

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Механіко-машинобудівний інститут  
Кафедра технології машинобудування**

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедрою

\_\_\_\_\_ **Юрій ПЕТРАКОВ**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»**

**спеціальності 131 «Прикладна механіка»**

**на тему: «    »**

**Виконав :**

**студент IV курсу, групи МТ-61**

**Сімінчук Ілля Сергійович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Керівник:**

**доцент, к.т.н. Кореньков В.М.**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Рецензент:**

**доцент, к.т.н. Блощицин М.С.**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Пояснювальна записка	76	
3	A1	ДПБ.МТ-61.17.001 ТК		1	
4	A1	ДПБ.МТ-61.17.002 ТК		1	
5	A1	ДПБ.МТ-61.17.003 ТК		1	
6	A1	ДПБ.МТ-61.17.004 ТК		1	
7	A1	ДПБ.МТ-61.17.005 ТК		1	
8	A1	ДПБ.МТ-61.17.006 ТК		1	
9	A1	ДПБ.МТ-61.17.007 ТК		1	
10	A1	ДПБ.МТ-61.17.008 ТК		1	

				<b>ДП.МТ-61.17.000</b>		
	ПІБ	Підп	Дата			
Розробн.	Сімінчук І.С.			<b>Відомість дипломного проєкту</b>	Лист	Листів
Керівн.	Кореньков В.М.				1	1
Н/контр.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ТМ Гр. МТ-61	
Зав.каф.	Петраков Ю.В.					

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему: « Технологічне підготовлення виробництва**  
**деталі “Корпус клапанної секції” »**

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Механіко-машинобудівний інститут**  
**Кафедра технології машинобудування**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедрою

\_\_\_\_\_ Юрій ПЕТРАКОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Сімінчуку Іллі Сергійовичу**

1. Тема проєкту «Технологічне підготовлення виробництва деталі «Корпус клапанної секції»

»

Керівник проєкту Кореньков Володимир Миколайович, доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «20» травня 2020 р. № 1120-с

2. Термін подання студентом проєкту «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

3. Вихідні дані до проєкту: матеріал деталі чавун СЧ25, обсяг випуску 300 деталей, технологію реалізувати на верстах НААС фрезерної групи з використанням поворотних пристроїв, використати інструмент фірми Seco

4. Зміст пояснювальної записки: пояснювальна записка має містити розділи «загальні питання машинобудування», «проектування технологічного процесу», «проектування верстатних пристроїв», «економічна частина», «охорона праці»

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): «Розробка лабораторних робіт з дисципліни «Теорія різання» в середовищі Jupyter Notebook» - 3 арк.

Ф.А1, «креслення деталі та заготовки» - 1 арк. Ф.А1, «технологічний процес» - 2 арк. Ф.А1, «конструкції верстатних пристроїв» - 2 арк. Ф.А1, «програмування оброблення» - 1 арк. Ф.А1

б. Дата видачі завдання 18 травня 2020р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Вирішення загальних питань машинобудування	22.05.2020	виконано
	Розрахунок заготовки	23.05.2020	виконано
	Розробка технологічного процесу	25.05.2020	виконано
	Розробка конструкцій верстатних пристроїв	31.05.2020	виконано
	Економічні розрахунки	05.06.2020	виконано
	Охорона праці	07.06.2020	виконано
	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2020	виконано
	Оформлення графічного матеріалу	12.06.2020	виконано

Студент

Сімінчук І.С.

Керівник

Кореньков В.М.

## Зміст

<b>ВСТУП</b> .....	<b>6</b>
<b>1 ВИРІШЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ПИТАНЬ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ</b> .....	<b>7</b>
1.1 Дослідження систем для лабораторних практикумів в віртуальних середовищах .....	7
1.2 Розробка лабораторних робіт з дисципліни «Теорія різання» в середовищі Jupyter Notebook.....	8
<b>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	<b>14</b>
2.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі .....	14
2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація .....	14
2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі .....	15
2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу .....	15
2.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва .....	15
2.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі .....	19
2.4 Проектування конструкції заготовки .....	20
2.4.1 Визначення виду та способу виготовлення заготовки .....	20
2.4.2 Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів .....	24
2.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі .....	25
2.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз .....	25
2.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій .....	27
2.6 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки .....	30
2.7 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус секції клапанної» .....	31
2.8 Короткий опис вибору верстатного обладнання .....	37
2.9 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки .....	38
2.9.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом .....	39
2.9.2 Визначення припусків аналоговим методом .....	45
2.10 Розрахунок режимів різання .....	45
2.10.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом .....	45
2.10.2 Визначення режимів різання аналоговим методом [13; 14].....	49
2.11 Нормування технологічних операцій.....	52
2.11.1 Розрахунок поштучного часу для операції .....	52
2.11.2 Нормування аналоговим методом, хв.....	55

					<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Корпус клапанної секції»</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		<i>Сімінчук І. С.</i>					4	76
Перевір.		<i>Кореньков В. М.</i>						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		<i>Кореньков В. М.</i>			<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ММІ, гр. МТ-61</i>			

<b>3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ.....</b>	<b>56</b>
3.1 Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв .....	56
3.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв .....	56
3.1.2 Послідовність розроблення конструкції пристрою.....	58
3.2 Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв .....	59
3.2.1 Розрахунок похибок базування.....	59
3.2.2.Визначення похибок закріплення верстатного пристрою .....	61
3.3. Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв .....	62
3.3.1 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q .....	62
3.3.2 Розрахунок силових механізмів пристроїв.....	64
<b>4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>67</b>
4.1 Розрахунок собівартості деталі .....	67
4.1.1 Сировина та матеріали .....	67
4.1.2 Зворотні відходи.....	67
4.1.3 Паливо та енергія на технологічні цілі.....	67
4.1.4 Основна заробітна плата .....	68
4.1.5 Додаткова заробітна плата .....	68
4.1.6 Нарахування на заробітну плату .....	68
4.1.7 Витрати на утримання та експлуатацію устаткування .....	68
4.1.8 Відшкодування зносу інструментів, витрати на верстатні пристрої.....	69
4.1.9 Загальновиробничі витрати.....	71
4.1.10 Загальногосподарські витрати .....	71
4.1.11 Інші виробничі витрати.....	71
4.1.12 Позавиробничі витрати .....	72
4.2 Висновок .....	72
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>73</b>
5.1 Основні вимоги та заходи безпеки при роботі верстатного обладнання.....	73
5.1.1 Основи охорони праці .....	73
5.1.2 Інструкції та основи по охороні праці .....	73
5.1.3 Інструктаж відповідно до положень про охорону праці .....	73
5.1.4 Перевірка знань по охороні праці .....	73
5.1.5 Медичний огляд.....	74
5.1.6 Засоби захисту .....	74
5.1.7 Перевірка робочого простору.....	74
5.1.8 Обов'язкове страхування та нещасні випадки.....	74
5.2 Вимоги по експлуатації верстатних пристроїв.....	74
5.3 Висновок .....	75
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>76</b>

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Важливим аспектом економічного стабільності країни є її промисловість. Машинобудування, як одна з галузей промисловості, відіграє фундаментальну роль в становленні та фінансовій незалежності держави. Тому, її розвиток є ключовим питанням сьогодення.

Машинобудівні технології дають можливість ефективно та економічно вигідно виконувати різні конструкторські та технологічні завдання, проектувати та виготовляти деталі відповідно до міжнародних вимог та стандартів.

Технології сучасності значно полегшують методику виробництва. З використанням новітнього обладнання стало можливим отримання деталей складної форми, оброблення поверхонь з високою точністю.

Багатофункціональні верстати дають можливість досягти високих показників продуктивності. У тому числі використання високоефективних ріжучих інструментів, промислових роботів, верстатів з числовим програмним управлінням.

Новітнє програмне забезпечення дає змогу удосконалювати технології виробництва, знаходити раціональні та оптимальні рішення для комплексу наукових питань та задач у сфері промисловості.

Завданням сучасності є вдосконалення набутих методів та технологій промислової індустрії. Реалізація актуальних завдань технологій машинобудування вимагає створення нових інструментів, функціоналу та обладнання, що дало б змогу постійного підвищення показників продуктивності виробництва на світовому рівні.

		<i>Сімінчук І. С.</i>			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		<i>Кареньков В. М.</i>				6
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



# 1 Вирішення загальних питань технології машинобудування

## 1.1 Дослідження систем для лабораторних практикумів в віртуальних середовищах

Розвиток інформаційних технологій створює можливості реалізації дистанційного навчання з використанням віртуальних середовищ. В сфері технічних наук реальні практичні навички є невід'ємним елементом теоретичних курсів [23].

У наш час постає питання можливості викладання навчального матеріалу віддалено для учнів та студентів, та його якісне засвоєння. Однією з перешкод для якісного навчання, є відсутність можливості проведення лабораторних та практичних занять у реальних лабораторіях.

В даній роботі представлені можливості створення лабораторних практикумів у віртуальних середовищах, напрацювання інноваційних українських та світових методів дистанційної освіти з використанням віртуальних середовищ. Сучасні комп'ютерні технології дозволяють скорегувати навчальний процес та роботу студентів під час виконання лабораторних робіт та практикумів [23].

Однією з основних вимог під час засвоєння лекційного матеріалу, є можливість його практичного закріплення. При вивченні певних дисциплін дистанційно, немає можливості дослідити певний механізм та власноруч ознайомитися з робочим обладнанням. Для цього часто в освітніх процесах використовують імітаційні комп'ютерні моделі, що повністю відтворюють роботу реальних механізмів [23].

У разі неможливості використання класичних лабораторій, постає питання в альтернативних підходах до даної проблеми. Саме тут є можливість відтворення фізичних лабораторій за допомогою веб-інтерфейсу. Для відтворення такого інтерфейсу часто використовують спеціалізоване програмне забезпечення (Modelica, MatLab та інші) [23].

Одним з видів віртуальних лабораторних, які використовують для дистанційного навчання слугують веб-додатки для смартфонів, доступні для платформ IOS та Android.

Під час вивчення технічних спеціальностей використовують навчальні стенди, що дають змогу реалізувати роботу певного пристрою. В наш час більшість стендів реалізована в комп'ютерних симуляторах таких, як Electronics Workbench, Electro 3D та інші [1]. Однією з основних особливостей симуляторів є максимально реалістична імітація робочого процесу певної системи. Робота в таких віртуальних середовищах дає можливість об'єктивно оцінити наслідки невдалого випробування, визначити причини та усунути їх.

Щоб уникнути встановлення зайвого програмного забезпечення, лабораторні стенди часто реалізують за допомогою веб-програмування: html, java, python, тощо. Дане програмне забезпечення розміщується веб-сайті інституту, кафедри. Це створює можливість роботи зі стендами з можливістю використання персональних пристроїв з мінімальним системним забезпеченням. Однак, з міркувань продуктивності, кількість користувачів, які одночасно використовують дану веб-платформу може бути обмежена [23].

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним з прикладів такої реалізації, є стенди створені з використанням середовища LabView [2]. Модулі даної системи дозволяють відтворювати складні системи та застосовувати різні вимірювальні пристрої з використанням лише програмних кодів. Для певних робіт дане середовище вимагає використання додаткових системних плат, що реалізують свою роботу через стандартні системні з'єднання для персональних комп'ютерів.

Такі математичні моделі, що відтворені за допомогою віртуальних середовищ дають можливість реалізувати умови роботи систем різної складності та налаштувати їх для функціонування в різних середовищах [23].

Розробка лабораторних робіт у віртуальному середовищі значно дешевша, ніж обладнання для дослідів, що дозволяє заощадити значну кількість коштів. Технології віртуальної інфраструктури значно доступніші, кожен може створити власну лабораторію, використовуючи лише персональний комп'ютер, або смартфон [23].

Доступність віртуальної лабораторії відіграє значну роль у освітньому процесі. Можливість їх використання лише за допомогою веб-переглядача, усуває проблеми з підтримкою і налаштуванням програмного забезпечення на персональних комп'ютерах, дозволяє їх використання дистанційно, за межами навчальної лабораторії.

Місцем для зберігання лабораторних можуть слугувати віртуальні хмарні середовища, які широко розповсюджені у світі. Прикладом слугують популярні платформи AWS Amazon або Azure Microsoft. Реалізація такого методу зберігання значно дешевша ніж використання спеціального програмного забезпечення та приватних серверів. Прикладом такого використання є система VDI реалізована в багатьох коледжах та університетах Нью-Йорка, Нью-Мексико, Массачусетса, Лос-Анджелеса та інших (США) [3].

При створенні віртуальних лабораторних є можливість їх побудови за певним шаблоном. У свою чергу, це дає змогу викладачу систематизувати виконання лабораторних, закласти індивідуальні варіанти для кожного студента, звести до мінімуму можливість неправильного отримання показів приладів та удосконалити правильність побудови протоколів по результатам виконаних робіт [23].

## **1.2 Розробка лабораторних робіт з дисципліни «Теорія різання» в середовищі Jupyter Notebook**

Для підвищення рівня практичних вмінь студентів необхідно проводити та виконувати експериментальні дослідження найбільш розповсюджених процесів обробки різними типами ріжучих лезових інструментів.

Вивчення конструкцій інструментів, дослідження впливу геометричних параметрів різця на процес обробки залежить від інструментального та програмного забезпечення з яким працюють студенти.

Поставлена задача включає покращення підготовки та виконання лабораторної роботи. Завдання включає створення доповнення до лабораторних робіт, яке реалізується

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				8
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за допомогою віртуального середовища Jupyter Notebook. Мова програмування яка використовується python.

В першій лабораторній роботі представлено дослідження геометричних параметрів різальної частини токарних різців. Перед виконанням даної лабораторної роботи студенти повинні ознайомитися з теоретичними матеріалами.

Під час роботи студент має можливість візуально ознайомитися та дослідити різні типи різців. Змінюючи кути отримуємо візуальну модель інструмента (рис. 1).

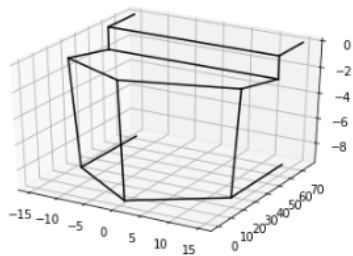
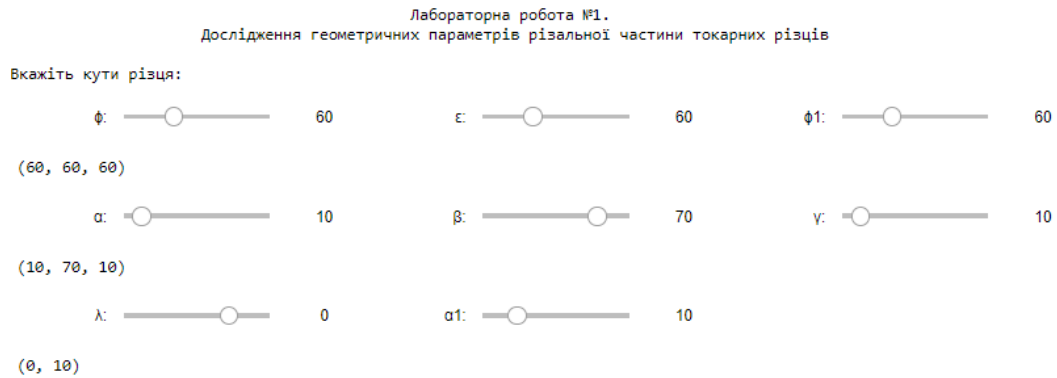


Рис. 1.1 Лабораторна робота №1

Відповідно до встановленими параметрами кутів студент має можливість побудувати 2-D модель геометричних параметрів різальної частини інструмента (рис. 2). Додатково для ознайомлення подана схема розташування кутів на 2-D моделі.

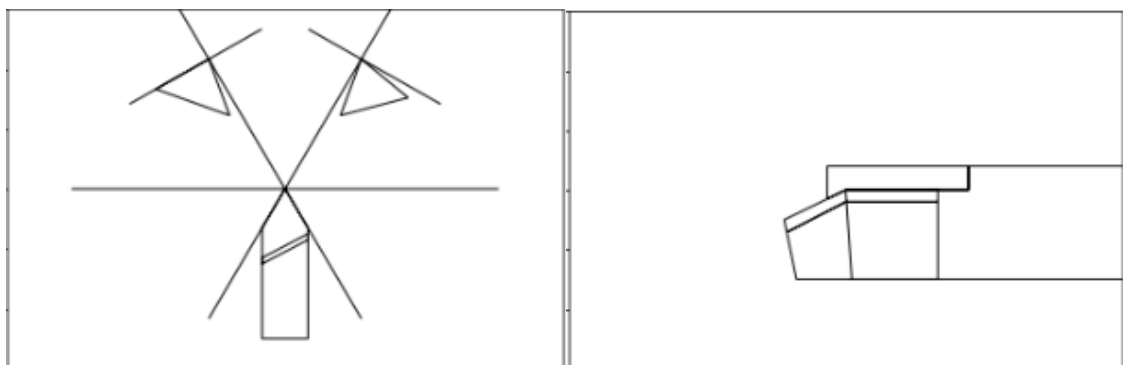


Рис 1.2. Геометричні параметри різальної частини інструмента представлені в 1 лабораторній роботі

В процесі виконання 2 лабораторної роботи студент досліджує процес утворення стружки при обробці пластичних та крихких матеріалів. Експериментально отримані дані у лабораторії вносять до програми (рис. 3).

Вкажіть кут  $\gamma$

$\gamma$ :

Вкажіть глибину різання:

$h_1$ :   $h_2$ :

(3.0, 2.5)

Вкажіть подачу:

$S_1$ :   $S_2$ :   $S_3$ :

(0.1, 0.2, 0.3)

Вкажіть характеристики перерізу стружки:

$a_1$ :   $a_2$ :   $a_3$ :

$a_4$ :   $a_5$ :   $a_6$ :

(0.436, 0.712, 0.9, 0.446, 0.683, 0.867)

$b_1$ :   $b_2$ :   $b_3$ :

$b_4$ :   $b_5$ :   $b_6$ :

(3.14, 3.15, 3.18, 2.74, 2.93, 2.94)

Рис. 1.3 Експериментально отримані дані до лабораторної роботи №2

У разі неможливості отримання даних методом проведення експерименту, дані отримують у викладача. Після чого програма проводить необхідні розрахунки та відображує відповідні графіки залежності коефіцієнту укорочення та кута зсуву від товщини і ширини шару, що зрізується (рис. 4).

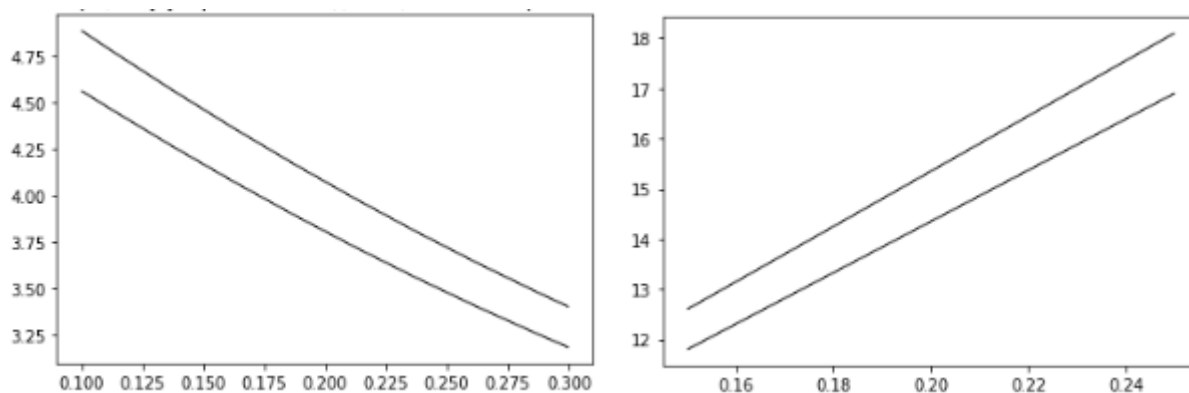


Рис. 1.4 Графіки залежності представлені в лабораторній роботі №2

Лабораторна робота № 3 слугує для дослідження силових залежностей при токарному обробленні. Перша частина передбачає поступове збільшення головних сил  $P_z$

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				10
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та  $P_y$ , а потім їх зменшення до 0 та отримання відповідних показів з індикатора сили струму. Дані отримані під час досліду вносять до програми. На їх основі формуються тарувальні графіки складової сили різання (рис. 5).

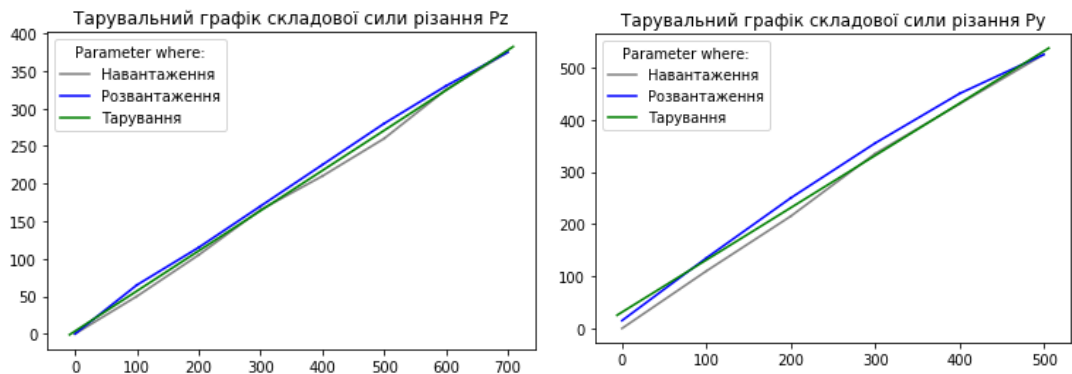


Рис. 1.5 Тарувальні графіки складової сили різання.

Друга частина роботи передбачає дослідження залежності сили різання від глибини різання та подачі. Відповідні експериментально отримані показники вносять до програми та отримують графіки залежності (рис. 6).

