти.

В розробленому новому варіанті технологічного процесу механічного оброблення деталі «Корпус ДК 3330Ф1.311» згідно теми кваліфікаційної роботи в якості технологічного обладнання були використані верстати з числовим програмним керуванням. Так як виробництво серійне, то впровадження такого класу устаткування є єдиним можливим варіантом забезпечення підвищення якості оброблюваної деталі, зменшення частки допоміжного часу, що витрачається на прийоми, пов'язані зі зміною режимів різання, зміною інструмента, що, зазвичай, має місце при послідовному обробленні декількох поверхонь на універсальних верстатах.

В технологічному розділі наведений удосконалений варіант технологічного процесу з усіма необхідними розрахунками та обґрунтуваннями, розроблений комплект технологічної документації.

Спроектовані також спеціальні верстатний і контрольний пристрої, які сприятимуть механізації технологічного процесу та зменшенню трудозатрат. Кресленики пристроїв представлені у графічній частині кваліфікаційної роботи.

Розглянуті також питання використання результатів науково-дослідницьких робіт з підвищення працездатності кінцевих фрез, які використовуються в процесі оброблення деталі, та заходи з охорони праці на машинобудівній дільниці з виготовлення корпусу ДК 3330Ф1.311.

Таким чином, усе, що передбачене завданням на кваліфікаційну роботу, міститься в окремих її розділах, розміщених у пояснювальній записці, графічній частині роботи та додатках.

### **Список використаних джерел**

1. Кваліфікаційна робота: Методичні рекомендації для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» /

А. І. Гордєєв В. П. Ткачук, В. В. Милько, О. В. Романішина. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 40 с.

2. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.

3. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 353 с., іл.

4. Ревнівцев М.П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: Навч. посіб. / М.П.Ревнівцев, Н.П. Паршина. - К.: Видавництво А.С.К., 2006. - 416 с.

5. Родін П.Р. і др. Металорізальні інструменти. В 2-х ч. / П.Р. Родін, Ю.М. Бугай, Н.С. Равська, В.І. Солодкий. Київ, «Вища школа», 1993. Ч.1. 226 с., іл.

6. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВІПОЛ,1995. 465 с.

7. Гордєєв А. І. Урбанюк Є. А., Сілін Р. С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.

8. Верещака А.С. Основні аспекти застосування і вдосконалення різальних інструментів із зносостійкими покриттями. - Верстати та інструменти. - 2000. - №9.

9. Охорона праці в галузі машинобудування: навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. -. Суми : Університетська книга, 2023. – 556 с.

## ДОДАТКИ

Додаток А

3-D моделі деталі та заготовки

Додаток Б

Керувальна програма для верстата з ЧПК

Операція 025

Додаток В

## Технологічна документація

Додаток Г

Специфікації до складальних креслеників