

**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: «Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі
«Корпус опори»**

Виконав :

студент ІV курсу, групи МТ-51

Найчук Роман Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник:

Воронцов Б.С.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

_____ (підпис)

Рецензент:

_____ (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 – 2019 року

Зміст

Вступ.....	3
1. Вирішення загальних задач технології машинобудування.....	4
1.1 Технічне завдання.....	4
1.2 Конструкція приладу.....	6
1.3 Схема підключення вимірювальних компонентів	11
2. Технологічний розділ.....	12
2.1 Аналіз службового призначення та умови роботи деталі у вузлі.....	12
2.1.1 Класифікація конструкції деталі за конструктивними ознаками.....	14
2.1.2 Аналіз характеристик якості поверхонь деталі.....	14
2.1.3 Аналіз умов роботи деталі у вузлі	14
2.2 Визначення типу виробництва	16
2.2.1 Традиційне визначення типу виробництва.....	16
2.2.2 Вплив на технологічне підготовлення сучасного машинобудівного виробництва.	17
2.3 Проектування виду та методу виготовлення заготовки	18
2.3.1 Традиційні технологічні процеси виготовлення заготовок в машинобудівному виробництві	18
2.3.2 Сучасні технології виготовлення заготовок.....	26
2.4 Узагальнений алгоритм обґрунтування вибору технологічних баз	27
2.4.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз(ЗТБ)	27
2.4.2 Обґрунтування вибору баз для перших технологічних операцій	30
2.5 Проектування типових технологічних послідовностей оброблення поверхонь деталі.	31
2.6 Вибір послідовностей оброблення поверхонь деталі на різних етапах технологічного процесу.	33
2.7. Проектування змісту технологічних операцій.....	34
2.7.1 Обґрунтування вибору верстатних систем.....	34
2.7.2 Розмірне моделювання технологічних операцій оброблення	37
2.8. Визначення припусків для оброблення поверхонь деталі.....	40
2.8.1 Розрахунково-аналітичний метод розрахунку припусків.....	40
2.8.2 Аналоговий метод призначення припусків	52
2.9 Визначення режимів різання	54
2.9.1 Розрахунково-аналітичний метод розрахунку режимів різання	54

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		2

2.9.2	Метод призначення режимів різання за таблицями	58
2.10	Нормування технологічних операцій	59
3.	Конструкторський розділ	63
3.1.	Обґрунтування системи верстатних пристроїв.....	63
3.2.	Розрахунки верстатного пристрою	64
3.2.1	Проектування розрахункової схеми пристрою	64
3.2.2	Схема визначення похибки базування	65
3.2.3	Схема дії сил	68
3.2.4	Вибір силового приводу та його розрахунки	74
3.3	Розрахунки затискних елементів пристрою на міцність та жорсткість.	77
3.4.	Визначення стандартних розмірів робочих елементів пристроїв.....	78
3.5.	Опис дії верстатного пристрою	85
4.	Економічна частина	87
4.1	Економічні розрахунки	87
6.	Охорона праці та навколишнього середовища	93
6.1	Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів	93
6.2	Інженерно-технічні заходи щодо поліпшення умов праці	102
	Література	106

Вступ

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		3

Технологія машинобудування – це наука про виготовлення машин потрібної якості в установленій виробничою програмою кількості і в заданий термін при найменшій собівартості. Основним завданням науки технологія машинобудування є розроблення ефективних технологічних процесів із застосування інноваційних методів виготовлення деталей у поєднанні з доцільними економічними показниками.

Об'єктом технології машинобудування є технологічний процес, а предметом - встановлення і дослідження зовнішніх і внутрішніх зв'язків, закономірностей технологічного процесу.

Область дослідження науки технологія машинобудування :

- технологічні процеси, операції, переходи, що забезпечують необхідну якість виробів і зниження їх собівартості, проектування та оптимізація існуючих технологічних процесів;
- математичне моделювання технологічних процесів і методів виготовлення деталей;
- удосконалення існуючих та розробка нових методів обробки та складання з метою підвищення якості виробів машинобудування та зниження собівартості їх випуску;
- проблеми управління технологічними процесами в машинобудуванні.

Метою дипломного проекту є розроблення технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус опори”.

В ході виконання дипломного проекту розв'язуються загальні питання машинобудування відповідно до конкретного технологічного процесу.