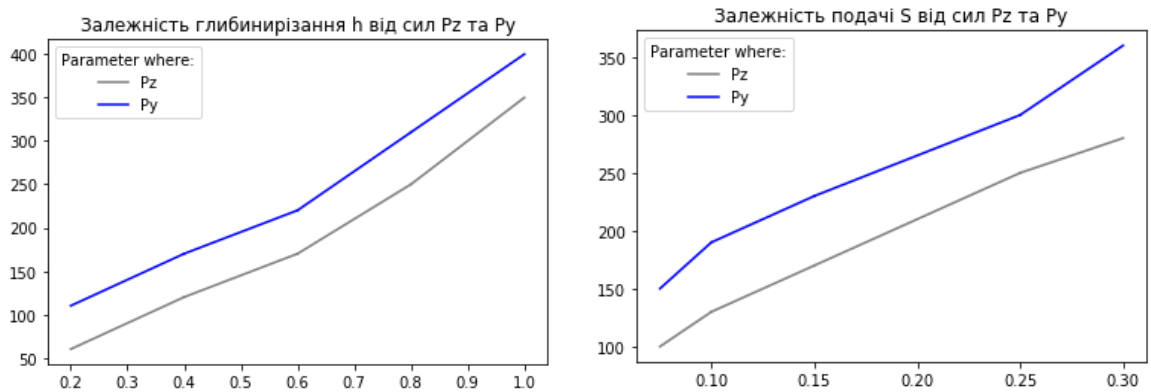


Рис. 1.6 Графіки залежності сил різання від подачі та глибини зрізаного шару

Під час виконання лабораторної роботи №4 досліджуємо силові залежності при свердлінні. Робота виконується у два етапи. Перший досліджує відповідні покази з індикатора сили струму при осьової сили  $P_o$  та моменту свердління  $M_{св}$ , а потім їх зменшенні до 0. Дані отримані під час досліду вносять до програми. На їх основі формуються тарувальні графіки (рис. 7).

Під час виконання наступного етапу студент досліджує зміни залежність сили різання та моменту свердління від подачі. Дослідження проводять на трьох заготовках різних діаметрів. Отримані дані вносять до програми та отримують відповідні графіки (рис. 8).

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				11
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

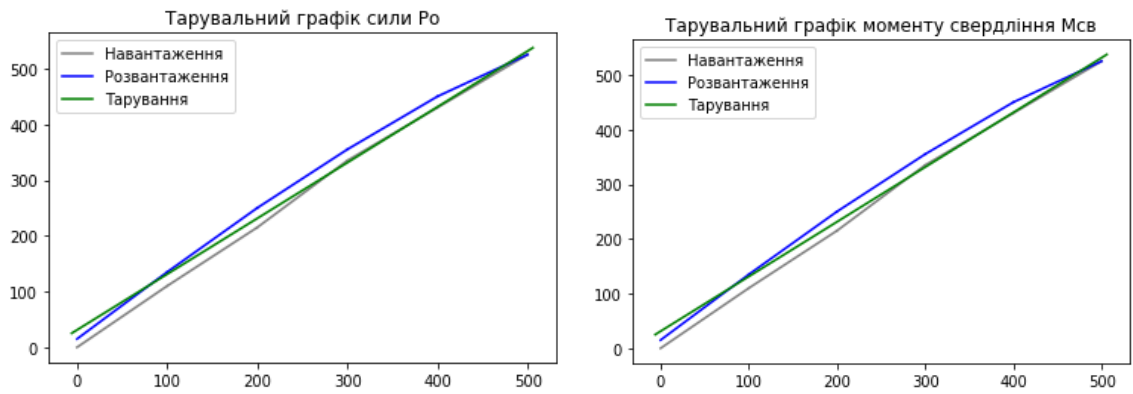


Рис. 1.7 Тарувальні графіки складової сили різання та моменту свердління.

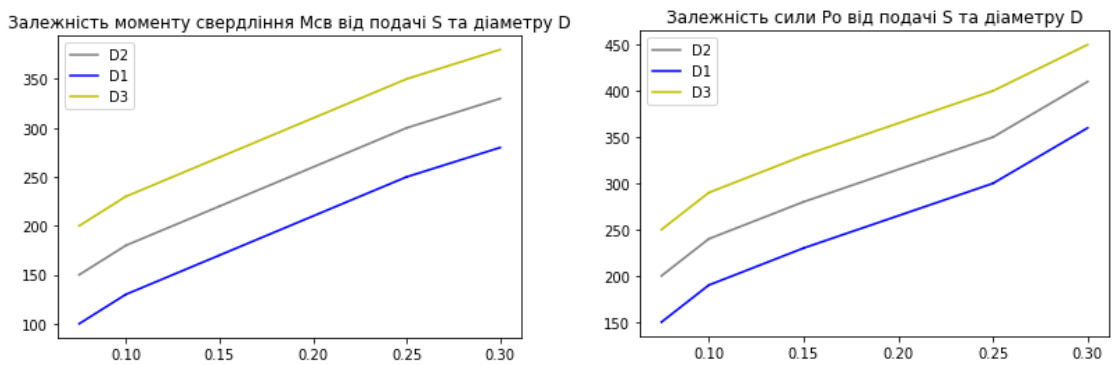


Рис. 1.8 Графіки залежності сили та моменту свердління від подачі та діаметру заготовки.

У п'ятій лабораторній роботі проводимо дослідження закономірності зношування токарних різців. Експериментально досліджуємо утворення площадки зносу, вимірюємо її висоту з урахуванням різного часу роботи інструмента. Дослід проводять з урахуванням різних швидкостей різання. Отримані дані вносимо до програми та отримуємо необхідні графіки (рис. 9).

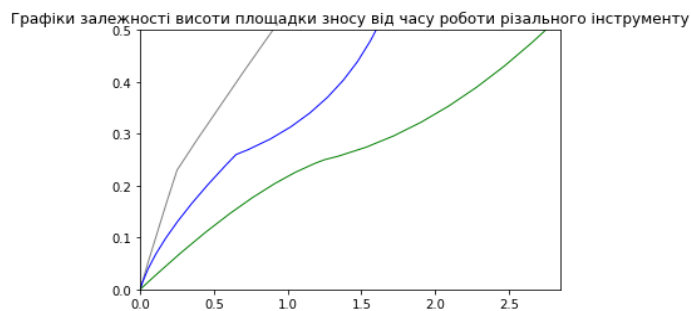


Рис. 1.9 Графіки залежності висоти площадки зносу від часу роботи різального інструмента

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				12
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатково є можливість програмно побудувати графік залежності періоду стійкості інструмента від швидкості різання (рис. 10).

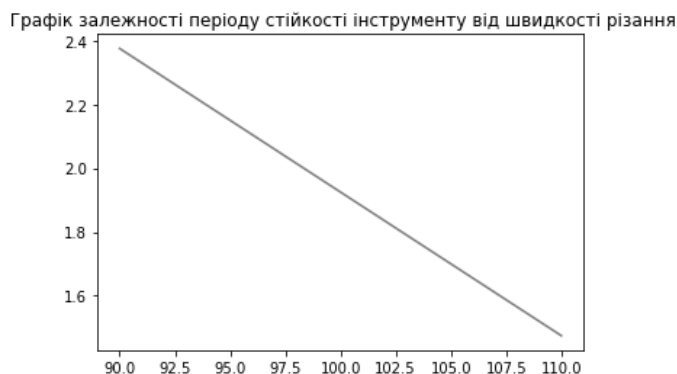


Рис. 1.10 Залежність періоду стійкості інструмента від швидкості різання

Одним з основних завдань лабораторних робіт є реалізація практичних навичок роботи з конкретним обладнанням та вміння виконувати процеси механічного оброблення різанням.

Такий спосіб підготовки та роботи на практичних та лабораторних заняттях дозволяє додатково дослідити допустимі границі параметрів різання в реальних умовах та граничні параметри оброблення, що передбачають дотримання всіх заходів безпеки.

Представленні лабораторні роботи виконуються з використанням спеціального обладнання у навчальних лабораторіях. Перед виконанням даних робіт необхідно вивчити та підготувати теоретичний матеріал, на базі якого формується методика практичного дослідження. Конкретні інструкції для їх виконання та оформлення протоколів знаходяться в методичних вказівках до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Різання матеріалів-2. Теорія різання» [4].

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				13
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі

#### 2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація

Представлена корпусна деталь «Корпус клапанної секції», яка застосовується гідравлічній системі для гідророзподілення. Зважаючи на це дана деталь повинна мати відповідну точність, стійкість, жорсткість, як агрегат для забезпечення положення з'єднаних деталей. Забезпечити правильність роботи гідравлічної системи та відсутність сторонніх вібрацій.

У вузлі та агрегаті дана деталь базується на відповідно оброблених поверхні і кріпиться за допомогою чотирьох болтів. Накресленні наявні чіткі обмеження на розміщення чотирьох отворів. Це вказує на те, що деталь при складанні має бути встановлена точно.

При виготовленні деталі необхідно звернути увагу на оброблення отворів клапанної секції що мають відповідну точність. Це слугує для забезпечення якісних з'єднань у вузлі. Для якісного оброблення поверхней та отворів, забезпечення відповідних вимог до деталі, рекомендується використання фрезерних верстатів з поворотним столом. При обробці деталі з використанням поворотного столу, доцільно виконувати всі операції оброблення на одному установі. Це зменшить можливість отримання дефектних поверхонь та скоротить час оброблення даного виробу.

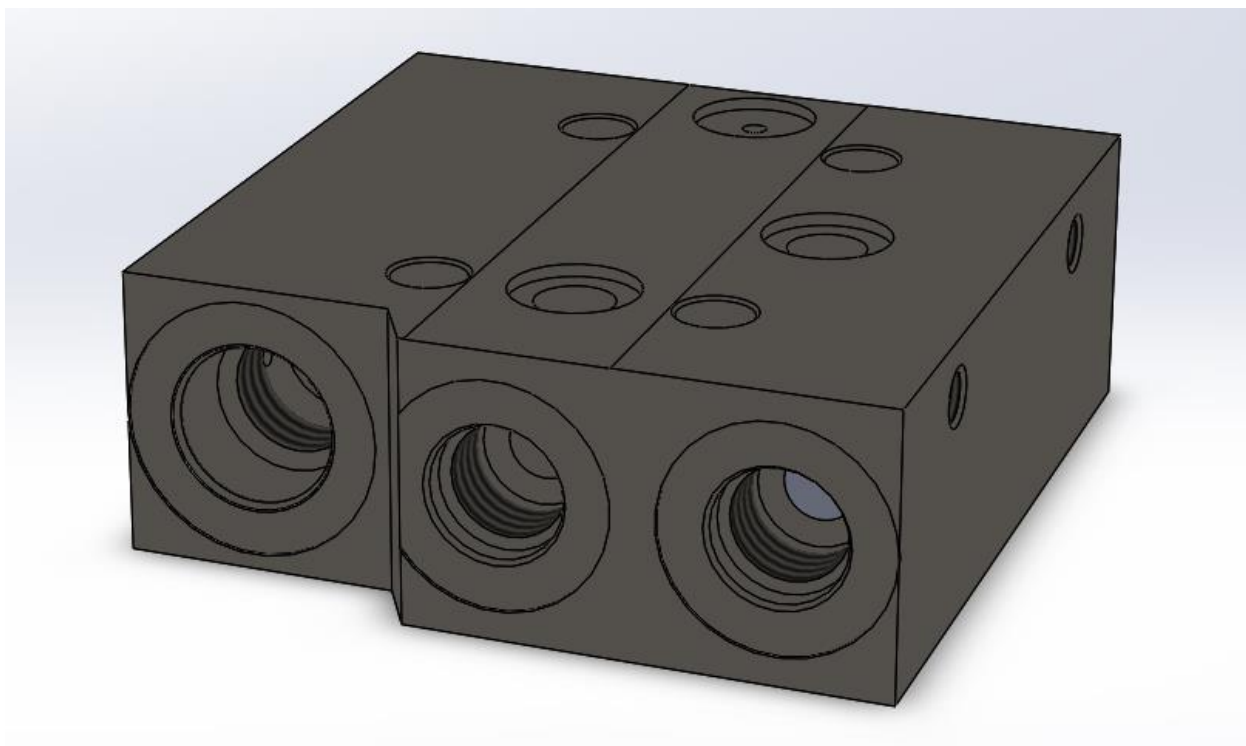


Рисунок 2.1 – 3-D модель деталі «Корпус клапанної секції»

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				14
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі

Представлена деталь налічує у собі велику кількість різьбових з'єднань. Можемо зробити висновок, що за призначенням відповідна деталь «Корпус клапанної секції» слугує для з'єднання агрегатних вузлів клапанної секції. Відповідно для уникнення зайвих деформацій виріб повинен мати достатню міцність та жорсткість.

Висновок: деталь повністю відповідає заданим умовам роботи.

### 2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Для даного виробу заготовку виготовляють з сірого чавуну СЧ25 ГОСТ 1412-85. У таблиці 2.1 представлені фізико-механічні властивості даного матеріалу [5]. Проаналізувавши їх можна дійти висновку, що даний матеріал здатний забезпечити витривалу роботу в необхідних умовах експлуатації. Деталі виготовлені з сірого чавуну мають низьку чутливість до зовнішніх реагентів, знижені напруги при постійних навантаженнях, значно вищий коефіцієнт поглинання вібрацій у деталей (у декілька разів вище, ніж в сталі).

Особливістю сірого чавуну є наявність ньому графіту, який покращує умови змащування при терті. Також даний компонент підвищує антифрикційні властивості матеріалу. Важливою характеристикою для сірих чавунів є покращені ливарні властивості, які дають змогу для виготовлення якісних заготовок та добре оброблюються ріжучими лезовими інструментами. Це дає можливість отримати високу продуктивність при обробленні деталі.

Таблиця 2.1 — Фізико-механічні характеристики чавуну СЧ25 ГОСТ 1412-85

Тимчасовий опір при розтягуванні, $\sigma_s$ , МПа	Твердість, НВ Н/мм <sup>2</sup>	Густина, $\rho$ кг/м <sup>3</sup>	Масова частка елементів, %				
			<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>S</i>	<i>P</i>
250	156 - 260	7200	3,2–3,4	1,4–2,2	0,7–1	≤ 0,15	≤ 0,2

## 2.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва

Тип виробництва — це категорія виробництва, що класифікує його за відповідними ознаками: обсягу продукції що випущено за рік, відповідною номенклатурою та стабільністю виготовлення продукції, як однотипної так і ні.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-6.1.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				15
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зважаючи на стандарти представлені в Україні – ГОСТ 3.1108-74 Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) та ГОСТ 14.004-74 Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ), визначаємо тип виробництва для представленого виробу.

Ключовою характеристикою при визначенні типу виробництва слугує коефіцієнт закріплення операцій ( $K_{з.о}$ ), Даний коефіцієнт визначають з відношення операцій, що повинні виконуватись протягом ключового періоду часу до повної кількості робочих місць на даному виробництві.

Відношення числа всіх технологічних операцій, що виконуються, або ж заплановані до виконання протягом календарного місяця, до числа фактичних робочих місць називають коефіцієнтом закріплення (ДСТУ 2974-95).

Закінченою частиною технологічного процесу, що виконується над однією деталлю, певною кількістю інструментів, одним або ж декількома робітниками на одному робочому місці, називають операцією (ДСТУ 2391-94).

Елементарною одиницею виробничих структур, що включає в себе певну кількість простору, для здійснення трудової діяльності з використанням матеріального та технічного забезпечення, спеціалізованого обладнання, яке використовуватимуть в процесі роботи, називають робочим місцем.

Розрахувати коефіцієнт закріплення операції можна за формулою поданою нижче:

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^n ОП_i}{\sum_{j=1}^n РМ_j} \quad (2.1)$$

де  $K_{з.о}$ . — коефіцієнт закріплення операції, розрахований на один робочий місяць;

$ОП$  — кількість операція, що виконуються на дільниці на протязі робочого місяця;

$РМ$  — кількість робочих місць на дільниці, які виконують відмінні технологічні операції.

З огляду на представлену вище формулу, можна зробити висновок що її застосування можливе тільки при наявності фактично спроектованої дільниці цеху.

З практичних міркувань варто застосовувати аналоговий спосіб визначення конкретного типу виробництва методом визначити річний обсяг продукції, що виготовляється та масу виготовлюваної деталі. Такий метод застосовується для попереднього проектування виробництва

Оскільки ми виконуємо попереднє проектування деталі за допомогою віртуального середовища для 3-D моделювання «SolidWorks» (Рис.2.2), даний програмний засіб дозволяє нам визначити масові характеристики виробу.

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				16
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Масса = 2651.94 граммов  
 Объем = 368324.95 кубические миллиметры  
 Площадь поверхности = 63953.16 квадратных миллиметры

Рисунок 2.2 Характеристики деталі

З отриманих програмних даних, визначаємо, що маса деталі становить  $m = 2,65$  кг; обсяг випуску  $N_p = 300$  штук на рік.

Зважаючи на вихідні дані тип виробництва визначаємо за даними табл.2.2.

Таблиця 2.2 – Аналогові дані для визначення типу виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт		
	легкі, масою до 20 кг	середні, масою 20...30 кг	важкі, масою більше 30 кг
Одиничний	до 100	до 10	1...5
Малосерійний	101...500	11...200	6...100
Середньо серійний	501...5000	201...1000	101...300
Велико серійний	5001...50000	1001...5000	301...1000
Масовий	більше 50000	більше 5000	більше 1000

Таблиця 2.3 Залежність типу виробництва від маси деталі і виготовлюваної продукції [1].

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	малосерійне	середньо-серійне	велико-серійне	масове
до 1.0	до 10	10...2000	1500...1000000	75000...200000	>200000
1.0...2.5	до 10	10...1000	1000...50000	50000...100000	>100000
2.5...5.0	до 10	10...500	500...35000	35000...75000	>75000
5.0...10	до 10	10...300	300...25000	25000...50000	>50000
Більше 10	до 10	10...200	200...10000	10000...25000	>25000

Для маси деталі  $m = 2,65$  кг та обсягу випуску продукції протягом року  $N_p = 300$  штук на рік тип виробництва буде малосерійне.

Малосерійним виробництвом називають таке, що характеризується одночасним виготовленням на підприємстві конкретної обмеженої номенклатури однотипної продукції, випуск якої періодично повторюється протягом тривалого періоду (ДСТУ 2960-94).

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				17
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продукт виробництва надходить на виробництво партійно протягом певного проміжку часу. Тому серійність виробництва характеризується обмеженим асортиментом виготовлюваної продукції.

Серійність виробництва класифікують та поділяють на такі типи: малосерійне, середньосерійне та великосерійне виробництво.

При серійному виробництві, зважаючи на спеціалізоване обладнання та оснащення робочих місць є можливість залучення спеціалістів середнього класу. У такий спосіб є можливість зниження собівартості продукції, з урахування на середній рівень заробітної плати для таких робітників.

При серійному виробництві протягом певного терміну характерне повторення виготовлення певної партії продукції. Серійність виробництва на підприємстві характеризується великою номенклатурою виготовлюваної продукції. Перевипуск партії на виробництві можливий з використанням спеціалізованих та підготовлених виробничих дільниць.

Відмітними рисами серійного виробництва є:

- конкретне робоче місце закріплює за собою від однієї до 20 операцій щоперіодично повторюються;
- більшість обладнання, що застосовується на виробництві є спеціалізованим, тому розміщується потехнологічності;
- предмети праці пересувають в рамках підприємства з урахуванням паралельної послідовності роботи з продуктом;
- номенклатура продукції не є стійкою, можливе повторне виготовлення певного типу продукції в рамках певного періоду;
- для виготовлення окремих типів продукції у великій кількості (тобто в рамках масового виробництва) протягом тривалого проміжку часу застосовують вузькоспеціалізованого робочі місця або підприємства,
- при масовому виробництві головним аспектом є мінімізація робочої сили та автоматизація підприємства;
- виготовлювана продукцію в рамках серійного виробництва є типовою, та використовується у механізмах промислових та господарчих механізмах (хімічна, сільськогосподарча промисловість).

Висновок: З огляду на вище зазначені фактори та особливості серійного виробництва, для виготовлення деталі «Корпус клапанної секції» варто використати малосерійний тип виробництва.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				18
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність є особливістю конструкції механізмів, вузлів, і деталей, за яких забезпечуються їх високі експлуатаційні та технічні характеристики з мінімальними витратами робочої сили та виконаної корисної праці на їх оброблення та виготовлення.

Розгляд технологічності деталі включає в себе комплекс заходів по забезпеченню потрібного рівня технологічності конструкції за визначеними показниками, спрямована на покращення продуктивності роботи, зменшенню затрат та скорочення часу на виготовлення виробу з урахуванням необхідних характеристик та параметрів точності.

Оцінку на технологічність поділяють на два типи:

- якісна;
- кількісна.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції на основі загально сформованого досвіду і використовується при всіх етапах проектування як попередня.

Кількісна оцінка на технологічності виробу характеризується числовими показниками і є раціональною лише у тому випадку коли представлені показники значною мірою впливають на технологічну складову виробу.

Сучасні верстати з числовим програмним управлінням майже повністю усувають проблему технологічності конструкції виробу, оскільки їх технологічні можливості та система керування верстатом практично не мають перешкод у формуванні конструктивних особливостей деталей та виготовлюваних виробів.

Заготовка деталі «Корпус клапанної секції» є технологічна. Конструкція деталі складається з простих поверхонь, оброблення яких не вимагає фактичного використання складного спеціалізованого обладнання та інструменту, забезпечує достатньо вільного простору для різального та вимірювального інструменту. Деталь має достатню жорсткість. Це допускає застосування високих режимів різання при обробленні.

Умови технологічності деталі:

- допускається оброблення певних поверхонь деталі на прохід;
- для оброблення використовуються стандартні різальні та вимірювальні інструменти;
- оброблення більшості поверхонь досить зручне, та дозволяє забезпечити оброблення підведенням стандартного різального інструменту.

Висновок: зважаючи на те, що технологічний процес по виробництву деталі проектуватимемо для умов серійного виробництва з використання верстатів з числовим програмним управлінням, то деталь «Корпус клапанної секції» є технологічною.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				19
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.4 Проектування конструкції заготовки

### 2.4.1 Визначення виду та способу виготовлення заготовки

На етапі підготовки та визначенні способу та типу виготовлення заготовки є важливим проектування технологічного процесу виготовлення деталей. Від цього значною мірою залежатиме величина припусків на оброблення поверхонь, величина надлишкових напружень та особливості зняття поверхневих шарів при чорновому обробленні.

Заготовка – деталь перед початком механічного оброблення. Правильно підібрана заготовка забезпечує мінімальні відходи матеріалів у стружку та зменшення витрат на електроенергію, використання робочої сили та інші.

Раціональна заготовка має максимальне приближена форми та розмірів до виготовлюваної деталі.

Основними фактори впливу на визначення заготовки є такі, що визначають габарити, технологічні властивості матеріалу, конфігурацію, розміри деталі, необхідну точність виготовлення заготовки та якість поверхні яка оброблюється, розмір річний обсяг за виробничою програмою.

В машинобудуванні заготовку отримують наступними методами:

- литтям;
- пластичним деформуванням;
- відділенням (відрізанням або вирізанням) від стандартного сортового прокату (прутків, плит, листів, складних профілів);
- методами порошкової металургії;
- комбінованими методами, коли певні частини заготовки виготовляються литтям, або пластичним деформуванням, а їх з'єднання виконують зварюванням.

При визначення виду виготовлення заготовки приймаємо до уваги фізико-механічні характеристики матеріалу, особливості конструкції деталі та її умови роботи у вузлі. При виготовлення заготовок деталей машин, як правило використовують конструкційні сталі та чавуни.

Креслення деталі є вихідним документом для проектування заготовки. На ньому вказано конструкційний матеріал та відповідний стандарт, який визначає його основні фізико-механічні характеристики, масу деталі та додатково необхідно приймати до уваги обсяг продукції, що випускається

При виготовленні деталі «Корпус клапанної секції» конструктором було обрано матеріал сірий чавун СЧ25. Беручи до уваги конструкційні особливості представлену деталь, заготовку виготовляємо методом лиття, що дозволить знизити вартість виготовлення продукту.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				20
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для обґрунтованого визначення виду і способу виготовлення заготовки необхідно послідовно визначити наступні показники конструкції деталі:

- код конструкційного матеріалу (КМ);

Таблиця 2.3 — Загальна класифікація конструкційних матеріалів за видами виготовлення заготовок

Код матеріалу (КМ)	Конструкційні матеріали	Окремі марки конструкційних матеріалів даної групи
I	<i>Матеріали для виготовлення заготовок литтям</i>	
11	<i>Чавуни:</i>	
	сірі чавуни (ГОСТ 1412-85)	СЧ10; СЧ15; СЧ20; СЧ30; СЧ35
	високоміцні чавуни (ГОСТ 7293-85)	ВЧ35; ВЧ40; ВЧ45; ВЧ60; ВЧ100
	ковкі чавуни (ГОСТ 1215-79)	КЧ 30-6; КЧ 60-3; КЧ 70-2
	леговані чавуни (ГОСТ 7769-82)	ЧХ1; ЧС17; ЧЮ6С5; ЧНХТ

- код серійного виготовлення заготовок (КС);

Проектування конструкції заготовки потребує визначення техніко-організаційних умов виробництва заготовок, для характеристики якого використовують коефіцієнт серійності (КС) і його значення визначають за табличними даними наведеними нижче.

Таблиця 2.4 — Визначення коефіцієнту серійності виготовлення заготовок

Маса заготовки, кг	Код групи серійності (КС) для заданого обсягу випуску заготовок				
	1	2	3	4	5
до 20	<300	300-3000	3001-35000	35001-200000	>200000

- код конструкційної форми (КФ);

Важливим фактором, який потрібно враховувати під час проектування заготовок є характеристика конструктивної форми деталі, що визначає особливості геометричних параметрів конструкції деталі. Конструктивні форми деталей загального машинобудування поділяють на одинадцять груп. За відповідними характерними конструктивними ознаками та особливостями заготовки визначають код форми (КФ), необхідні дані для визначення якого наведено в табл.2.5.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				21
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 — Конструктивні форми деталей

Код форми (КФ)	Основні конструктивні ознаки деталі	Приклади конструкцій
3	<i>Призматичні деталі</i>	
31	Деталі простої форми, які складаються з гладких або ступінчастих площин, циліндричних або комбінованих поверхонь з наявністю буртів, ребер, бобишок, фланців та отворів	Плити, кронштейни, фланці, накривки, щоки
32	Коробчасті рознімні корпусні деталі з установочною поверхнею, яка паралельна або перпендикулярна до площини рознімання, які мають одну або більше базових поверхонь, а також ребра, заглиблення та виступи	Корпуса редукторів та варіаторів, коробок швидкостей, коробок подач
33	Деталі закритої та частково відкритої циліндричної і коробчастої форми. Зовнішні поверхні можуть мати плоску та криволінійну форму з кронштейнами, фланцями, патрубками та іншими елементами. Внутрішні поверхні найчастіше мають складну форму з значними виступами та заглибленнями	Станини металорізальних верстатів, столи верстатів, супорти, блоки циліндрів двигунів внутрішнього згоряння, корпуси газових та водяних насосів, корпуси електродвигунів

- код маси заготовок (КВ);

Будь-який спосіб виготовлення заготовки потребує відповідного технологічного обладнання, що має обмеження за розмірами технологічної зони, габаритними розмірами заготовок, допустимими зусиллям робочого органу та інше. Загальним показником представлених обмежень є маса заготовки. Для визначення коду маси заготовки (КВ) варто використовувати рекомендації, які наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 — Визначення коду маси заготовки

Код маси заготовки (КВ)	Маса заготовки, $M_z$ , кг	Код маси заготовки (КВ)
1	до 20	5

Зважаючи на визначені характеристиками заготовки, що виражаються чисельними кодами, визначаються коди доцільних способів виготовлення заготовки.

Рекомендаційний аналіз свідчить про можливість застосовувати декілька способів виготовлення заготовок при однакових сукупностях визначених кодів, що потребує подальшого обґрунтування, або спростування при прийнятті рішень. За результатами практичного використання різних видів та способів виготовлення заготовок представлені

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				22
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



основні характеристики якості поверхонь, які найчастіше обмежуються точністю розмірів поверхонь та параметрів шорсткості оброблюваних поверхонь. Основні характеристики традиційних технологічних процесів виготовлення заготовок, економічна точність розмірів та параметри шорсткості поверхонь, що виготовляють різними видами та способами.

Таблиця 2.7 — Економічна точність розмірів та параметри шорсткості поверхонь заготовки, які виготовлені різними видами та способами

Код	Вид та способи виготовлення заготовок	Точність розмірів, IT	Параметр шорсткості, $R_a$ , мкм
1	<i>Литтям</i>		
11	<i>Лиття в піщано-глинисті форми</i>		
111	ручне формування за дерев'яними моделями	17	80-20
112	ручне формування за металевими моделями	16-17	40-10
113	машинне формування за металевими моделями	14-16	20-5
12	<i>Лиття в оболонкові форми</i>		
13	<i>Лиття в кокілі</i>		
14	<i>Відцентрове лиття</i>		
15	<i>Лиття під тиском</i>		
16	<i>Лиття за моделями, що виплавляються</i>		

Зважаючи на вище подані дані для обґрунтованого визначення виду та способу виготовлення заготовки, маємо наступні показники конструкції деталі:

- код конструкційного матеріалу (KM) — 11;
- код серійності виготовлення заготовок (КС) — 1;
- код конструкційної форми (КФ) — 31;
- код маси заготовок (KB) — 5;

На основі визначених чотирьох показників отримуємо коди способів виготовлення заготовок для даної деталі: такими кодами є 112;113;

Це лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням за металевими моделями (код 112) та з машинним формуванням за металевими моделями (код 113). Обираємо лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за металевими моделями (код 113).

За довідниками визначаємо економічну точність розмірів (IT) що становить 14-16 та параметри шорсткості поверхонь ( $R_a$ ) заготовки, відповідно 20-5мкм.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				23
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.4.2 Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів

Для кінцевого прийнятого способу отримання виливка литтям у піщані форми з машинним формуванням за металевими моделями згідно з ГОСТ 26645-85 призначаємо:

1. Технологічний процес лиття — лиття у піщано-глинисті сирі форми з високовологих (більше 4,5 %), низькоміцних (до 60 кПа або 0,6 Н/см<sup>2</sup>) сумішей з низьким рівнем ущільнення до твердості нижчої 70 одиниць; клас розмірної точності виливка: 10;
2. При визначенні ступеня жолоблення елементів виливка необхідно враховувати, що виливок не має тонких та довгих елементів, схильних до жолоблення, представляє собою жорстку конструкцію з відношенням найменшого розміру до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка), яке (приблизно за розмірами деталі) дорівнює 0,02; приймаємо ступінь жолоблення елементів виливка: 5;
3. Ступінь точності поверхонь виливків: 13;
4. Шорсткість поверхонь виливків: Ra = 32 мкм,
5. Клас точності маси виливків: 11;
6. Ряд припусків на обробку виливка: 6;
7. Згідно з ГОСТ 26645-85 точність виливка позначається: 10-5-13-11 ГОСТ 26645-85.

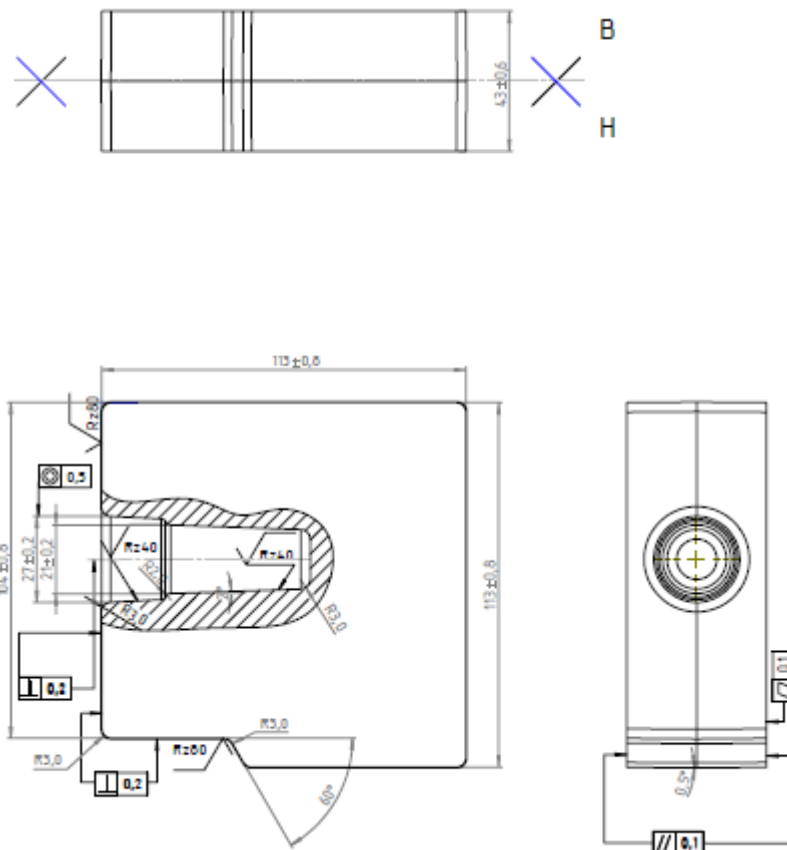


Рис. 2.3 — Ескіз заготовки

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				24
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Висновок:** Зважаючи на представленні дані, доцільно отримувати заготовку деталі «Корпус клапанної секції» методом литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за металевими моделями.

## 2.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі

Обґрунтування вибору технологічних баз передбачає послідовне виконання таких етапів:

- обґрунтування вибору загальних технологічних баз (ЗТБ);
- обґрунтування вибору технологічних баз (ТБ) для перших операцій технологічного процесу (ТП).

### 2.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

Початковими даними для вибору ЗТБ є робочий кресленик деталі і вузла в який входить задана деталь.

Попередньо необхідно виконати класифікацію поверхонь деталі за службовим призначенням.

Конструкції кожної деталі представляють, як сукупність чотирьох видів поверхонь:

- основні конструкторські бази (ОКБ);
- допоміжні конструкторські бази (ДКБ);
- кріпильні поверхні (КП);
- вільні поверхні (ВП);

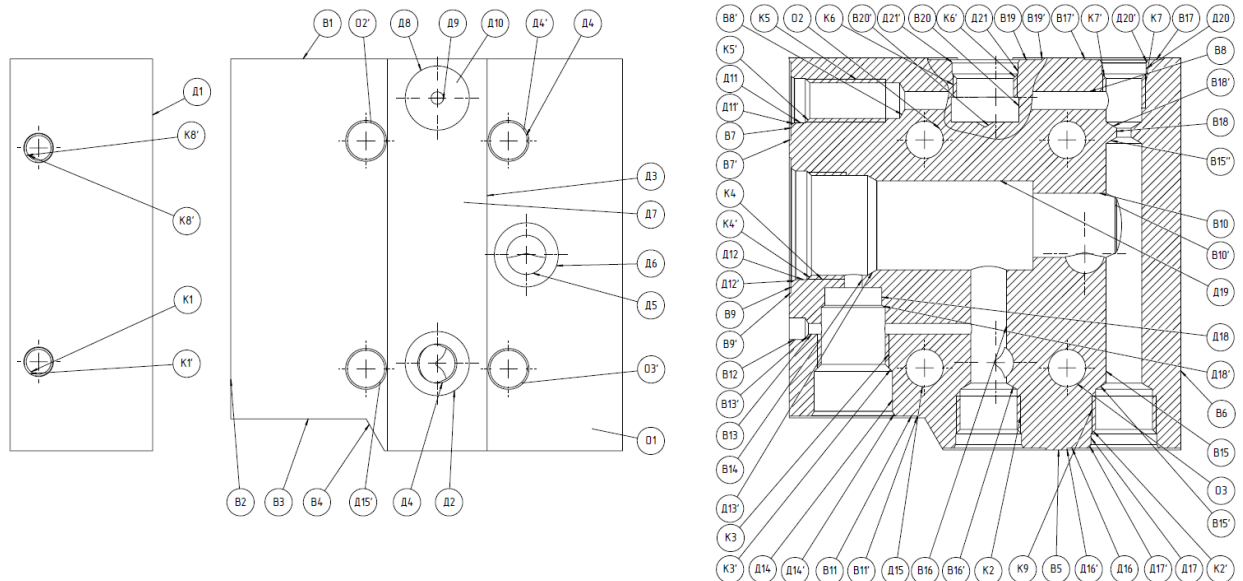


Рис. 2.4 — Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				25
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основною конструкторською базою деталі «Корпус клапанної секції» є площина основи О1 та чотири отвори О2.

- ОКБ — поверхні деталі, які визначають положення даної деталі в складальній одиниці або вузлі;  
Допоміжними конструкторськими базами є Д1- Д9.
- ДКБ — поверхні деталі, які визначають положення приєднаних до неї деталей.  
Кріпильними поверхнями є два отвори К1,2
- КП — поверхні деталей, які забезпечують фіксацію положення деталей, що приєднуються.  
Інші поверхні є вільними поверхнями В1-В7.
- ВП — додаткові поверхні деталі, які створюють єдиний геометричний образ деталі.

Зважаючи на алгоритму обґрунтування технологічних баз, перевіряємо можливість використання поверхонь основних конструкторських баз в якості загальних технологічних баз (ЗТБ).

Проаналізувавши технологічні процеси виготовлення корпусних деталей п'ятої групи, можна зробити висновок, що в переважній більшості конструкцій в якості загальних технологічних баз використовуються поверхні основних конструкторських баз. Відповідно, є очевидним, що поверхні основних конструкторських баз можуть бути використані в якості загальних технологічних баз. Теоретична схема базування по загальним технологічним базам наведено на рис.2.5

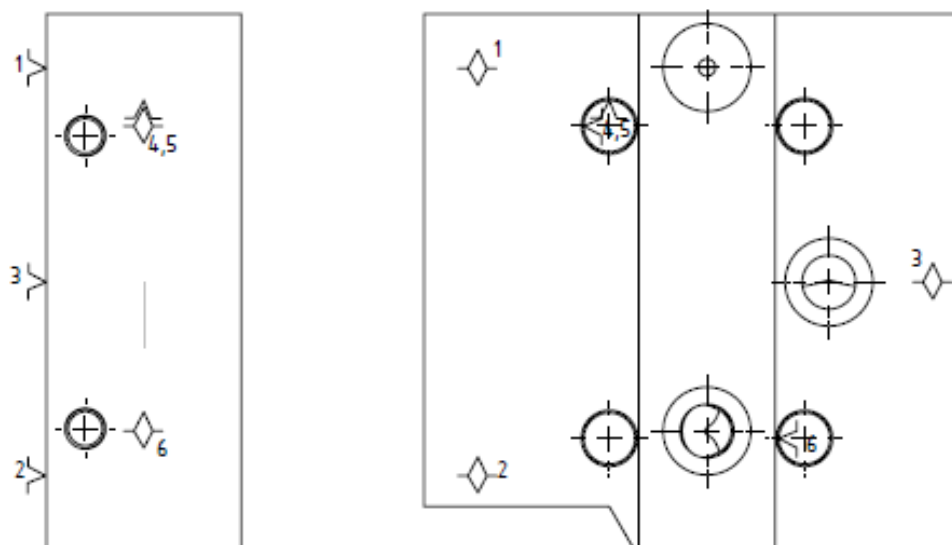


Рис. 2.5 — Теоретична схема базування по загальним технологічним базам

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				26
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Структурна формула схеми базування по загальним технологічним базам має вид:

$$СБ_{зтб} \Rightarrow У(3) + ПО(2) + О(1) \quad (2.2)$$

Реалізація такої схеми базування передбачає використання відповідних установочних елементів для реалізації площини У(3), подвійна опорна база ПО(2) реалізується циліндричним коротким пальцем та опорна база О(1) реалізується ромбічним (зрізаним) пальцем.

Наведена схема базування надає можливість для оброблення більшості обробних поверхонь і може бути використана на певних операціях технологічного процесу оброблення заданої корпусної деталі.

### 2.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій

Наступним етапом вибору технологічних баз, є необхідність визначити схему базування для перших технологічних операцій. Загальною вимогою до можливих схем базування є забезпечення можливості оброблення комплекту поверхонь загальних технологічних баз.

Якщо за першу технологічну операцію повний комплект загальних технологічних баз не оброблено, то в комплект технологічних баз для наступних технологічних операцій обов'язково повинні входити попередньо оброблені головні базові поверхні, до яких відносять установочну базу У(3) або подвійну опорну базу ПО(2).

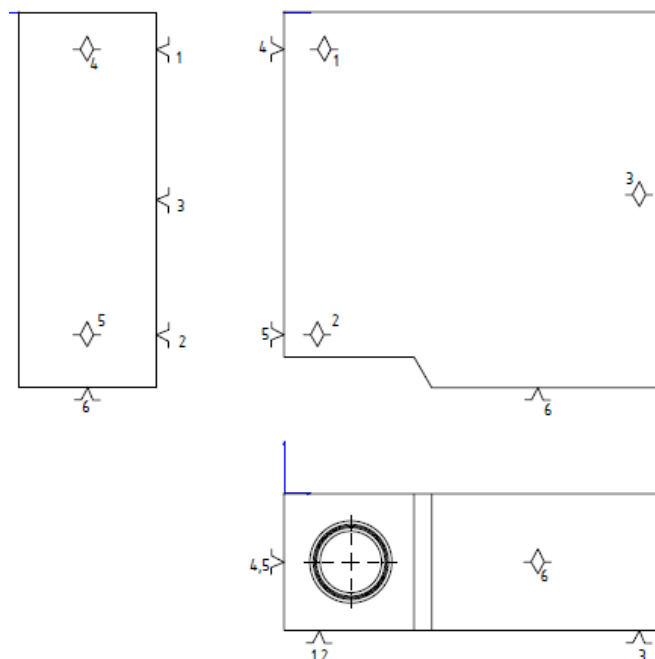


Рис. 2.6 — Теоретична схема базування по технологічним базам

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				27
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$CB_{зТБ} \Rightarrow V(3) + H(2) + O(1) \quad (2.3)$$

При застосуванні даної схеми базування в якості технологічних баз прийняті необробні поверхні, що забезпечують після оброблення правильне просторове розташування необроблених поверхонь заготовки відносно оброблених.

Дана схема проста в реалізації, реалізується стандартними машинними лещатами, забезпечує постійну товщину фланця.

Недоліком такої схеми є те що ми будемо мати зміщення виконаних елементів відносно фланців на величину поля допуску.

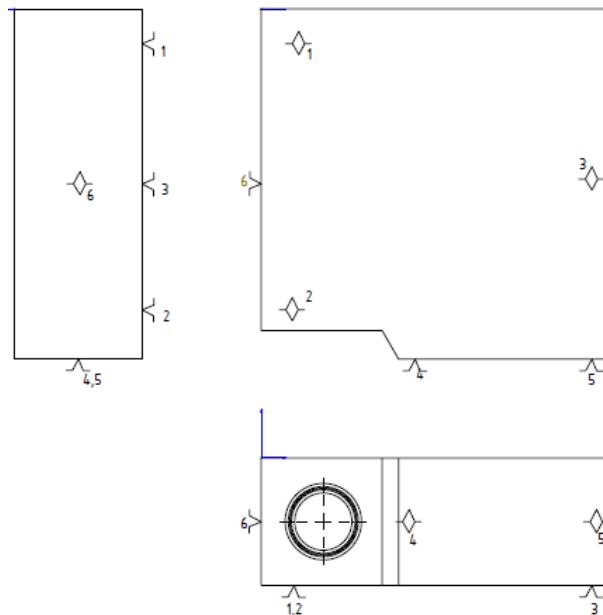


Рис. 2.7 — Теоретична схема базування по технологічним базам

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$CB_{зТБ} \Rightarrow V(3) + H(2) + O(1) \quad (2.4)$$

При застосуванні даної схеми базування в якості технологічних баз прийняті необробні поверхні, що забезпечують після оброблення правильне просторове розташування необроблених поверхонь заготовки відносно оброблених.