1. Вирішення загальних задач технології машинобудування

1.1 Технічне завдання

Загальне спрямування сучасного машинобудування на підвищення якості та швидкості виготовлення деталей створює низку проблем пов'язану з швидкісною

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

обробкою металів різанням. Частота обертання шпинделя новітніх верстатів з ЧПК сягає 20000 об/хв та більше. При цьому також збільшуються величини подач, а отже зростає навантаження на ріжучий інструмент.

Прогресивне інструментальне виробництво зробило значний крок у розвитку порівнянно з минулим століття. Застосування сучасних твердих сплавів, покриттів, а також використання органічних сполук суттєво збільшує технічні можливості інструмента. Проте використання групи сучасних матеріалів тягне за собою значне здорожчання інструмента, а отже виробництва в цілому.

Оптимізація процесу різання завдяки системам, що відслідковують основні параметри в ході оброблення, тобто у реальному часі, дозволяє вирішити цю проблему. Такі системи здатні надсилати на стійку верстату показники сили різання та вібрацій інструмента для коригування режимів обробки.

Однією з причин виникнення підвищеного навантаження на інструмент, і подальшої вібрації ріжучої кромки є несталість величини припуску, що видаляється на переході. Несталість припуску зумовлена просторовими відхиленнями форм заготовки, неправильним розрахунком величини припуску. Також однією з причин є значна криволінійність траєкторії руху інструмента. При обході внутрішніх прямих кутів заготовки, величина припуску поступово збільшується. Явище зміни величини припуску зображене на рисунку 1.1.1.

Відповідно при проходженні дуги для компенсації вібрацій інструмента необхідно скоригувати режими різання, а саме зменшити величину подачі та швидкості різання. Шкідливий вплив вібрацій інструмента полягає в погіршенні характеристик поверхні таких як точність та шорсткість.

					<i>ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

Водночас зменшення режимів різання при проходженні всіх прямих кутів заготовки значно збільшить час обробки, а отже і вартість виробництва. Для точного коригування режимів різання необхідно створити систему, що в режимі реального часу відслідковує стрибки величин складових сил різання і, відповідно цим величинам коригує основні показники.

1.2 Конструкція приладу

Значні зміни величин складових сил різання будемо відслідковувати за допомогою тензорезисторних датчиків. Принцип дії тензорезисторного датчика полягає у зміні величини струму на вихідних каналах в залежності від деформацій тіла датчика. Зміна величини струму відбувається за рахунок зміни опору тензометричного моста Уїтстона, що залежить від величини деформації тіла. Схематичне зображення тензорезисторного датчика наведено на рисунку 1.1.2.



Рис.1.1.2 –Тензорезисторний S-подібний датчик

В якості електронної обчислювальної машини будемо використовувати портативну ЕОМ Raspberry PI-3 B+. Схематичне зображення ЕОМ наведено на рисунку 1.1.3.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		6



Рис.1.1.3 – ЕОМ Raspberry PI-3 B+

Характеристики ЕОМ наведені у таблиці 1.1.4.

Таблиця 1.1.4 – Технічні характеристики обраної ЕОМ

Вага,г	45
Габарити,мм	85x56x17
Процесор	Cortex-A53,Broadcom BCM2837B0
Тактова частота	1,4 ГГц
Графічний процесор	VideoCore 4D
Оперативна пам'ять	1 ГБ
Під'єднання до мережі Інтернет	USB шина (до 300 Mbps)
Зовнішня пам'ять	microSD
USB роз'єми	4xUSB 2.0
Бездротові інтерфейси	Wi-Fi (2,4 GHz/5GHz)IEEE 802.11 b/g/n/ac та Bluetooth 4,2 LE

Відео вихід	HDMI
Аудіо вихід	3,5 мм Jack
Напруга живлення	5V 2.1A
Підтримка ОС	Windows 10, Linux, RISC

Перевагами даної ЕОМ є універсальність та потужність в поєднанні з низькою ціною. На базі Raspberry PI-3 B+ реалізовано тисячі проектів вимірювальних та контролюючих приладів. Недоліком даної ЕОМ є відсутність порту зчитування аналогового сигналу, необхідного для роботи з тензорезисторними датчиками. Для вирішення цієї проблеми було знайдено спеціальний аналогово-цифровий перетворювач на базі чіпу ADS1256, компанії WaveShare. Схематичне зображення АЦП WaveShare AD/DA Board наведено на рис.1.1.5.