Дана схема проста в реалізації, реалізується самоцентрівними лещатами.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				28
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

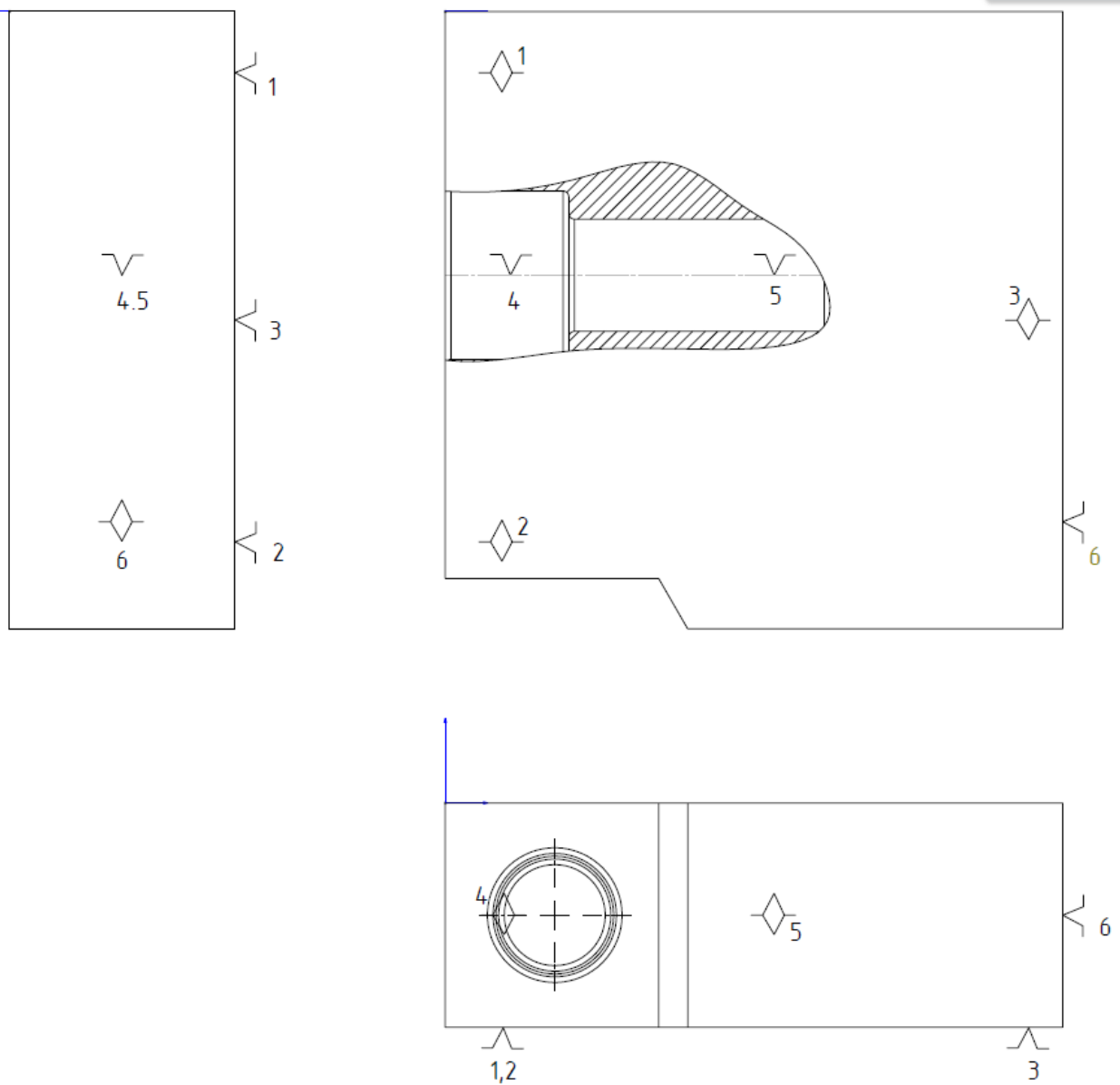


Рис. 2.8 — Теоретична схема базування по технологічним базам

Структурна формула такої схеми базування по технологічним базам має вигляд:

$$СБ_{ЗТБ} \Rightarrow У(3) + Н(2) + О(1) \quad (2.5)$$

Представлена схемареалізується з використанням розтисної оправки. Така схема базування забезпечує точне просторове розташування обробних поверхонь відносно необробних. Переваги цієї схеми базування-простота конструкції пристрою.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				29
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.6 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки

Таблиця 2.8 Технологічна послідовність оброблення поверхонь заготовки

№	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Технологічна послідовність оброблення (можливі варіанти)	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	Точність розмірів IT	Параметр шорсткості R <sub>a</sub> , мкм		Точність розмірів IT	Параметр шорсткості R <sub>a</sub> , мкм
1	2	3	4	5	6
O1	12	2,5	Фрезерування попереднє Фрезерування завершальне	12 10	10 2,5
O2, 3	10	5,0	Центрування Свердління Зенкерування	- 12 10	- 10,0 5,0
K1, 8	H11	0,63	Центрування Свердління Зенкерування попереднє Нарізання різьби	- 12 10 7	- 10,0 5,0 0,63
K2, 5, 6, 7, 9	H11	0,63	Центрування Свердління Зенкерування попереднє Нарізання різьби	- 12 10 7	- 10,0 5,0 0,63
K3, 4	H11	0,63	Розточування попереднє Розточування завершальне Нарізання різьби	12 10 7	10 5,0 0,63
Д1	14	12,5	Фрезерування попереднє	14	12,5
Д2, 6, 7, 10,	7	2,5	Фрезерування попереднє Фрезерування завершальне	12 10	10 2,5
Д4, 5, 9 15, 22	14	12,5	Центрування Свердління	- 14	- 12,5
Д11, 16, 17, 20	10	2,5	Фрезерування попереднє Фрезерування завершальне	12 10	10,0 2,5
Д12, 13, 14, 18, 19, 21	10	2,5	Розточування попереднє Розточування завершальне	12 10	10 2,5

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				30
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



B1, 2, 3, 4, 5, 6	14	12,5	Фрезерування попереднє	14	12,5
B7, 9, 11, 17, 19	14	12,5	Фрезерування попереднє	14	12,5
B8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18	14	12,5	Центрування Свердління	- 14	- 12,5
B20	14	12,5	Центрування Свердління Розточування попереднє	- 14 12	- 12,5 10

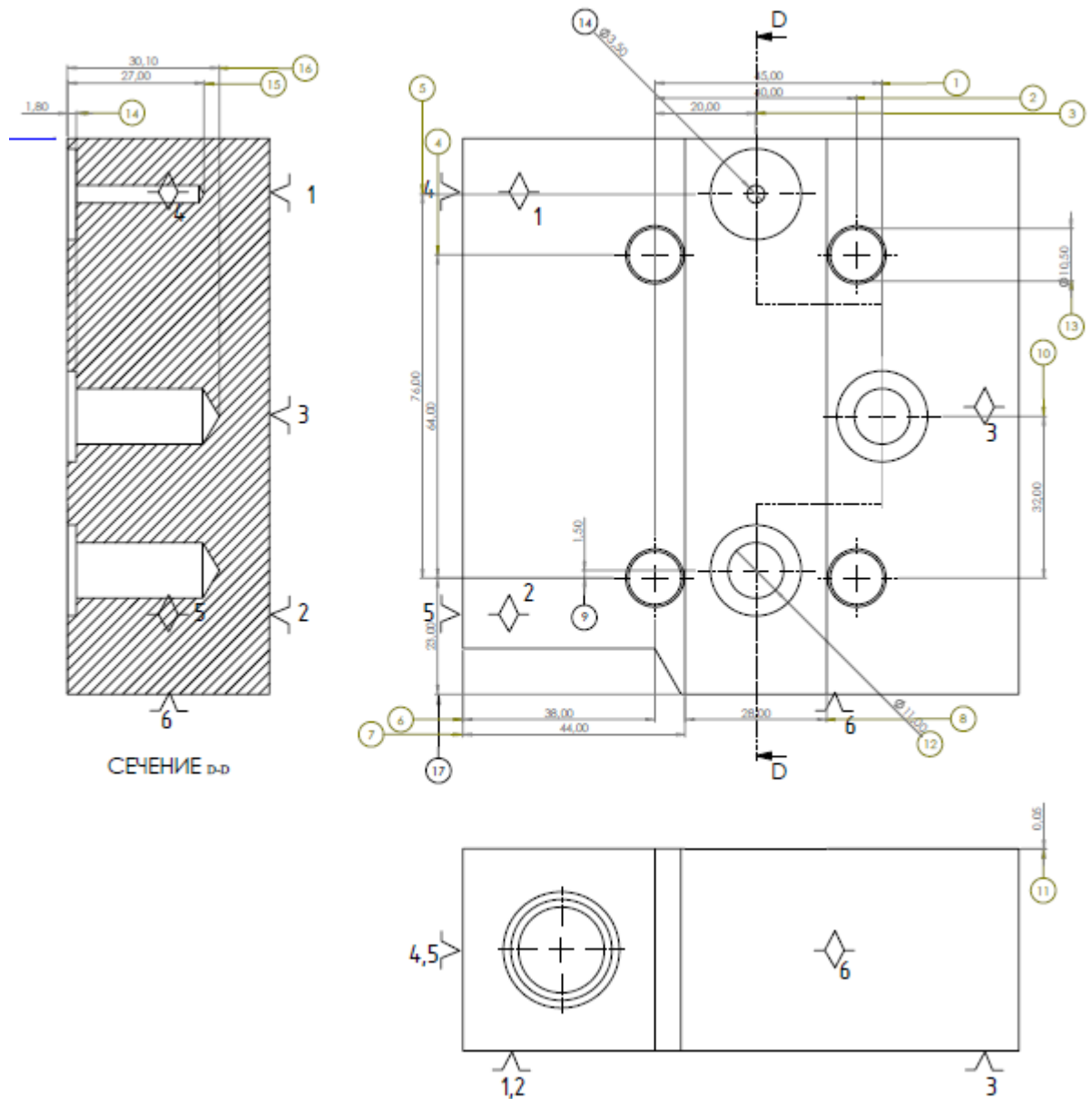
## 2.7 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус секції клапанної»

Процес проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус клапанної секції» потребує визначення послідовності виконання технологічних переходів в кожній технологічній операції.

### 005 Багатоцільова з ЧПК. Верстат моделі Haas VF-2TR

А. Установити, закріпити, зняти.

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				31
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



005.01 Фрезерувати базову поверхню.

005.02 Фрезерувати поверхні, послідовно, витримуючи розміри 1,3,5,7,8,9,10, 11,14,17.

005.03 Центрувати положення осей 7 отворів, послідовно, витримуючи розміри 1,2,3,4,5,6,10,12,13,14,16,17.

005.04 Свердлити 4 отвори, послідовно, витримуючи розміри 2,4,6,13.

005.05 Свердлити отвір, витримуючи розміри 3,5,6,14,15,17.

005.06 Свердлити 2 отвори, послідовно, витримуючи розміри 1,3,5,6,10,12,16.

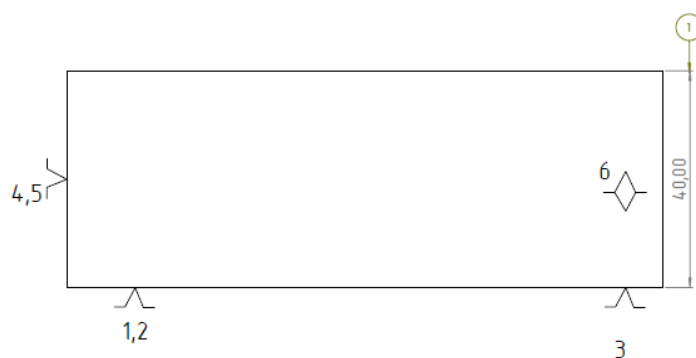
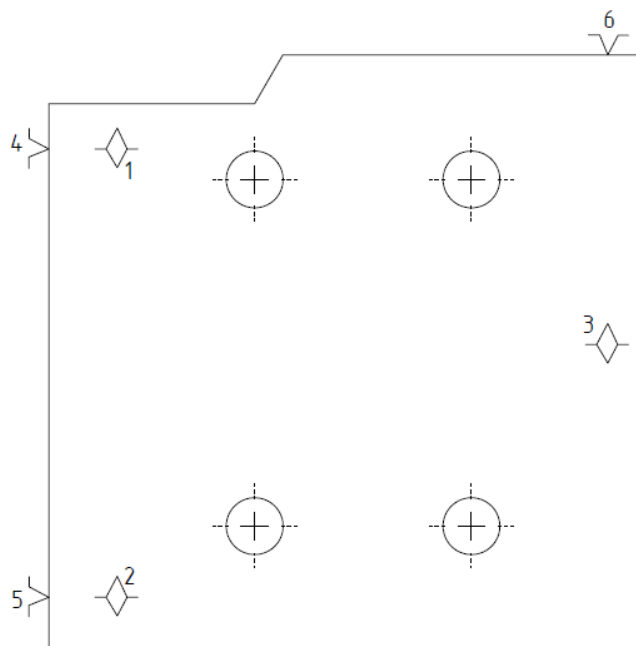
005.07 Зенкувати фаски 4 отворів, послідовно, витримуючи розміри 2,4,6,13.

005.08 Зенкерувати 2 отвори, послідовно, витримуючи розміри 2,4,6,13.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				32
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 010 Фрезерна з ЧПК. Верстат моделі Haas VF-2TR

А. Установити, закріпити, зняти.

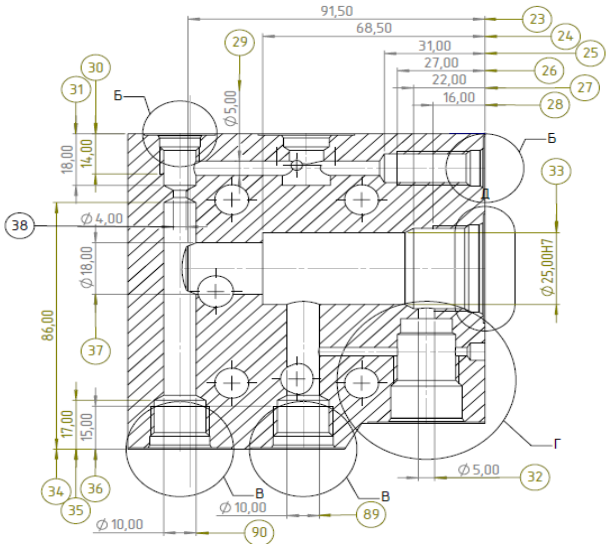
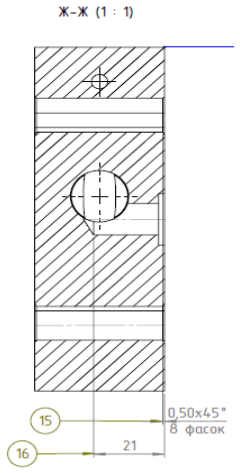
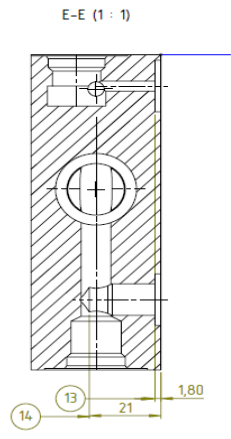
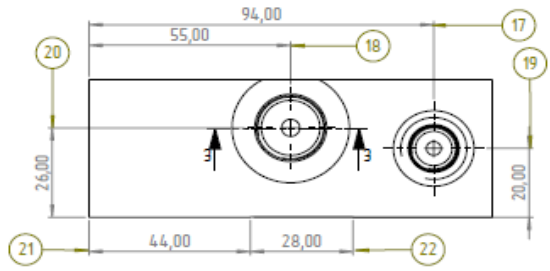
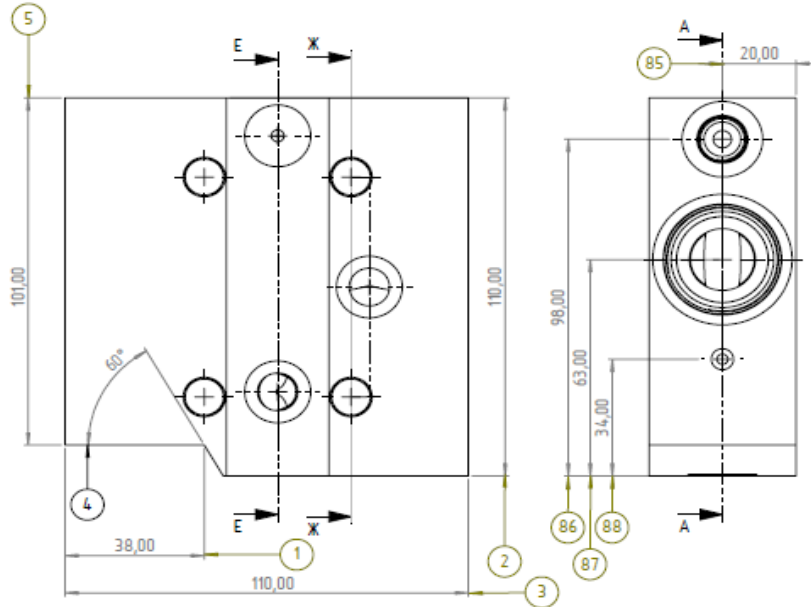
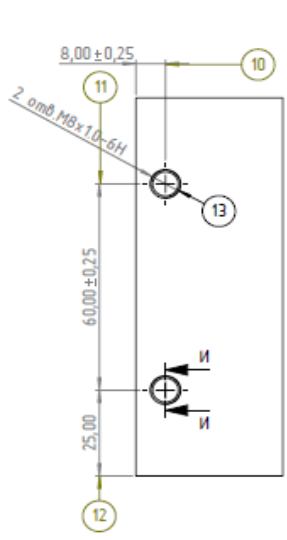
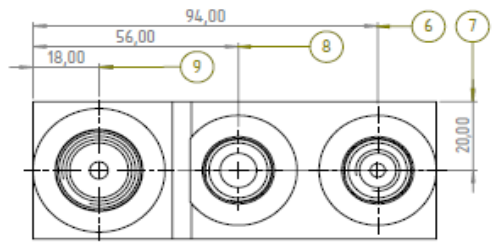


010.01 Обробити торцеву поверхню . Управляюча програма O00010

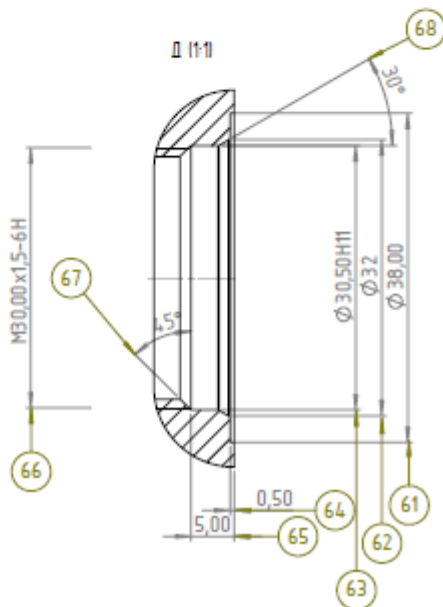
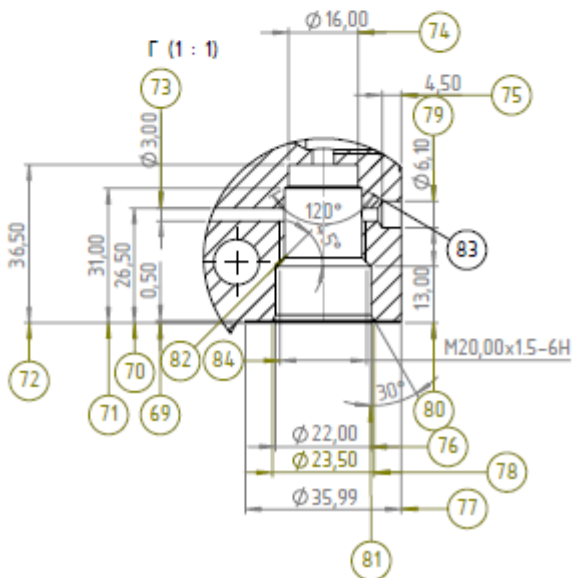
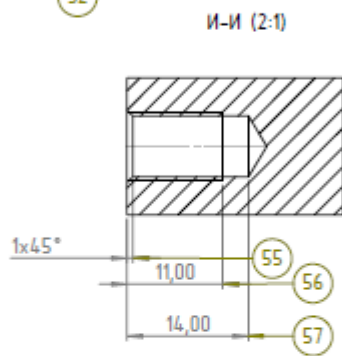
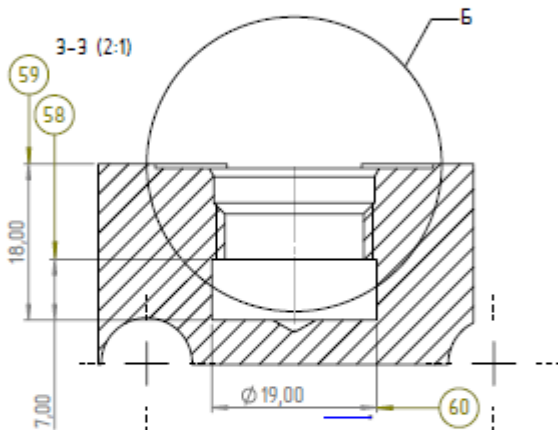
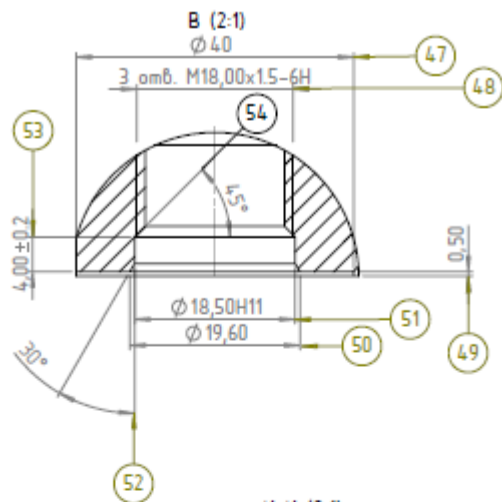
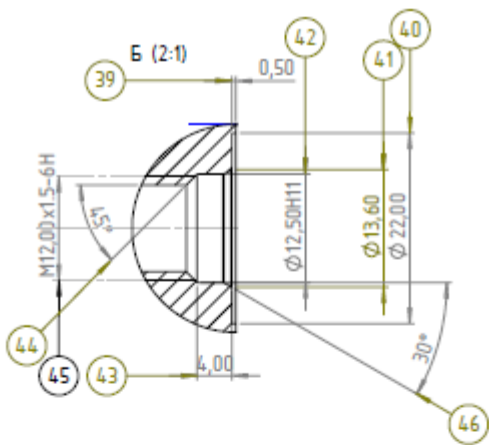
## 015 Багатоцільова з ЧПК. Верстат моделі Haas VF-2TR

А. Установити, закріпити, зняти (деталь встановлено на поворотному столі).

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				33
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



		Сімінчук І. С.				ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк. 34
		Кореньков В. М.					
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



		Сімінчук І. С.		
		Кареньков В. М.		
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ

Арк.

35

- 015.01 Обробити торцеву поверхню 3. Управляюча програма O00015
- 015.02 Обробити торцеву поверхню торцеву поверхню 2. Управляюча програма O00015
- 015.04 Обробити торцеву поверхню торцеву поверхню 5. Управляюча програма O00015
- 015.05 Обробити торцеву поверхню торцеві поверхн 4. Управляюча програма O00015
- 015.06 Центрувати положення осей отворів 10. Управляюча програма O00015
- 015.07 Центрувати положення осей отворів 17,18,19,20. Управляюча програма O00015
- 015.08 Центрувати положення осей отворів 85, 86,87,88. Управляюча програма O00015
- 015.09 Центрувати положення осей отворів 7,8,9. Управляюча програма O00015
- 015.10 Обробити поверхню отвори, послідовно 10,11,12,13. Управляюча програма O00015
- 015.11 Обробити отвір 34. Управляюча програма O00015
- 015.12 Обробити отвір 48. Управляюча програма O00015
- 015.13 Обробити отвір 29. Управляюча програма O00015
- 015.14 Обробити отвір 45. Управляюча програма O00015
- 015.15 Обробити отвір 19. Управляюча програма O00015
- 015.16 Обробити отвір 37. Управляюча програма O00015
- 015.17 Обробити отвір 73. Управляюча програма O00015
- 015.18 Обробити отвір 79. Управляюча програма O00015
- 015.19 Обробити отвір 9. Управляюча програма O00015
- 015.20 Обробити поверхню отворів 87,89,90. Управляюча програма O00015
- 015.21 Обробити поверхню отворів 42,43,51. Управляюча програма O00015
- 015.22 Обробити поверхню отворів 24,27,33. Управляюча програма O00015
- 015.23 Обробити поверхню отворів 35,48,53. Управляюча програма O00015
- 015.24 Обробити поверхню пазу 40. Управляюча програма O00015
- 015.25 Обробити поверхню пазу 39. Управляюча програма O00015
- 015.26 Обробити поверхню пазу 18. Управляюча програма O00015
- 015.27 Обробити поверхню пазу 47. Управляюча програма O00015
- 015.28 Обробити поверхню пазу 64. Управляюча програма O00015
- 015.29 Обробити поверхню пазу 69. Управляюча програма O00015
- 015.30 Обробити фаски 2 отворів 12,13. Управляюча програма O00015
- 015.31 Обробити поверхню отвір 19. Управляюча програма O00015
- 015.32 Обробити поверхню отвір 20. Управляюча програма O00015
- 015.33 Обробити поверхню отвір 67. Управляюча програма O00015
- 015.35 Обробити поверхню отвір 76. Управляюча програма O00015
- 015.36 Обробити поверхню отвір 48. Управляюча програма O00015
- 015.37 Нарізати різьбу мечиком для 2 отворів 12,13. Управляюча програма O00015
- 015.38 Нарізати різьбу мечиком для отвору 30. Управляюча програма O00015
- 015.39 Нарізати різьбу мечиком для отвору 45. Управляюча програма O00015
- 015.40 Нарізати різьбу мечиком для отвору 20. Управляюча програма O00015
- 015.41 Нарізати різьбу мечиком для отвору 36. Управляюча програма O00015
- 015.42 Нарізати різьбу мечиком для отвору 70. Управляюча програма O00015
- 015.43 Нарізати різьбу мечиком для отвору 66. Управляюча програма O00015

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				36
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

020. Мийна

025. Контрольна

### 2.8 Короткий опис вибору верстатного обладнання

При обробленні деталі «Корпус клапанної секції» на всіх представлених вище операціях доцільно використовувати багатоцільовий обробляючий верстат з числовим програмним управлінням моделі HAAS VF-2TR.



Рис. 2.9 – Вертикально-фрезерний HAAS VF-2TR

Характеристики вибраного верстату наведені в табл. 2.9.

		Смінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				37
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.10 – Основні характеристики верстату HAAS VF-2TR

Максимальне переміщення по осі X, мм	820
Максимальне переміщення по осі Y, мм	410
Максимальне переміщення по осі Z, мм	510
Довжина столу, мм	1321
Ширина столу, мм	255
Максимальне навантаження, кг	1588
Ширина T-подібних пазів, мм	16
Відстань між T-подібними пазами, мм	80
Розмір конуса шпинделя	40
Максимальна частота обертання шпинделя, об/хв.	8100
Максимальна потужність шпинделя, кВт	22,4
Максимальний крутний момент, кН	122
Максимальне осьове зусилля, кН	18,6
Максимальна швидкість подачі, м/хв	25,4
Максимальні робочі подачі по осях, м/хв	16,5
Кількість позицій в магазині, шт.	20+1
Максимальний діаметр інструменту (при зайнятих сусідніх позиціях), мм.	89
Максимальна маса інструменту, кг	5,4
Час зміни інструменту, с	4,5
Точність позиціонування, мм	±0,0076
Повторюваність, мм	±0,0051
Обсяг баку MOP, л	208

### 2.9 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки

Визначення припусків на оброблення розраховково-аналітичним методом базується на аналізі факторів, які впливають на припуски попереднього та переходу, що

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				38
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



виконується під час реалізації технологічного процесу оброблення поверхні. Величина припуску визначається методом диференційованого розрахунку за елементами, що утворюють припуск на оброблення. Такий метод передбачає розрахунок припусків по всім послідовно виконуваним технологічним переходам оброблення даної поверхні деталі. Даний принцип реалізується додаванням проміжних припусків та визначення загального припуску для оброблення певної поверхні, а також розраховують проміжні розміри, які визначають положення поверхонь і розмірів заготовки при виконанні кожного технологічного переходу.

Початковими даними для розрахунку припусків для кожної робочої поверхні є робочий кресленик деталі з заданими вимогами до характеристик якості обробних поверхонь, визначена технологічна послідовність оброблення заданої поверхні, реалізація якої сформована на формуванні поверхні з заданими креслеником характеристиками якості, теоретична схема базування та її конструктивна реалізація в пристрої при виконанні конкретного етапу оброблення, відповідна довідникова література, що вміщує необхідні дані для виконання розрахунків складових мінімального припуску.

### 2.9.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом

#### 1. Розрахунок припусків на поверхню Ø25H8.

Технологічна послідовність оброблення поверхні:

- фрезерування попереднє;
- фрезерування завершальне;

Величину розрахункового мінімального припуску на операцію (перехід) визначаємо за наступною формулою:

$$2Z_{i\ min} = 2 \cdot (R_{Zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.6)$$

$R_{Zi-1}$  – середньоарифметичне значення висоти мікронерівностей отриманих на попередньому переході або операції, мкм;  $h_{i-1}$  - глибина дефектного поверхневого шару, отримана на попередньому переході або операції, що необхідно видалити, мкм;  $\Delta_{\Sigma i-1}^2$  - векторна сума просторових відхилень взаємозв'язаних поверхонь оброблюваної заготовки, що отримали на попередньому переході, мкм;  $\varepsilon_i^2$  - векторна сума похибок базування і закріплення.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				39
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висоту мікронерівностей  $R_{Zi-1}$  та глибину дефектного шару  $h_{i-1}$  визначаємо за таблицями [10, Додаток 2].

Сумарне значення просторових відхилень для оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma i-1} = K_y \cdot \Delta \quad (2.7)$$

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення.

$\Delta$  - відхилення розташування поверхонь.

Для заготовки  $\Delta$  знаходимо за таблицями [7, с. 182 – 190].

$$\Delta = 500 \text{ мкм} \quad (2.8)$$

#### Розточування чорнове

Відхилення розташування поверхонь:

$$\Delta = 0,06 \cdot 500 = 30 \text{ мкм.}$$

Висота мікронерівностей:  $R_z = 100 \text{ мкм}$

Глибина дефектного шару:  $h = 100 \text{ мкм}$

Похибка установки в пристосуванні:

$$\varepsilon_y = 40 \text{ мкм}$$

#### Розточування напівчистове

Відхилення розташування поверхонь:

$$\Delta = 0,05 \cdot 500 = 25 \text{ мкм.}$$

Висота мікронерівностей:  $R_z = 50 \text{ мкм}$

Глибина дефектного шару:  $h = 50 \text{ мкм}$

Похибка установки в пристосуванні:

$$\varepsilon_y = 24 \text{ мкм}$$

#### Розточування чистове

Відхилення розташування поверхонь:

$$\Delta = 0,04 \cdot 500 = 20 \text{ мкм.}$$

Висота мікронерівностей:  $R_z = 25 \text{ мкм}$

Глибина дефектного шару:  $h = 25 \text{ мкм}$

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				40
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибка установки в пристосуванні:

$$\varepsilon_y = 16 \text{ мкм}$$

Визначимо значення мінімальних припусків:

Розточування чорнове

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (500 + \sqrt{500^2 + 40^2}) = 2003,2 \text{ мкм} \quad (2.9)$$

Розточування напівчистове

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (100 + 100 + \sqrt{30^2 + 24^2}) = 476,8 \text{ мкм} \quad (2.10)$$

Розточування чистове

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{25^2 + 16^2}) = 259,4 \text{ мкм} \quad (2.11)$$

Допуски на кожному переході приймаємо квалітетами, що відповідають точності обробки на переході, що розглядається:

Заготовка

$$T = 1900 \text{ мкм}$$

Розточування чорнове

$$T = 3300 \text{ мкм}$$

Розточування напівчистове

$$T = 100 \text{ мкм}$$

Розточування чистове

$$T = 33 \text{ мкм}$$

Максимальний розрахунковий розмір:

$$d_{\max} = d_{\min} + Td = 25 + 0.033 = 25,033 \text{ мм} \quad (2.12)$$

Максимальний розмір на попередньому переході:

$$d_{\max-1} = d_{\max i} - 2z_{\min i} \quad (2.13)$$

Найбільші граничні значення по всім технологічним переходам округлюють зменшення їх до того ж дробу, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				41
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо фактичні значення припусків:

$$2Z_{max} = d_{\min i} - d_{\min i-1} \quad (2.14)$$

$$2Z_{\min} = d_{\max i} - d_{\max i-1} \quad (2.15)$$

Визначаємо загальні припуски на оброблення

$$2Z_{\min}^{\text{заг}} = 2000 + 480 + 263 = 2743 \text{ мкм} \quad (2.16)$$

$$2Z_{\max}^{\text{заг}} = 3570 + 710 + 330 = 4610 \text{ мкм} \quad (2.17)$$

Виконуємо перевірку вірності розрахунків:

$$2Z_{\Sigma \max}^{\text{заг}} - 2Z_{\Sigma \min}^{\text{заг}} = 4610 - 2743 = 1867 \text{ мкм} \quad (2.18)$$

$$T_{\text{заг}} - T_1 = 1900 - 39 = 1867 \text{ мкм.} \quad (2.19)$$

Таблиця 2.10 – Карта розрахунку припусків на оброблення граничних розмірів по технологічним переходам.

Методи оброблення поверхні Ø75H9	IT	Елементи припуску, мм				Розрахунковий припуск $2Z_{\Sigma}$ , мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск на виготовлення, мкм	Розміри по переходам		Граничні припуски	
		$R_z$	$f_t$	$\Delta$	$\varepsilon$				$d_{\min}$ мм	$d_{\max}$ мм	$2Z_{\min}$ мкм	$2Z_{\max}$ мкм
Заготовка	14	500	-	500	-	-	22,2936	1900	20,39	22,29	-	-
Розточування чорнове	11	100	100	30	40	2003,2	24,2968	330	23,96	24,29	2000	3570
Розточування напівчистове	9	50	50	25	24	476,8	24,7736	100	24,67	24,77	480	710
Розточування чистове	8	25	25	20	16	259,4	25,033	33	25	25,033	263	330
											2743	4610

## 2. Розрахунок припусків на поверхню 40h12.

Технологічна послідовність оброблення поверхні:

- фрезерування попереднє;
- фрезерування завершальне.

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				42
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величину розрахункового мінімального припуску на операцію (перехід) визначаємо за наступною формулою:

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (R_{Zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.20)$$

$R_{Zi-1}$  – середньоарифметичне значення висоти мікронерівностей отриманих на попередньому переході або операції, мкм;  $h_{i-1}$  - глибина дефектного поверхневого шару, отримана на попередньому переході або операції, що необхідно видалити, мкм;  $\Delta_{\Sigma i-1}^2$  - векторна сума просторових відхилень взаємозв'язаних поверхонь оброблюваної заготовки, що отримали на попередньому переході, мкм;  $\varepsilon_i^2$  - векторна сума похибок базування і закріплення.

Висоту мікронерівностей  $R_{Zi-1}$  та глибину дефектного шару  $h_{i-1}$  вибираємо за таблицями [10, ст. 48-50].

Сумарне значення просторових відхилень для оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma i-1} = K_y \cdot \Delta \quad (2.21)$$

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення.

$\Delta$  - відхилення розташування поверхонь.

Для заготовки  $\Delta$  знаходимо за таблицями [2, с. 182 – 190].

$$\Delta = 500 \text{ мкм}$$

$$R_z + h = 500 \text{ мкм} \quad (1.22)$$

#### Фрезерування попереднє

Відхилення розташування поверхонь:

$$\Delta = 0,05 \cdot 500 = 25 \text{ мкм.}$$

Висота мікронерівностей:  $R_z = 100 \text{ мкм}$

Глибина дефектного шару:  $h = 100 \text{ мкм}$

Похибка установки в пристосуванні:

$$\varepsilon_y = 200 \text{ мкм}$$

#### Фрезерування остаточне

Відхилення розташування поверхонь:

$$\Delta = 0,005 \cdot 500 = 2,5 \text{ мкм.}$$

Висота мікронерівностей:  $R_z = 25 \text{ мкм}$

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				43
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Глибина дефектного шару:  $h=25\text{мкм}$

Похибка установки в пристосуванні:

$$\varepsilon_y = 10 \text{ мкм}$$

Визначимо значення мінімальних припусків:

Фрезерування попереднє

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (500 + \sqrt{500^2 + 200^2}) = 2077,04 \text{ мкм} \quad (2.23)$$

Фрезерування остаточне

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (100 + 100 + \sqrt{25^2 + 10^2}) = 453,85 \text{ мкм} \quad (2.24)$$

Мінімальний розрахунковий розмір:

$$d_{\max} = d_{\min} + Td = 40 + 0.03 = 39,7 \text{ мм} \quad (2.25)$$

Максимальний розмір на попередньому переході:

$$d_{\max-1} = d_{\max i} - 2Z_{\min i} \quad (2.26)$$

Найбільші граничні значення по всіх технологічних переходах округлюють зменшення їх до того ж дробу, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу.

Знаходимо фактичні значення припусків:

$$2Z_{\max} = d_{\min i} - d_{\min i-1} \quad (2.27)$$

$$2Z_{\min} = d_{\max i} - d_{\max i-1} \quad (2.28)$$

Визначаємо загальні припуски на оброблення

$$2Z_{\min}^{\text{заг}} = 2050 + 450 = 2500\text{мкм} \quad (2.29)$$

$$2Z_{\max}^{\text{заг}} = 3630 + 670 = 4300 \text{ мкм} \quad (2.30)$$

Виконуємо перевірку вірності розрахунків:

$$2Z_{\Sigma \max}^{\text{заг}} - 2Z_{\Sigma \min}^{\text{заг}} = 4300 - 2500 = 1800\text{мкм} \quad (2.31)$$

$$T_{\text{заг}} - T_1 = 2100 - 300 = 1800\text{мкм.} \quad (2.32)$$

Таблиця 2.11 – Карта розрахунку припусків на оброблення граничних розмірів по технологічним переходам.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				44
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методи оброблення поверхні Ø75H9	IT	Елементи припуску, мм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$ мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск на виготовлення, мкм	Розміри переходів		по Граничні припуски	
		$R_z$	$h$	$\Delta$	$\varepsilon$				$d_{min}$	$d_{max}$	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
		ММ	ММ	ММ	ММ				ММ	ММ	МКМ	МКМ
Заготовка	-	200	300	500	-	42,231	2100	42,2	44,3	-	-	
Фрезерування попереднє	12	100	100	25	200	2077,04	40,154	520	40,15	40,67	2050	3630
Фрезерування остаточнє	10	25	25	2,5	10	453,85	39,7	300	39,7	40	450	670
										2500	4300	

## 2.9.2 Визначення припусків аналоговим методом

Таблиця 2.13 – Таблиця припусків

Розмір поверхні деталі	Ø18,5H11	110h10	Ø12,5H11	Ø30,5H11
Шорсткість, мкм	12,5	12,5	12,5	12,5
Загальні припуски, мм	2,7	3,9	2,7	2,7
Розміри вилівка, мм	12	10	12	12
Допустимі відхилення розмірів, мм	+0,13	-0,33	+0,11	+0,16

## 2.10 Розрахунок режимів різання

### 2.10.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом

Основою представленого методу є використання емпіричних формул, що були отримані експериментальним шляхом. Дані залежності дозволяють отримати методом розрахунку основні параметри, що характеризують процес різання для різних умов різання. При знаходженні режимів різання потрібно зважати на певний порядок. Також при виборі

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				45
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та розрахунку режимів оброблення враховують розмір різального інструменту, матеріал матеріалу різальної частини на стан заготовки, обладнання та його стан.

Виконуємо розрахунок режимів для розточування отвору  $\varnothing 25\text{H}8$  [8, с. 33; 5, с. 28].

Устаткування: верстат моделі HAAS VF-2TR;

Параметри заготовки:

- оброблюваний матеріал – сірий чавун СЧ25 ГОСТ 1412-85;
- маса заготовки 2,65 кг;
- метод отримання – лиття.

Припуск на чорнове оброблення поверхні:

$$Z_{max} = 2Z_{max}/2 = 3570/2 = 1760 \text{ мкм} \quad (2.33)$$

Геометричні параметри різальної частини різця:

$$\varphi = 60^\circ; \varphi_1 = 10^\circ; \gamma = 12^\circ; \gamma_\phi = 4^\circ; \alpha = 8^\circ; \lambda = 0^\circ; f = 0,4\text{мм}; r = 1\text{мм}$$

$$t_{\text{чорн}} = 1,76\text{мм}; t_{\text{чист}} = 0,355\text{мм}; t_{\text{чист}} = 0,165\text{мм}$$

$$S_0 = 0,47 \frac{\text{мм}}{\text{об}}; T = 60\text{хв}; C_v = 215; m = 0,2; y = 0,45;$$

$$x = 0,15$$

$$V_i = \frac{0,9C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v = \frac{0,9 \cdot 215}{60^{0,2} \cdot 1,76^{0,15} \cdot 0,47^{0,45}} = 110,01 \text{ м/хв} \quad (2.34)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{qv} \cdot K_{ov} \cdot K_{rv} = 0,506 \quad (2.35)$$

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{\text{HB}}\right)^{n_v} = \left(\frac{190}{250}\right)^{1,7} = 0,627 \quad (2.36)$$

$$K_{nv} = 0,83; K_{uv} = 1,15; K_{qv} = 1,0; K_{ov} = 1,0; K_{\phi v} = 0,9; K_{\phi 1v} = 1,0$$

$$K_{rv} = 0,94$$

$$n_i = \frac{1000V_i}{\pi D} = 1000 \cdot \frac{110,01}{3,14 \cdot 22,29} = 1570,98 \quad (2.37)$$

Приймаємо  $n_\phi = 1550 \text{ об/хв}$

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 22,29 \cdot 1550}{1000} = 112,04 \text{ м/хв} \quad (2.38)$$

$$S_{\text{XB}} = 1550 \cdot 0,47 = 752 \text{ мм/хв}; \quad (2.39)$$

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				46
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Головна складова сили різання  $P_z$ , що визначає потужність, що витрачається на обробку:

$$P_z = 0,9C_p t^{x_{pz}} S^{y_{pz}} V^{n_{pz}} K_{pz} = 521,1\text{Н} \quad (2.40)$$

$$C_p = 92; n = 0; x = 1; y = 0.75 \quad (2.41)$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{op} \cdot K_{lp} \cdot K_{rv} = 0.627 \cdot 1.15 \cdot 0.94 \cdot 1 \cdot 0.93 = 0.63 \quad (2.42)$$

Потужність, яка витрачається на розточування:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{52.11 \cdot 112.04}{1000 \cdot 60} = 973\text{Вт} \quad (1.43)$$

Основний час оброблення:

$$T = \frac{L}{S} = \frac{68,5}{752} = 0.09\text{хв} \quad (2.44)$$

На основі виконаних розрахунків остаточно приймають режим різання при чорновому розточуванні отвору:  $t_{\text{чорн}} = 1,76\text{мм}$ ;  $S_0 = 0.47 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$ ;  $S_{\text{хв}} = 752 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$ ;  $n_\phi = 1550 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ ;

$$V_\phi = 112.04 \frac{\text{м}}{\text{хв}}; P_z = 521,1\text{Н}. \quad (2.45)$$

Виконуємо розрахунок режимів для фрезерування поверхні 40h12 [8,с. 85; 5,с. 28].

Устаткування: верстат моделі HAAS VF-2TR;

Параметри заготовки:

- оброблюваний матеріал – сірий чавун СЧ25 ГОСТ 1412-85;
- маса заготовки 2,65 кг;
- метод отримання – лиття.

Припуск на чорнове оброблення поверхні:

$$Z_{max} = 2Z_{max}/2 = 3630/2 = 1815 \text{ мкм} \quad (2.46)$$

Марка фрези – R220.53-0100-12-6A (Seco)

Параметри інструменту:

- діаметр фрези  $D = 80\text{мм}$

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-6.117.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				47
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- матеріал пластини – твердий сплав Т150М;

Геометричні параметри різальної частини різця:

- кути  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\varphi_1 = 5^\circ$ ;  $\gamma = 12^\circ$ ;  $\gamma_1 = 5^\circ$ ;  $\alpha = 7^\circ$ ;  $\lambda = 13^\circ$ ;

- радіус при вершині  $r = 1\text{мм}$

- переріз державки, мм – 12x3.

- кількість різальних лез  $Z=6$ .

Розміри оброблюваної поверхні 110x110 мм.

Вибір глибини різання:

На основі розрахунку припусків:

$$t = Z_{max} = 1.815 \text{ мм}$$

проте для зручності, округлюємо значення до:

$$t = 1.8 \text{ мм}$$

Розрахунок режиму чорнового фрезерування виконують за методикою, наведеною в [10] або в [11].

Вибирають попередньо подачу на зуб

$$S_z = 0.15 \text{ мм/зб, тобто } S_0 = S_z \cdot Z = 0.15 \cdot 6 = 0.9 \text{ мм/об} \quad (2.47)$$

Призначаємо період стійкості фрези  $T=30\text{хв}$ .

Швидкість різання розраховуємо за формулою [10]:

$$V_i = \frac{C_v D^{q_v}}{T m_t^{x_v} s_y^{y_v} B^{u_v} v_z^{p_v}} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (2.48)$$

Для заданих умов [8, 10]:  $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 0.79$

$$C_v = 445; q = 0.2; x = 0.15; y = 0.35; u = 0.2; p = 0; m = 0.2;$$

$$x = 0.15$$

$$V_i = \frac{445 \cdot 80^{0.2}}{30^{0.2} \cdot 1.8^{0.15} \cdot 0.15^{0.35} \cdot 110^{0.2}} \cdot 0.79 = 297.15 \text{ м/хв} \quad (2.49)$$

Розрахункова частота обертання шпинделя, яка допускає стійкість фрези:

$$n_i = \frac{1000 V_i}{\pi D} = 1000 \cdot \frac{297.15}{3.14 \cdot 80} = 1182.32 \text{ об/хв} \quad (2.50)$$

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				48
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо  $n_{\phi} = 1150$  об/хв

Окружна сила різання при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{C_p t^{x_{pz}} S^{y_{pz}} B^{n_{pz}}}{D Q p_n w^p} K_{pz} = 2452,5 \text{ Н} \quad (2.51)$$

$$C_v = 54.5; q = 1.0; x = 0.9; y = 0.75; n = 1.0; w = 0;$$

Крутний момент на шпинделі верстата:

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{245,25 \cdot 80}{2 \cdot 1000} = 9,81 \text{ кг} \cdot \text{см} = 98,1 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.52)$$

Потужність різання на шпинделі верстата:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{245,25 \cdot 297,15}{1000 \cdot 60} = 1,214 \text{ кВт} \quad (2.53)$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 1150}{1000} = 289 \text{ м/хв} \quad (2.54)$$

$$S_{\text{хв}} = 1150 \cdot 0,9 = 1035 \text{ мм/хв}; \quad (2.55)$$

Основний час оброблення:

$$T = \frac{L}{S} = \frac{68,5}{752} = 0,106 \text{ хв} \quad (2.56)$$

На основі виконаних розрахунків остаточно приймають режим різання при фрезеруванні поверхні:  $t_{\text{чорн}} = 1,8 \text{ мм}$ ;  $S_0 = 0,9 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$ ;  $S_{\text{хв}} = 1035 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$ ;  $n_{\phi} = 1150 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ ;

$$V_{\phi} = 289 \frac{\text{м}}{\text{хв}}; P_z = 2452,5 \text{ Н}.$$

## 2.10.2 Визначення режимів різання аналоговим методом [13; 14].

Таблиця 2.14 – Режими різання для операції 005

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				49
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оброблення	Інструмент	Діаметр	V, м/хв	h, мм	S <sub>0</sub> , мм/об	n, об/хв	T <sub>0</sub> , с
Фрезерування	ASX445-080 (SECO)	80	289	1,8	0,9	1150	9,6
Фрезерування	APX3000-18WA (SECO)	18	175	1,8	0,3	3100	15,7
Центрування	MC0122X (SECO)	-	24	1	0,02	750	2,8
Свердління	MWE1050SA (SECO)	10	72	5	0,29	2300	14,4
Свердління	MWE0350SA (SECO)	3,5	68	1,75	0,11	6200	1,8
Свердління	MWE1100SA (SECO)	11	76	5,5	0,31	2200	3,4
Зенкування	SPTC16	-	46	1	0,2	950	2,4
Зенкерування	P6M5	10,5	21	0,25	1,4	640	5,4

Таблиця 2.15 – Режими різання для операції 010

Оброблення	Інструмент	Діаметр	V, м/хв	h, мм	S <sub>0</sub> , мм/об	n, об/хв	T <sub>0</sub> , с
Фрезерування	ASX445-080 (SECO)	80	289	1,8	0,9	1150	9,6

Таблиця 2.16 – Режими різання для операції 015

Операція	Інструмент	D, мм	V, м/хв	h, мм	S <sub>0</sub> , мм/об	n, об/хв	T <sub>0</sub> , с
Фрезерування	ASX445-050 (SECO)	50	200	1,8	0,6	1200	9,2
Фрезерування	ASX445-050 (SECO)	50	200	1,8	0,6	1200	9,2
Фрезерування	ASX445-050 (SECO)	50	200	1,8	0,6	1200	10,9
Фрезерування	ASX445-050 (SECO)	50	200	1,8	0,6	1200	9,2
Центрування	MC0122X (SECO)	-	24	1	0,02	750	0,8
Центрування	MC0122X (SECO)	-	24	1	0,02	750	0,8
Центрування	MC0122X (SECO)	-	24	1	0,02	750	1,2
Центрування	MC0122X (SECO)	-	24	1	0,02	750	0,8
Свердління	MWE0680SA (SECO)	6,8	79	3,4	0,2	3700	1,1
Свердління	MWE0400SA (SECO)	4	69	2	0,12	5500	2,2
Свердління	MWE1600SA (SECO)	16	75	8	0,32	1600	2,3
Свердління	MWE0500MA (SECO)	5	69	2,5	0,15	4400	8,3
Розсвердлювання	MWE1000SA (SECO)	10	72	3	0,29	2300	0,9
Розсвердлювання	MWE1000SA (SECO)	10	72	3	0,29	2300	2,8
Свердління	MWE1800SA (SECO)	18	79	9	0,36	1400	2,7

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-6.1.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				50
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Свердління	MWE0300MA (SECO)	3	65	1,5	0,1	6900	4,5
Розсвердлювання	MWE0610SA (SECO)	6,1	73	1,55	0,2	3800	0,4
Свердління	MWE0500MA (SECO)	5	69	2,5	0,15	4400	8,7
Свердління	MWE1600SA (SECO)	10	72	5	0,29	2300	13,2
Розточування	A750 (SECO)	-	130	-	0,15	2300	4,3
Розточування	A750 (SECO)	-	130	-	0,15	2300	21
Розточування	A750 (SECO)	-	130	-	0,15	2300	12,4
Фрезерування	APX3000-22 (SECO)	22	220	0,5	0,45	3100	0,5
Фрезерування	APX3000-22 (SECO)	22	220	0,5	0,45	3100	0,5
Фрезерування	APX3000-32 (SECO)	32	320	0,5	0,6	3100	0,5
Фрезерування	APX3000-32 (SECO)	32	320	0,5	0,6	3100	1
Фрезерування	APX3000-38 (SECO)	38	380	0,5	0,75	3100	0,4
Фрезерування	APX3000-36 (SECO)	36	360	0,5	0,45	3100	0,8
Зенкування	SPTC16	-	46	1	0,2	950	0,6
Зенкування	SPTC16	-	42	1	0,2	880	0,5
Зенкування	SPTC16	-	42	1	0,2	880	0,5
Зенкування	SPTC16	-	42	1	0,2	880	1,5
Зенкування	SPTC16	-	42	1	0,2	880	0,5
Зенкування	SPTC16	-	42	1	0,2	880	1
Нарізання різьби	MTS-K002(SECO)	M8	36	-	1	1430	1,8
Нарізання різьби	MTS-K002(SECO)	M12	31	-	1,5	820	1
Нарізання різьби	MTS-K002(SECO)	M12	31	-	1,5	820	1,8
Нарізання різьби	MTS-K002(SECO)	M18	25	-	1,5	440	2
Нарізання різьби	MTS-K002(SECO)	M18	25	-	1,5	440	4
Нарізання різьби	MTS-K002(SECO)	M20	22	-	1,5	350	3
Нарізання різьби	MTS-K002(SECO)	M30	15	-	1,5	160	5,5

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				51
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.11 Нормування технологічних операцій

### 2.11.1 Розрахунок поштучного часу для операції

Операція 005

Таблиця 2.17 Переходи технологічної операції 005

№	Перехід	Інструмент	Розрахункові розміри оброблення			Припуск на сторону, мм	Число проходів
			Довжина, мм	Врізання та пробіг, мм	Розрахункова довжина, мм		
1	Фрезерувати розмір 110 мм	Фреза торцева	110	12	122	1,8	2
2	Фрезерувати розмір 28x110 мм	Фреза кінцева	110	9	119	1,5	2
3	Центрувати отвори	Центр	2	0	2	-	7
4	Свердлими отвори Ø10,5	Свердло	40	5	45	-	4
5	Свердлими отвори Ø3,5	Свердло	26	2,5	28,5	-	1
6	Свердлими отвори Ø11	Свердло	40	5	45	-	2
7	Зенкувати фаски на отвори Ø10,5	Зенківка	0,5	0	0,5	-	4
8	Зенкерувати отвори Ø10,5	Зенкер	6	0	6	-	2

Нормування часу в умовах масового та серійного виробництва визначаються розрахунково-аналітичним методом.

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{в} + T_{отд} \quad (2.57)$$

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				52
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підготовчий та заключний час додатково розраховується підготовчий та заключний час додатково розраховується в умовах серійного виробництва.

$T_{п.з}$  та штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n} \quad (2.58)$$

Після визначення послідовності та структури операцій, вибору обладнання, інструментів та розрахунку режимів різання, норми часу визначаються в наступній послідовності:

- З урахування розрахованих режимів роботи обладнання за кожним переходом розраховується основний (технологічний) час  $T_0$ .
- За структурою кожного переходу визначається необхідний комплекс прийомів допоміжних робіт та визначається допоміжний час  $T_B$  з урахуванням можливих та доцільних суміщень і перекриттів.
- З урахуванням нормативів в залежності від операцій та обладнання визначається час, що використовується на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби  $T_{обсл}$  та  $T_{отд}$ .
- Визначається норма штучного часу  $T_{шт}$ .
- Для серійного виробництва визначається зміст підготовчої та завершальної роботи, розраховується підготовчий та завершальний час  $T_{п.з}$  та штучно-калькуляційний час  $T_{шк}$ .

Визначення основного (технологічного) часу

$$T_0 = \frac{l+l_1}{nS}i, \text{ хв} \quad (2.59)$$

Де:  $l$  – довжина оброблюваної поверхні (визначається за кресленням), мм;

$l_1$  - величина врізання та перебігу інструмента, мм; [5] додаток 1

$n$  - частота обертів шпинделя, об/хв;

$S$  мм/об; подача на один оберт шпинделя мм/об;

$i$ - число переходів.

Для 1 переходу:

$$T_0 = \frac{l+l_1}{nS}i = 9,6 \text{ с.}; \quad (1.60)$$

Для 2 переходу:

$$T_0 = \frac{l+l_1}{nS}i = 15,7 \text{ с.}; \quad (1.61)$$

Для 3 переходу:

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				53
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i = 2,8 \text{ с.};$$

(1.62)

Для 4 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i = 14,4 \text{ с.};$$

(1.63)

Для 5 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i = 1,8 \text{ с.};$$

(1.64)

Для 6 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i = 3,4 \text{ с.};$$

(1.65)

Для 7 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i = 2,4 \text{ с.};$$

(1.66)

Для 8 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i = 5,4 \text{ с.};$$

(1.67)

Загальний технологічний час на операцію дорівнює:

$$T_o = T_{o1} + \dots = 55,5 \text{ с} = 0,92 \text{ хв} \quad (2.68)$$

Допоміжного час:

Допоміжний час закладається на установку та зняття деталі  $T_v$

Час на установку та зняття деталі масою 2,64 кг в самоцентрівних лещатах з гвинтовим затиском дорівнює 0,5 хв. ([15] карта 9, л. 1)

Допоміжний час для управління верстатом, зміна швидкості шпинделя, заміна інструменту:

Час на заміну інструмента між переходами становить  $= 0,06 \text{ хв} * 8 = 0,48 \text{ хв};$

Допоміжний час на контрольні виміри

Допоміжний час при вимірюванні поверхонь 2,4,5,6,7 штангенциркулем 0,6 хв.

Допоміжний час на операцію:

$$T_o = 0,5 + 0,48 + 0,5 = 1,6 \text{ хв.}$$

(1.69)

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				54
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Забезпечення часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби  
 $T_{\text{обсл}}$

Час на обслуговування робочого місця визначається за картою 45[15]. Для станків з ЧПК  
 $T_{\text{обсл}} = 5 \text{ хв.}$

Визначення норми штучного часу

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{обсл}} + T_v = 0,92 + 1,6 + 5 = 7,52 \text{ хв.} \quad (1.70)$$

Визначення підготовчого та заключного часу

Підготовчий та заключний час визначається за картою 47 [15]

$$T_{\text{п.з}} = 9 \text{ хв.}$$

Штучно – калькуляційний

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} = 7,52 + \frac{9}{8} = 8,65 \text{ хв.} \quad (1.71)$$

### 2.11.2 Нормування аналоговим методом, хв

Таблиця 2.18 Визначення основного часу

№	$T_o$	$T_v$	$T_{\text{п}}$	$T_{\text{ш}}$	$T_o$	$T_{\text{обсл}}$	$T_{\text{шт}}$	$T_{\text{п.з}}$	$T_{\text{шк}}$
010	0,16	0,5	0,06	0	0,56	5	5,72	-	5,72
015	2,57	0,5	4,14	2	6,64	5	15,19	9	15,32

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

#### 3.1 Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв

##### 3.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв

Для розроблення та проектування констрцкцій верстатних пристроїв потрібно брати до уваги наступні фактори:

- кресленик деталі та заготовки;
- номенклатуру виготовлюваної партії деталей;
- конструктивні особливості представленої деталі;
- технологічний процес виготовлення деталі;
- типові способи установки та закріплення, використання верстатних пристроїв, при обробці деталей відповідного типу;
- використання можливості оброблення деталі з меншою кількістю установ, верстатних пристроїв та обладнання;
- характеристики представленого обладнання.

Зважаючи на вищенаведені фактори та технологічний процес оброблення, представлений у попередньому розділі, для виготовлення деталі «Корпус клапанної секції» використовуємо наступні пристосування:

- самоцентрівні лещата;
- поворотний стіл;

Самоцентрівні лещата будемо застосовувати для операцій 005 та 010. Лещата представлені від компанії «Gerardi» (рис. 3.1) [12].

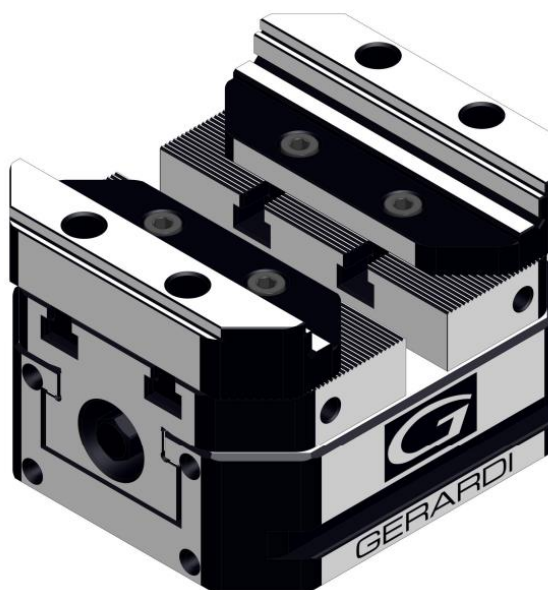


Рис. 3.1 Самоцентрівні лещата «Gerardi»

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				56
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Представлений пристрій реалізовується гвинтовим механізмом та двома призматичними губками L-подібної форми для затиску деталі.

Затиск у даному пристрої контролюється робітником та реалізується додатковою ручкою затиску лежат.

Для операції 015 використовуємо поворотний стіл компанії «НААС» (рис. 3.2)

З урахування на те, що кріпильні отвори площадки поворотного столу є стандартними та не збігаються з отворами у деталі, застосовується перехідна пластина. Дана пластина додатково реалізує перехід з дюймових розмірів американської системи на метричні розміри (рис. 2.3).

Закріплення деталі наданому пристосуванні реалізовується за допомогою гвинтів. Затиск деталі контролюється робітником.

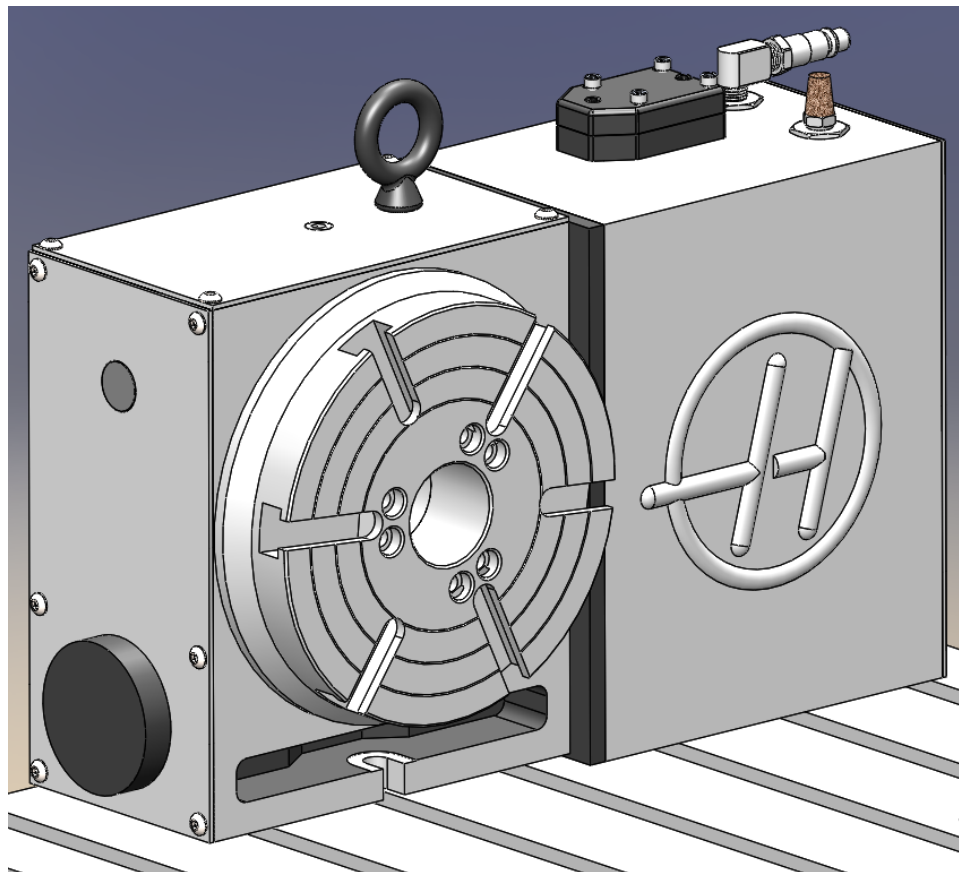


Рис. 3.2 Поворотний стіл «НААС HRT100»

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				57
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

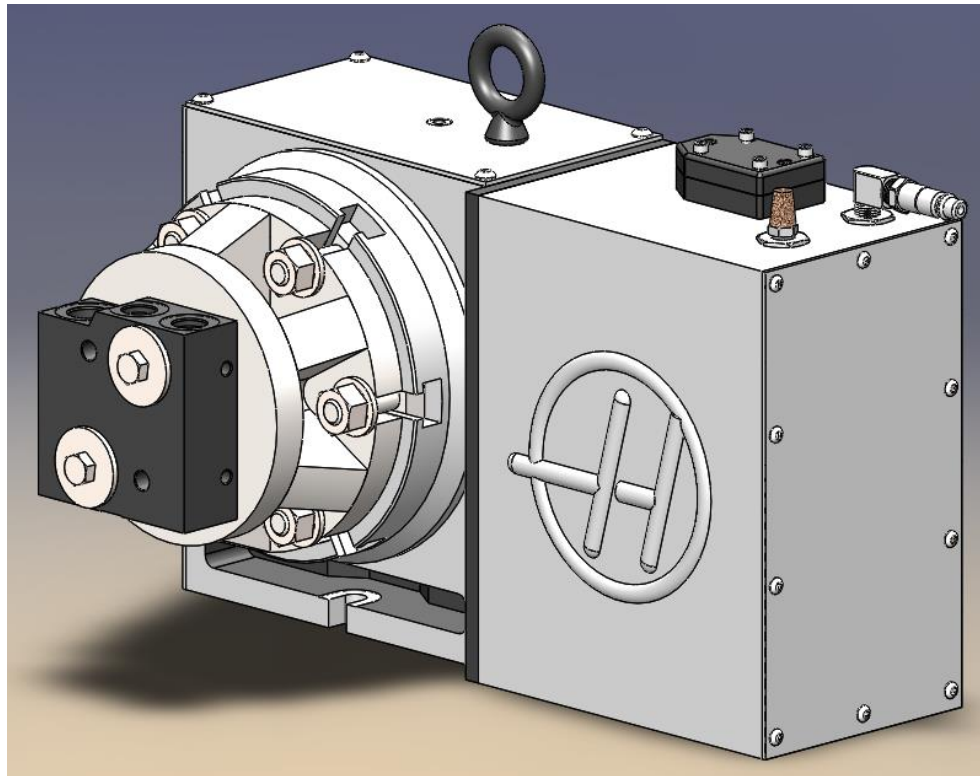


Рис. 3.3 Заготовка, збазована в пристосуванні

### 3.1.2 Послідовність розроблення конструкції пристрою

Для визначення пристроїв для реалізації оброблення деталі «Корпус клапанної секції» технолог проводить певний комплекс аналітичних робіт:

- Для вибору пристроїв, технолог аналізує представлені способи оброблення деталей та їх конструктивні особливості: точність оброблюваних поверхонь, габаритні розміри, матеріал, складність виконання поверхонь деталі. Також до уваги приймають умови роботи з деталлю, схеми її закріплення, послідовність виконання операцій оброблення, та способи обробки.
- Вибір пристроїв реалізований з урахуванням економічної та практичної складових (зменшення кількості перезакріплень деталі, реалізація оброблення різних поверхонь з використанням однотипних пристроїв).
- Перед вибором пристроїв, варто приділити увагу конструктивних особливостям заготовки.
- Вибрані верстатні пристрої повинні відповідати фактичним умовам оброблення деталі.
- Розроблення технологічного завдання на виготовлення додаткових механічних пристосувань.

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				58
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розподілення технологічних процесів в рамках серійного виробництва здійснюється з урахуванням рівномірного завантаження верстатних пристроїв представлених для оброблення деталі під час виготовлення певної партії.

### 3.2 Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв

#### 3.2.1 Розрахунок похибок базування

Похибка базування – це фактичне зміщення заготовки у пристосуванні від її необхідного положення. Дана похибка виникає коли технологічна та вимірювальна база оброблюваної деталі не співпадають.

Можна зробити висновок, що похибка базування виникає при розбіжності вимірювальної та технологічної бази при обробленні деталі.

#### Для операції 005 та 010:

У випадку якщо вимірювальна та технологічна бази співпадають похибка дорівнює 0. Це видно з такого прикладу [16]:

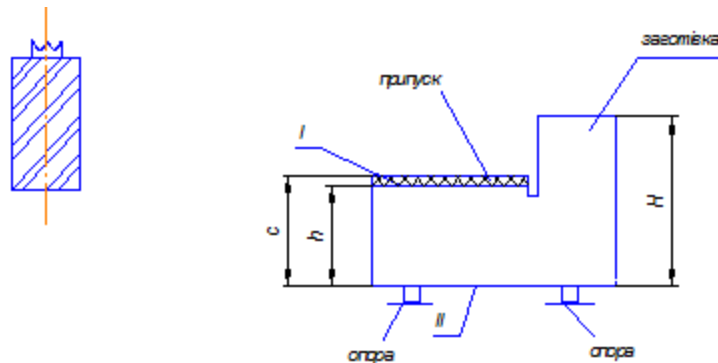


Рис. 3.4 Схема встановлення

З огляду на представлену схему можна зробити висновок що бази співпадають (фреза настроєна правильно на розмір „h”). Отже похибка базування дорівнює  $\epsilon_b = 0$ .

Зважаючи на те, що закріплення деталі у самоцентрівних лещатах реалізується за подібною схемою, можна зробити висновок, що похибка базування для операції 005 та 010 дорівнює  $\epsilon_b = 0$ .

#### Для операції 015

Похибка базування при встановленні на площину і два отвори [19].

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				59
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У випадку базування на двох пальця похибка базування площині проявляється в зміщенні заготовки при виборі зазорів між отвором і пальцями в один і різні боки. Як наслідок технологічна база, відповідно поверхня отвору, і вимірювальна база (його вісь), не збігається.

У випадку встановлення на площину і два отвори похибки базування деталі як результат зміщення останньої в напрямку розмірів  $A_1$  і  $A_2$  внаслідок вибирання зазорів в одному напрямку (рис. 2.5, а), або ж перекосу в площині базування відносно осей пальців унаслідок вибирання зазорів у різних напрямках (рис. 2.5, б).

Відповідно до схеми представлені нижче, похибки базування дорівнюватимуть:

- в напрямках розмірів  $A_1$  і  $A_2$

$$\epsilon_{бA1} = \epsilon_{бA2} = S_{max} \quad (3.1)$$

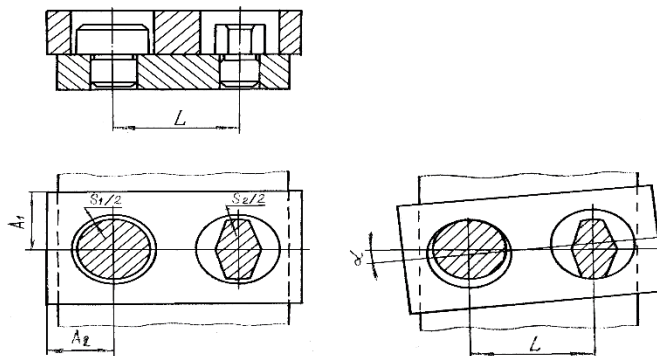


Рис. 3.5 Схема встановлення пластини на площину і два отвори

- найбільш можливий кут перекосу деталі

$$\epsilon_{б} = S_{max} = \tan \alpha = \frac{S_{1max} + S_{2max}}{2L} \quad (3.2)$$

$S$  - максимальний зазор з'єднання базового отвору з циліндричним та зрізаним пальцем, мм;

$L$  - відстань між осями базових отворів, мм

У представлені деталі посадка на пальці виконується, за посадками Н7/г6.

Зміщення заготовки на кут  $\alpha$  впливає на точність розмірів, а також на точність відносного розташування поверхонь, що оброблюються відносно баз ( $A_1$ ,  $A_2$  і  $\alpha$  на рис. 2.5).

		Смінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				60
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

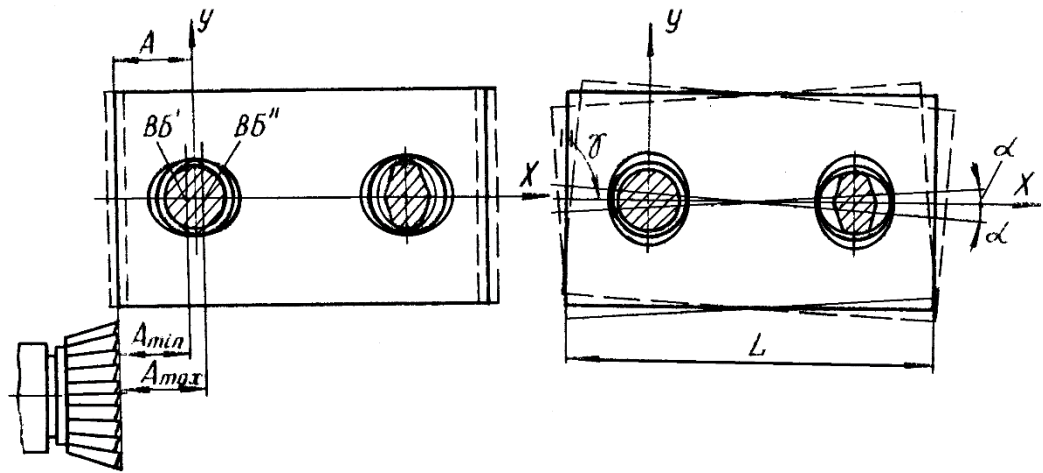


Рис. 3.6 Схема виникнення похибки базування

$$\varepsilon_b = \frac{0,035+0,035}{2 \cdot 75,47} = 0,46 \cdot 10^{-3} \text{ мм} \quad (3.3)$$

### 3.2.2. Визначення похибок закріплення верстатного пристрою

Похибку закріплення, згідно з схемою базування, можна знайти у справнику [21 Додаток 5, 22], і вона дорівнюватиме:

#### Операція 005 Багатоцільова з ЧПК та 010 фрезерна з ЧПК

Похибка при закріпленні самоцентрівних лещат відповідно до даних поданих у справнику [21 Додаток 5] становить  $\varepsilon_z = 150 \text{ мкм}$  (рис. 2.7).

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм						
	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...260

*Установка в приспособление с винтовыми или эксцентриковыми зажимами*

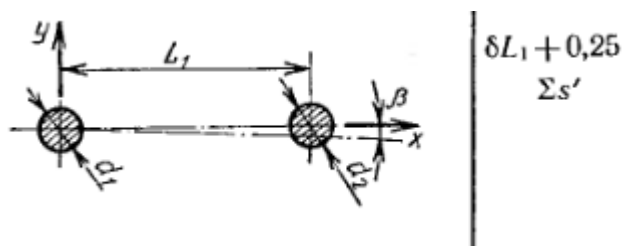
Полученная литьем:							
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	100	110	120	135	150	175	200
в постоянную форму	60	70	80	90	100	110	120
по выплавляемой модели	50	60	70	80	90	100	110
под давлением	40	50	60	70	80	90	100
Полученная горячей штамповкой	100	110	120	135	150	175	200
Горячекатанная	100	110	120	135	150	175	—
Предварительно обработанная	50	60	70	80	90	100	110
Окончательно обработанная	40	50	60	70	80	90	100
Шлифованная	25	30	35	45	60	70	80

Рис. 3.7 Довідникові дані похибки закріплення заготовки в самоцентрівних лещатах

#### Операція 015 Багатоцільова з ЧПК

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				61
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до представленої нижче схеми, знаходимо похибку закріплення заготовки [17, 22]:



$$\varepsilon_z = 0,5 + 0,25 \cdot 0,036 = 0,509 \text{ мм.} \quad (3.4)$$

### 3.3. Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв

#### 3.3.1 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q

##### Операція 005 Багатоцільова з ЧПК та 010 фрезерна з ЧПК

З огляду на технологічний процес представленого оброблення деталі для операцій 005 та 010, можна зробити висновок, що найбільші сили різання будуть виникати при фрезеруванні торцевою фрезою, тому розрахунки будемо проводити з умови рівноваги заготовки при цій обробці.

Вихідні дані:

Інструмент: фреза кінцева  $\varnothing 80$  мм;

Ширина фрезерування  $B = 110$  мм;

Подача на зуб фрези  $S_z = 0,15$  мм/об;

Швидкість різання:  $V = 289 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$ ;

Частота обертання шпинделя:  $n = 1150 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ ;

Сила різання:  $P_z = 2452,5$  Н;

Визначаємо необхідну силу затискача:

$$K * P_z = Q(f_{\text{оп}} + f_{\text{зм}}) \quad (3.5)$$

де,

$f_{\text{оп}} = 0.8$  - коефіцієнт тертя опор із заготовкою,

$f_{\text{зм}} = 0.8$  - коефіцієнт тертя затискних елементів із заготовкою.

Розрахунок сили затискача забезпечується її нерухомим положенням під час обробки:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,8 \quad (3.6)$$

$K_0 = 1.5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1.0$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності на заготовці;

$K_2 = 1.2$ - збільшення сили різання від затуплення різального інструменту;

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				62
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$K_3 = 1.2$ - переривчасте різання;

$K_4 = 1,3$  – враховує затискне зусилля;

$K_5 = 1,0$  – зручність розташування рукоятки затиску;

$K_6 = 1,0$  – враховує площу контакту

$$Q = \frac{K \cdot P_z}{f_{оп} + f_{оп}} \rightarrow \frac{2,8 \cdot 2452,5}{0,8 + 0,8} = 4,3 \text{ кН.} \quad (3.7)$$

### Операція 015 Багатоцільова з ЧПК

З огляду на технологічний процес представленого оброблення деталі для операції 015, найбільші сили різання будуть виникати при фрезеруванні торцевою фрезою, тому розрахунки будемо проводити з умови рівноваги заготовки при цій обробці.

Вихідні дані:

Інструмент: фреза кінцева  $\varnothing 50$  мм;

Ширина фрезерування  $B = 110$  мм;

Подача на зуб фрези  $S_z = 0,15$  мм/об;

Швидкість різання:  $V = 200 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$ ;

Частота обертання шпинделя:  $n = 1200 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ ;

Сила різання:  $P_z = 1440$  Н;

Визначаємо необхідну силу затискача:

$$K * P_z = Q(f_{оп} + f_{зм}) \quad (3.8)$$

де,

$f_{оп} = 0.3$  - коефіцієнт тертя опор із заготовкою,

$f_{зм} = 0.3$  - коефіцієнт тертя затискних елементів із заготовкою.

Розрахунок сили затискача забезпечується її нерухомим положенням під час обробки:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,145 \quad (3.9)$$

$K_0 = 1.5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1.0$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності на заготовці;

$K_2 = 1.1$ - збільшення сили різання від затуплення різального інструменту;

$K_3 = 1.0$ - переривчасте різання;

$K_4 = 1,3$  – враховує затискне зусилля;

$K_5 = 1,0$  – зручність розташування рукоятки затиску;

$K_6 = 1,0$  – враховує площу контакту

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				63
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = \frac{K \cdot P_z}{f_{\text{он}} + f_{\text{он}}} \rightarrow \frac{2,145 \cdot 1440}{0,3 + 0,3} = 5,15 \text{ кН.} \quad (3.10)$$

### 3.3.2 Розрахунок силових механізмів пристроїв

#### Операція 005 Багатоцільова З ЧПК та 010 фрезерна з ЧПК

Силовий розрахунок для гвинтового механізму самоцентрівних лещат:

Розрахуємо силу, що може прикласти робітник при затиску лещат, використовуючи динамометричний ключ:

$$F = \frac{Q \cdot [d_c \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi)]}{L}, \quad (3.11)$$

$Q$  – необхідна сила затиску;

$d_c$  – середній діаметр різьби, 22мм;

$L$  – довжина плеча, що реалізується динамометричним ключем, 300мм;

$\alpha$  – кут підйому різьби:

$$\alpha = \arctg \frac{P}{\pi d_c} = \arctg \frac{3}{\pi \cdot 22} = 2,48^\circ; \quad (3.12)$$

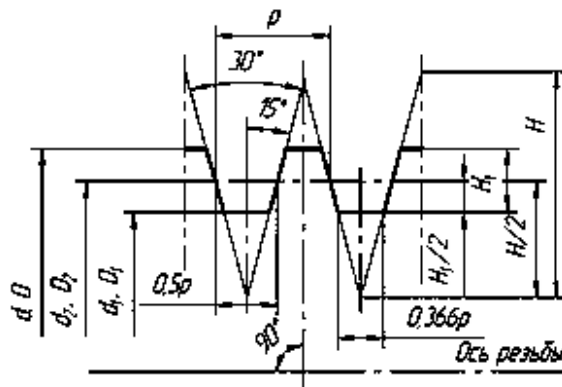


Рис. 3.12 Трубочата різьба

$\beta$  – кут профіля різьби приймаємо рівним  $30^\circ$ ;

$\varphi$  – кут тертя в різьбі:

$$\varphi = \arctg \frac{f}{\cos \beta / 2} = \arctg \frac{0,2}{\cos 30^\circ / 2} = 11,7^\circ, \quad (3.13)$$

$$F = \frac{4,3 \cdot 10^3 \cdot [22 \cdot \text{tg}(2,48 + 11,7)]}{300} = 79,67 \text{ Н} = 7,97 \text{ кг.} \quad (3.14)$$

Можемо вважати, що для затиску деталі у самоцентрівних лещатах, робітнику достатньо прикласти силу у 8 кг.

#### Операція 015 Багатоцільова З ЧПК

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				64
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо силовий розрахунок для затиску деталі гвинтом у пристосуванні:

Розрахуємо силу, що може прикласти робітник при затиску лещат, використовуючи динамометричний ключ:

$$F = \frac{Q \cdot [d_c \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)]}{L}; \quad (3.15)$$

$Q$  – необхідна сила затиску;

$d_c$  – середній діаметр різьби, 9мм;

$L$  – довжина плеча, що реалізується динамометричним ключем, 300мм;

$\alpha$  – кут підйому різьби:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{P}{\pi d_c} = \operatorname{arctg} \frac{1,5}{\pi \cdot 9} = 3,04^\circ; \quad (3.16)$$

$\beta$  – кут профіля різьби приймаємо рівним  $30^\circ$ ;

$\varphi$  – кут тертя в різьбі:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \beta / 2} = \operatorname{arctg} \frac{0,2}{\cos 30^\circ / 2} = 11,7^\circ; \quad (3.17)$$

$$F = \frac{5,15 \cdot 10^3 \cdot [9 \cdot \operatorname{tg}(3,04 + 11,7)]}{300} = 40,64 \text{ Н} = 4,06 \text{ кг}. \quad (3.18)$$

Можемо вважати, що для затиску деталі у самоцентрівних лещатах, робітнику достатньо прикласти силу у 4 кг.

Оскільки фактичне закріплення деталі відбувається за допомогою гвинта, доцільно провести силовий розрахунок пристрою для нарізі цього гвинта. Для подальших розрахунків припускаємо, що навантаження на витки нарізі розподіляється рівномірно.

Проведемо розрахунок різьби по напруженню зрізу та зминання:

Умова міцності по зминанню:

$$\sigma_{\text{см}} \leq [\sigma_{\text{см}}] = 17 \text{ Н} \quad (3.19)$$

а) для гайки

$$\sigma_{\text{снг}} = \frac{F}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z} \leq [\sigma]_{\text{снг}} \quad (3.20)$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{5,15 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 9 \cdot 1,5 \cdot 8} = 15,18 \text{ Н}$$

б) для гвинта

$$\sigma_{\text{снг}} = \frac{F}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z} \leq [\sigma]_{\text{снг}} \quad (3.21)$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{5,15 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 9 \cdot 1,5 \cdot 8} = 15,18 \text{ Н}$$

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				65
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$F$  - осьова сила, яка діє на болт,  $d_2$  - середній діаметр різьби,  $h$  - висота витка,  $z$  - число витків різьби,  $[\sigma]_{\text{СМВ}}$  - допустиме напруження зминання матеріалу гвинта,  $[\sigma]_{\text{СМГ}}$  - допустиме напруження зминання матеріалу гайки.

Умова міцності по зрізу:

$$\tau_{\text{ср}} \leq [\tau]_{\text{ср}} = 19,1\text{Н} \quad (3.22)$$

де  $\tau_{\text{ср}}$  — розрахункове напруження зрізу в різьбі;  $[\tau]_{\text{ср}}$  — допустиме напруження зрізу в різьбі.

Для гвинта:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F}{\pi d_1 K H} \leq [\tau]_{\text{ср}}, \quad (3.23)$$

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{5,15 * 10^3}{3,14 * 8,37 * 0,8 * 12} = 20,41\text{Н}$$

для гайки

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F}{\pi d K H} \leq [\tau]_{\text{ср}}, \quad (3.24)$$

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{5,15 * 10^3}{3,14 * 10 * 0,8 * 12} = 17,08\text{Н}$$

$F$  — зусилля на осі, діюче на болт;  $d_1$  — внутрішній діаметр різьби;  $d$  — зовнішній діаметр різьби;  $H$  — висота гайки;  $K=cd/P$  — коефіцієнт, враховуючий тип різьби ( $K=0,8$  — для трикутної різьби;  $K= 0,5$  — для прямокутної і  $K= 0,65$  — для трапеціоїдної різьби).

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				66
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Розрахунок собівартості деталі

Розрахунок собівартості виробу формується згідно з «Типовим положенням планування, обліку і калькулювання собівартості (робіт, послуг) у промисловості» .

#### 4.1.1 Сировина та матеріали

Зарати на купівлю матеріалів розраховуються на основі нормувань витрат і цін з врахуванням транспортних та заготівельних затрат:

$$C_M = k_{т.з.} \cdot q_m \cdot C_M = 1,08 \cdot 4,1 \cdot 40 = 177,12 \text{ грн/шт.} \quad (4.1)$$

де  $q_m$  – норма витрат матеріалу на одиницю виготовлюваної продукції,  $q_m = 4,4$  кг/шт;  $C_M$  – ціна 1 кг матеріалу,  $C_M = 40$  грн;  $k_{мз}$  – коефіцієнт, що враховує транспортні та заготівельні витрати. Приймаємо в розрахунках  $k_{мз}=1,08$ .

#### 4.1.2 Зворотні відходи

Залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів та інших видів матеріалів рахуються з загальної суми витрат:

$$C_B = q_B \cdot C_B = 1,46 \cdot 11 = 14,6 \text{ грн/шт.} \quad (4.2)$$

де  $q_B$  – маса відходів на одиницю продукції,  $q_B = 1,46$  кг/шт;  $C_B$  – ціна зворотних відходів,  $C_B = 10$  грн/кг.

#### 4.1.3 Паливо та енергія на технологічні цілі

До цього розділу враховуються витрати на паливо та енергію, що використовуються у виробництві:

Технічні витрати та витрати на електрику  $C_{ен}$  розраховують по формулі:

$$C_{ен} = C_{ен} \cdot n_o \cdot N_B \cdot T_p \cdot k_{еч} \cdot k_{еп} = 1,65 \cdot 1 \cdot 22,4 \cdot 2000 \cdot 0,85 \cdot 0,8 = 50265,6 \text{ грн.} \quad (4.3)$$

де  $C_{ен}$  – тарифи за кВт-год електроенергії,  $C_{ен} = 1,65$  грн;

$n_{oi}$  – кількість обладнання, де у використанні на виробництві застосовується енергія, як технологічна,  $n_{oi} = 2$ ;

$N_{ei}$  – потужність обладнання по технологічним даним,  $N_{ei} = 22,4$  кВт;

$T_{pi}$  – корисний фонд часу роботи обладнання за рік,  $T_{pi} = 2000$  годин;

$k_{eei}$  – коефіцієнт використання електрообладнання за часом,  $k_{ee} = 0,85$ ;

$k_{eni}$  – коефіцієнт використання електрообладнання за потужністю,  $k_{en} = 0,8$ .

Розподіл витрат на одиницю виготовлюваної продукції  $C_{вно}$  розраховують по формулі:

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				67
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{ен1} = C_{ен}/Q = 50265,6/300 = 167,552\text{грн/шт.} \quad (4.4)$$

де  $Q = 300$  штук , обсяг виробництва.

#### 4.1.4 Основна заробітна плата

Витрати по даному розділу розраховують відповідно до кожної операції залежно від норми часу та часового тарифу, ставки робітників:

$$C_{зо} = \sum_{i=1}^n C_{Ti} \cdot t_{ши} = 80 \cdot 0,49 = 39,2 \text{ грн/шт,} \quad (4.5)$$

де  $C_{mi}$  – погодинна ставка тарифу для конкретного виду робіт (операцій), грн;  $t_{ши}$  – норма часу для конкретного виду операцій, кількостігодин. Приймаємо  $C_m = 80$  грн для оператора верстатів з числовим програмним управлінням. Норми та розподіл часу було розраховано у п. 2.11.2.

#### 4.1.5 Додаткова заробітна плата

Витрати відповідного розділу визначаються у відсотках від основної плати за одиницю продукту. Приймаємо норму додаткової плати у розмірі 30%:

$$C_{зд} = C_{зо} \cdot 0,3 = 39,2 \cdot 0,3 = 11,76\text{грн/шт.} \quad (4.6)$$

#### 4.1.6 Нарахування на заробітну плату

Додатково необхідно врахувати обов'язкові податки, що сплачуються при виплаті заробітної плати, єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування що складає 38,11% (для відповідного класу виробничого ризику):

$$C_{стр} = (C_{зо} + C_{зд}) \cdot 0,3811 = (39,2 + 11,76) \cdot 0,3811 = 19,42 \text{ грн/шт.} \quad (4.7)$$

#### 4.1.7 Витрати на утримання та експлуатацію устаткування

Вартість станка – вертикально-обробляючого центра з ЧПК HAAS VF-2 TR на 10.05.2020 р. становить 69856,00 USD по від повідному курсу НБУ 26,8грн за 1 USD – 1 872 140 грн.

Постійний виробничий процес вимагає постійногооновлення верстатних пристроїв та станків. Для реформування та оновлення основних фондів здійснюється амортизація – перенесення втраченої вартості основних засобів на виготовлювану продукцію. Амортизацію здійснюють з метою компенсації втраченої вартості обладнання під час його використання.

Амортизують основні фонди за для досягнення залишкової вартості об'єктом його ліквідаційної вартості відповідно до пп. 145.1.4 ПКУ. За для орієнтації щодо ліквідаційної вартості ми будемо ґрунтуватись на визначенні, наданим у п. 4 П(С)БО 7: це кошти або сума різних активів, яку підприємство очікує отримати від реалізації або ліквідації необоротного активу після закінчення строку його корисного використання, за мінусом витрат, пов'язаних з ліквідацією та продажем. Встановлення ліквідаційну вартість конкретного об'єкта виробництва досить складно, оскільки практично немає можливості

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				68
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

попередньо дізнатися, скільки буде коштувати верстатне обладнання, та яка кількість коштів буде вилучена у разі його ліквідації.

Припустимо, що термін експлуатації верстатного обладнання становитиме 5 років. Ліквідаційна ціна орієнтовно становитиме 1 000 000 грн.

Застосовуючи кумулятивний метода будемо використовувати для розрахунку амортизаційної вартості обладнання щорічно. Для розрахунку даним методом застосовуємо кумулятивний коефіцієнт, який будемо визначати з урахуванням років використання даного обладнання.

Розрахунок амортизаційних відрахувань наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Рік	Амортизаційні відрахування, грн	Нараховані амортизаційні відрахування, грн	Залишкова вартість, грн
-	-	-	1 872 140
1	<b>290 713</b>	290 713	1 581 427
2	232 570	523 283	1 348 857
3	174 428	697 711	1 174 429
4	116 285	813 996	1 058 144
5	58 142	872 140	1 000 000

З розрахунку амортизаційної вартості кумулятивним методом, маємо змогу визначити, що за перший рік використання обладнання ми втрачаємо 290 713 грн. на його вартості.

Враховуючи те що виготовлення партії нашої продукції становитиме близько 20 робочих днів, приймаємо 8% від амортизаційної вартості, що становитиме 23 257 грн.

Розподіл цих витрат на одиницю продукції:

$$C_y = 23\,257 / 300 = 77.52 \text{ грн/шт.}$$

#### 4.1.8 Відшкодування зносу інструментів, витрати на верстатні пристрої

У таблиці 4.3 представлена вартість інструменту, що буде використовуватися для обробки деталі «Корпус клапанної секції». Вартість інструменту була взята зі спеціалізованих інтернет магазинів верстатного обладнання та ріжучих інструментів. На 10.05.2020 вказані ціни є актуальними.

Також можемо вважати, що виробництво було задалегіть оснащено необхідними оправками та державками для інструменту. Їхню вартість не враховуємо для обчислення витрат.

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кареньков В. М.				69
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2. Вартість інструментального оснащення

Інструментальне оснащення				
Найменування	Маркування	Вартість одиниці, грн/шт.	Кількість на 300 деталей	Вартість на партію, грн
Фреза торцевая насадная 80мм	ASX445-080	2479,5	3	7438,5
Фреза концевая 18мм	APX3000-18 (SECO)	1165,8	5	5829
Фреза концевая 36 мм	APX3000-36 (SECO)	2766,6	3	8299,8
Фреза концевая 22 мм	APX3000-22 (SECO)	1374,6	5	6873
Фреза концевая 38 мм	APX3000-32 (SECO)	2586,6	3	7759,8
Центровочное сверло	MC0122X (SECO)	154	5	770
Сверло по металлу D10мм	MWE1000SA (SECO)	153,41	10	1534,1
Сверло по металлу D7мм	MWE0680SA (SECO)	49,01	3	147,03
Сверло по металлу D11мм	MWE1100SA (SECO)	118,32	3	354,96
Сверло по металлу D16мм	MWE1600SA (SECO)	274,92	3	824,76
Сверло по металлу D18мм	MWE1800SA (SECO)	527,51	3	1582,53
Сверло по металлу D6мм	MWE0610SA (SECO)	28,71	5	143,55
Сверло по металлу D3мм	MWE0300MA (SECO)	11,6	5	58
Сверло по металлу D10мм	MWE1000SA (SECO)	134,27	5	671,35
Сверло по металлу D4мм	MWE0400SA (SECO)	16,24	6	97,44
Сверло по металлу D5мм	MWE0500MA (SECO)	39,44	4	157,76
Фреза фасочная (зенковка)	SPTC16	783	5	3915
Метчик винтовой M8	MTS-K002(SECO)	215,76	6	1294,56
Метчик винтовой M12	MTS-K002(SECO)	501,12	3	1503,36
Метчик M18	MTS-K002(SECO)	1612,11	3	4836,33

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				70
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Метчик М20	MTS- K002(SECO)	1587,46	2	3174,92
Метчик М30	MTS- K002(SECO)	3174,63	2	6349,26
Резец токарный расточной	A750 (SECO)	1061,4	5	5307
Всього				68922,01

Таблиця 4.3. Вартість верстатного оснащення

Стандартні елементи верстатних пристроїв для трьох операцій			
Найменування	Вартість одиниці	Кількість	Вартість на партію
Стіл поворотний HAAS HRT100	135000	1	135000
Самоцентрівні лещата Gerardi	32000	1	32000
Болт М10х1,5	25	2	50
Шайба 12х5	5	4	20
Всього:			167 070

Приймаємо, що на виготовлення та закупівлю додаткового спеціального обладнання виробництвом виділено 20000 грн.

Відповідну суму відшкудування зносу інструментів, витратна верстатні пристрої на одиницю продукції розраховуємо по формулі:

$$C_0 = \frac{68922,01 + 167070 + 20\,000}{300} = 853,3 \text{ грн/шт.} \quad (4.8)$$

#### 4.1.9 Загальновиробничі витрати

Загальновиробничі витрати формуються виходячи з витрат на утримання та експлуатацію устаткування та заробітної плати:

$$C_{зв} = k_{зв}(C_{з0} + C_y) = 0,3 \cdot (39,2 + 77,52) = 35,02 \text{ грн/шт.} \quad (4.9)$$

де  $k_{зв}$  – коефіцієнт загальновиробничих витрат,  $k_{зв} = 0,3$ .

#### 4.1.10 Загальногосподарські витрати

Розподілення загальновиробничих витрат:

$$C_{зг} = k_{зг}(C_{з0} + C_y) = 0,8 \cdot (39,2 + 77,52) = 93,37 \text{ грн/шт.} \quad (4.10)$$

де  $k_{зг}$  – норматив загальногосподарських витрат,  $k_{зг} = 0,8$ .

#### 4.1.11 Інші виробничі витрати

Інші виробничі витрати приймають 0,5% від загальних виробничих витрат:

$$C_{ін} = 0,005 \cdot 35,02 = 0,17 \text{ грн/шт.} \quad (4.11)$$

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				71
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.1.12 Позавиробничі витрати

Норматив позавиробничих та інших комерційних витрат приймаємо 5% від загальновиробничих витрат:

$$C_{\text{поз.вит.}} = 0,05 \cdot 35,02 = 1,75 \text{ грн/шт.} \quad (4.12)$$

Таблиця 4.5. Калькуляція собівартості продукції

№	Найменування статей калькуляції	Всього	Питома вага
1	Сировина та матеріали	177,12	11,88
2	Зворотні відходи	14,60	0,98
3	Паливо та енергія на технологічні цілі	167,55	11,24
4	Основна заробітна плата	39,20	2,63
5	Додаткова заробітна плата	11,76	0,79
6	Відрахування на соціальне страхування	19,42	1,30
7	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	77,52	5,20
8	Відшкодування зносу інструментів та верстатних пристроїв	853,30	57,24
9	Загальновиробничі витрати	35,02	2,35
	<b>Виробнича собівартість</b>	<b>1395,49</b>	<b>93,61</b>
10	Загальногосподарські витрати	93,37	6,26
11	Інші виробничі витрати	0,17	0,01
12	Позавиробничі витрати	1,75	0,12
	<b>Повна собівартість</b>	<b>1490,78</b>	<b>100,00</b>

Отже, вартість виготовлення деталі «Корпус клапанної секції» становить 1490,78 грн.

#### 4.2 Висновок

У даному розділі досліджено собівартість виготовлення деталі «Корпус клапанної секції» на серійному виробництві. Відповідно до калькуляцій наведених попередньо, вартість одиниці кожного виробу становитиме 1490,78грн, що є середньо-ринковою ціною продукції відповідного типу в Україні.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				72
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 1.1 Основні вимоги та заходи безпеки при роботі верстатного обладнання

#### 1.1.1 Основи охорони праці

Відповідно до ст. 15 «Закону про охорону праці» робота на підприємствах повинна нараховувати 50 працюючих осіб, або ж більше зважаючи на основи та положення охорони праці. Додатково на базі виробництва повинна бути розроблена структура служби підприємства. Вона повинна включати в себе статут роботи та функцій не менше 50 осіб, які повинні мати відповідну підготовку для виконання сумісницької роботи конкретного персоналу. У випадку, якщо підприємство налічує у своєму уставі менше 20 спеціалістів, у відповідності до «Закону про охорону праці» при необхідності є можливість залучення сторонніх фахівців з відповідним стажем, що пройшли відповідний інструктаж по охороні праці.

#### 1.1.2 Інструкції та основи по охороні праці

Відповідно до ст. 13 «Закону про охорону праці» обов'язком кожного роботодавця є затвердити відповідні документи, що стосуються охорони праці. Обов'язковим для виробництва є інструкції, документи що формують основи безпечної роботи на підприємстві. Обов'язковим на виробництві є дотримання інструкцій, додержання правил безпеки у промислових приміщеннях, у виробничих цехах, на будівельних площадках та всіх інших робочих приміщеннях, місцях. Обов'язковим є регулярне інспектування дотримання правил безпеки та охорони праці керівниками виробництва.

#### 5.1.3 Інструктаж відповідно до положень про охорону праці

При оформленні роботодавцем нового фахівця на виробництво обов'язковим є проведення початкового інструктажу по охороні праці. Обов'язковим є повідомити нового робітника що до можливих факторів ризику на конкретному виробництві. Після проведення інструктажу необхідно підтвердження робітником отримання інструктажу розпискою, або ж підписом у журналі по техніці безпеки.

Обов'язковим для влаштування на підприємство необхідно забезпечити стажування нового працівника, провести перевірку знань та перевірку вмінь. Це забезпечить безпечну роботу на виробництві. Виробництво повинно бути забезпеченим спеціалістом для регулярного щорічного проведення інструктажу фахівцям. Контроль проведення інструктажу повинен забезпечуватися керівником виробництва. Додатково на фахівця по охороні праці покладаються обов'язки проведення позапланових інструктажів, цільових, роботи з новим обладнанням. Повинен проводитися регулярний облік проведення інструктажів.

#### 5.1.4 Перевірка знань по охороні праці

Регулярні навчання на підприємствах з підвищеною небезпекою є обов'язковими та оснований на «Законі про охорону праці». Навчання повинні проводитися щорічно для

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				73
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закріплення та оновлення знань, щодо заходів безпеки на виробництвах з підвищеною небезпекою. Перед проведенням регулярних навчань, необхідно проводити перевірку знань техніки безпеки кожного фахівця. Перевірку може здійснювати спеціальна комісія сформована на виробництві. Контроль за роботою комісії здійснює керівник виробництва.

#### **5.1.5 Медичний огляд**

При прийомі на роботу нового фахівця обов'язком роботодавця є проведення медогляду за власний рахунок. Це забезпечить безпеку роботи інших працівників. Прийом на роботу можливий після кінцевого висновку лікаря. Також обов'язковим є створення можливості проходження регулярного медогляду для кожного працівника. Ведення регулярного медичного обліку вноситься до особистої медичної картки, яка зберігається на виробництві або у спеціальній медичній установі.

У випадку якщо робітники працюють з потенційно небезпечними для здоров'я речовинами, обов'язковим є забезпечення реабілітаційних процедур за рахунок підприємства.

#### **5.1.6 Засоби захисту**

У випадку якщо робітники працюють з потенційно небезпечними рідинами та токсичними відходами підприємство повинно забезпечити їх відповідними засобами захисту: распіраторами, рукавичками, захисними костюмами. Також підприємства повинні забезпечувати своїх працівників спец. формою, та спец. взуттям у якому робітник виконує свої робочі обов'язки.

#### **5.1.7 Перевірка робочого простору**

Перед початком робочої зміни є обов'язковим контроль безпеки робочих місць, обладнання, інструменту, потенційно небезпечних джерел. Контроль може здійснюватися відповідальною особою, або керівником виробництва.

У разі будь-яких неполадок на робочому місці, робота на ньому повинна бути негайно зупинена, працівника необхідно перевести на інше робоче місце. У разі неможливості заміни робочого місця працівнику компенсується робочий час, в який він не мав змоги виконувати свої робочі обов'язки.

#### **5.1.8 Обов'язкове страхування та нещасні випадки**

Для кожного працівника передбачається обов'язкове страхування за рахунок виробництва. У разі нещасних випадків виробництво повинно забезпечити повну компенсацію завданих збитків для працівника та його сім'ї.

Виробництво повинно вести контроль нещасних випадків, проводити розслідування причин таких випадків. Забезпечувати неможливість повторення подібних ситуацій на підприємстві.

### **5.2 Вимоги по експлуатації верстатних пристроїв**

При роботі з верстатним обладнанням на підприємствах всі працівники повинні дотримуватися певних правил та засад:

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кареньков В. М.				74
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Перед початком роботи працівник зобов'язаний пройти відповідний інструктаж та підтвердити можливість фізичного виконання своїх обов'язків;
- Перед запуском верстатного пристрою необхідна перевірка всіх систем пристрою;
- При роботі верстатного обладнання, воно повинно бути зачинене, працівник повинен знаходитися у безпечному місці;
- У випадку необхідності відлучення від робочого місця, працівник повинен забезпечити відключення всіх потенційно небезпечних систем, та блокувати роботу станка;
- В кінці робочого дня працівник зобов'язаний прибрати робоче місце, та доповісти керівнику відділу.
- У разі виявлення будь яких несправностей в роботі обладнання повідомити про це відповідальній особі.

### 5.3 Висновок

Охорона праці є важливим елементом роботи будь-якого виробництва. Її дотримання допоможе звести до мінімуму кількість нещасних випадків та забезпечити постійну безпеку працівників. У випадку недотримання охорони праці на виробництві, робота підприємства може бути припинена відповідними органами державного контролю.

		<i>Сімінчук І. С.</i>			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		<i>Кареньков В. М.</i>				75
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Список використаних джерел

1. Застосування навчальних комп'ютерних середовищ у процесі підготовки майбутнього вчителя-предметника / І. Петрицин // Молодь і ринок. - 2012. - № 3. - С. 58-63. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mir\\_2012\\_3\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mir_2012_3_14)
2. Розробка віртуальних лабораторних стендів для вимірювання тиску, температури та витрати / С.А. Чеховський, Н.М. Піндус, Л.А. Витвицька, В.В. Остапів, Н.Б. Долішня, С.М. Белей, Б.І. Прудніков // Системи обробки інформації. – 2010. – № 4(85). – С. 77-80.
3. Kelly Walsh. The virtual lab advantage in higher ed [Електронний ресурс] / Kelly Walsh. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://universitybusiness.com/the-virtual-lab-advantage-in-higher-ed/>.
4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Різання матеріалів-2. Теорія різання» за напрямом підготовки (спеціальності) 6.050502-Інженерна механіка (131. Прикладна механіка) / Укладачі: В.Г.Біланенко, О.О. Мельник.-Київ: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2017. - 91 с.
5. Методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи для студентів з дисципліни «Основи професійної діяльності» для напрямів підготовки: 6.050502 «Інженерна механіка» (денна форма навчання). / Уклад.: В. В. Джемелінський, Д. А. Лесик. – К.: 2013. – 24 с.
6. Расчет припусков на обработку деталей: метод. указания к практ. занятиям по дисциплине «Технология машиностроения» / сост. Т.А. Желобова; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2005. – 52 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. в 2 т. Т. 1 / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мищерякова. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
8. Методика навчання неруйнівного контролю майбутніх інженерів-педагогів з використанням каузальних мереж [Текст] : монографія / М. І. Лазарєв, Д. І. Шматков ; Укр. інж.-пед. акад. - Харків : Точка, 2014. - 184 с. : рис., табл. - Бібліогр.: с. 142-157. - 300 прим. - ISBN 978-617-669-143-3
9. Технологія машинобудування: [Текст]: метод. вказівки до практичних занять та самостійної роботи для бакалаврів напряму підготовки 6.050502 "Інженерна механіка" / Уклад.: С.С.Добрянський, В.К.Фролов, Ю.М.Малафєєв - К.: НТУУ «КПІ», 2012. - 67 с. (електронне видання).
10. Справочник: Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
11. Расчет режимов резания при точении. Методические указания и контрольные задания по дисциплине «Теория резания». Для самостоятельной работы студентов специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» и слушателей ФПК / Сост. В. В. Коваленко и др. – К.: КПИ, 1987. – 64 с.
12. МАТЕРИАЛ ПЛАСТИНЫ. СТАНДАРТЫ [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ameka.ru/>.
13. Е.И. Стружестрах. Справочник нормировщика-машиностроителя. Том 2. Техническое нормирование станочных работ / Е.И. Стружестрах. – 1961. – С. 826.

		Сімінчук І. С.			ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ	Арк.
		Кореньков В. М.				76
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. ОБЩИЙ КАТАЛОГ: ВРАЩАЮЩИЙСЯ ИНСТРУМЕНТ [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.secotools.com/>.
15. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. // Научно-исследовательский институт труда Государственного комитета СССР по труду и социальным вопросам (НИИ труда). – 1974. – С. 472.
16. STD / StdFLEX / OK Series MORSE - VISES [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: [www.gerardi.it](http://www.gerardi.it).
17. Технология машиностроения: Методические указания по расчету припусков и размеров заготовок / Зильбер А.Г. – Харьков: УЗПИ, 1985. – 56 с.
18. Записка "Курсовое проектирование станочного приспособления" [Электронный ресурс] // 2015 – Режим доступа до ресурсу: <https://studfile.net/>.
19. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ Методичні вказівки та завдання до практичних робіт для студентів денної форми навчання спеціальності 5.05050302 «Технологія обробки матеріалів на верстатах і автоматичних лініях» (133 Галузеве машинобудування) / Пасько М.М., – 2018. – С. 54.
20. Основи технології машинобудування. Частина 1 : [практикум] / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 106 с.
21. Методичний посібник до виконання індивідуального конструкторського проекту з практичних розрахунків затискних верстатних пристроїв при вивченні дисципліни “Технологічне оснащення” для студентів спеціальності 7.090202 “Технологія машинобудування“ та 5.05050302 “Технологія обробки матеріалів на верстатах та автоматичних лініях”/ Т.В. Біркіна, - Олександрія: В.В. Зіль, В.І. Холоша – Д.: Національний гірничий факультет, 2010 – с. 69
22. Конструктору станочных приспособлений.; Справ. пособие. / Антонюк В. Е. – Мн.: Беларусь, 1991. – 400 с.
23. Аналіз і дослідження систем для створення та реалізації лабораторних практикумів в віртуальних середовищах [Електронний ресурс] / І. С. Сімінчук, В. М. Кореньков // Інновації молоді в машинобудуванні; Інновації молоді в машинобудуванні 2020. – 2020. – с. 506-509 – Режим доступа до ресурсу: <http://imm-mmi.kpi.ua/imm2020/paper/view/21638>.

		Сімінчук І. С.			<i>ДПБ.МТ-61.17.000 ПЗ</i>	Арк.
		Кореньков В. М.				77
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		