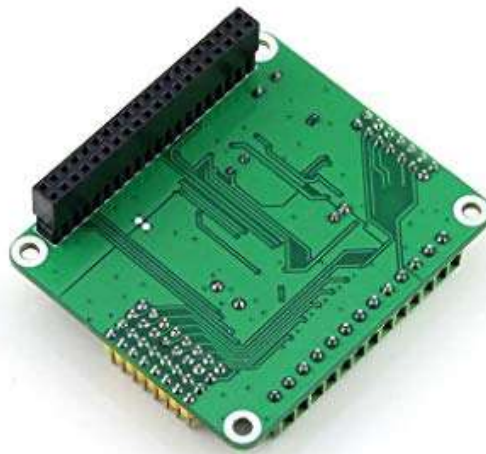


Рис.1.1.5 – АЦП WaveShare AD/DA Board

Аналогово-цифровий перетворювач з'єднується з ЕОМ через порт SPI 3.0. Відповідно для реалізації вимірювання по двом координатним осям було створено необхідну керуючу програму, написану на мові програмування C# та завантажену

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		8

до ЕОМ.Зв'язок зі стійкою верстата здійснюється за допомогою порту Gigabit Ethernet.Схема розміщення приладу на верстаті зображена на рисунку 1.1.6.

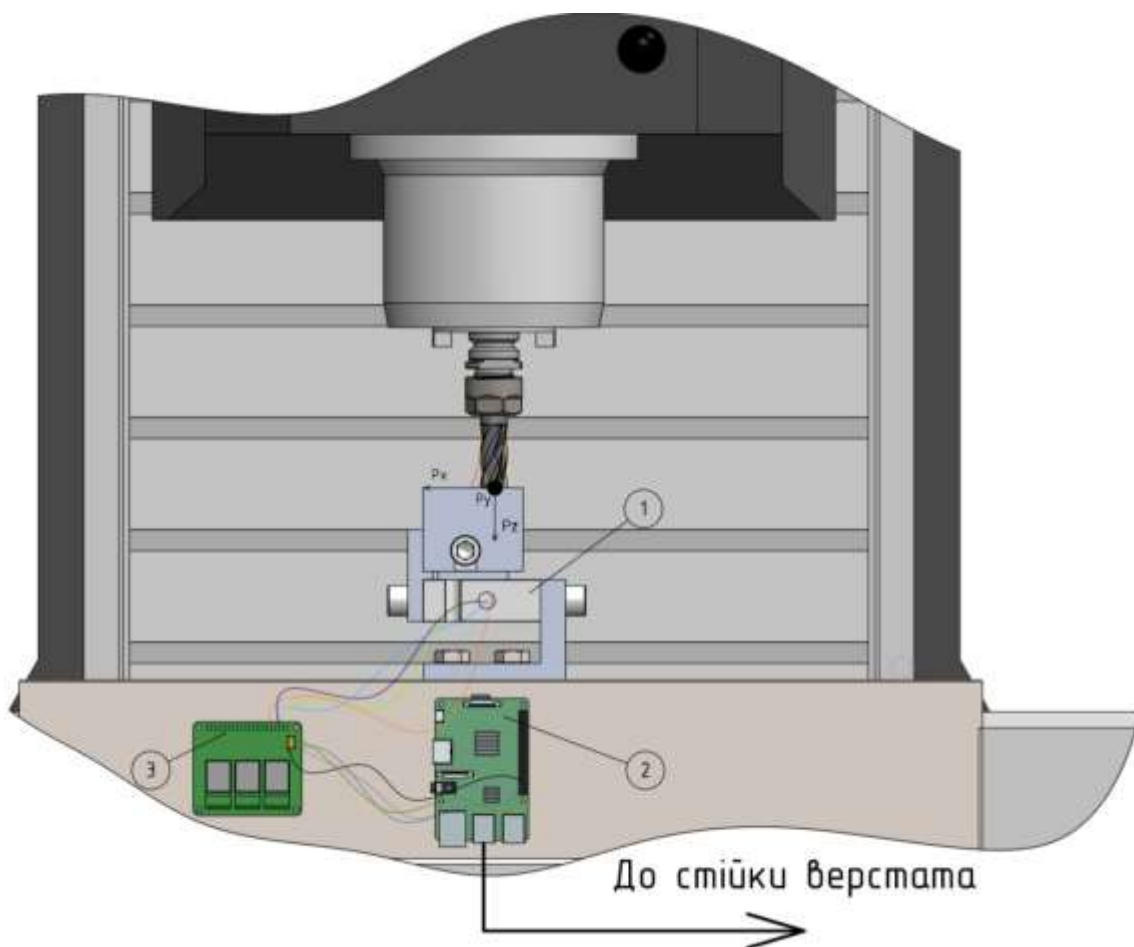


Рис.1.1.6 –Схема розміщення приладу на верстаті

Для закріплення тензоресторних датчиків використовуємо 3 кутових блоки,ескізи яких наведено на рисунку 1.1.7.До столу верстата кутові блоки кріпляться за допомогою Т-подібних гайок 16 мм.

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

9

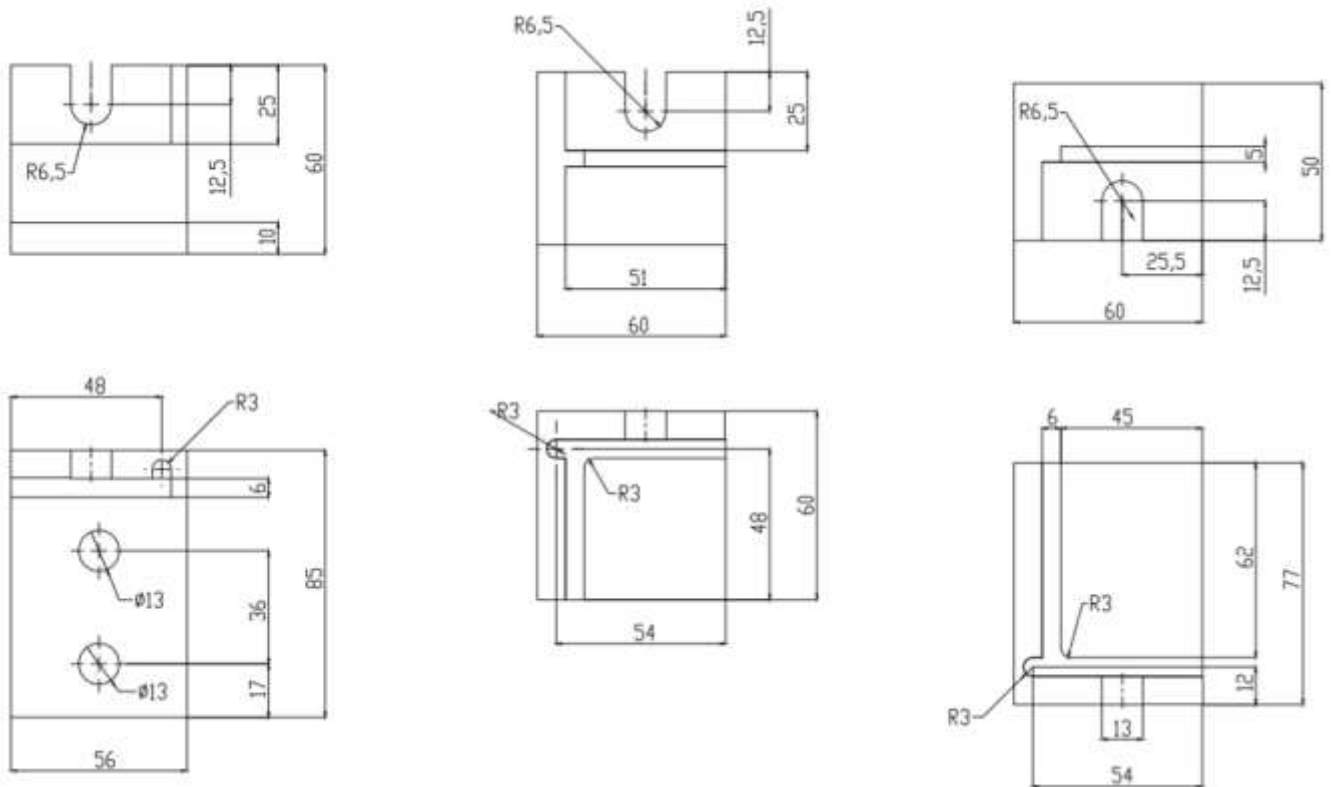


Рис.1.1.7 – Ескізи кутових блоків

Схематичне пристрою для закріплення тензорезисторних датчиків на столі верстату зображено на рисунку 1.1.8.

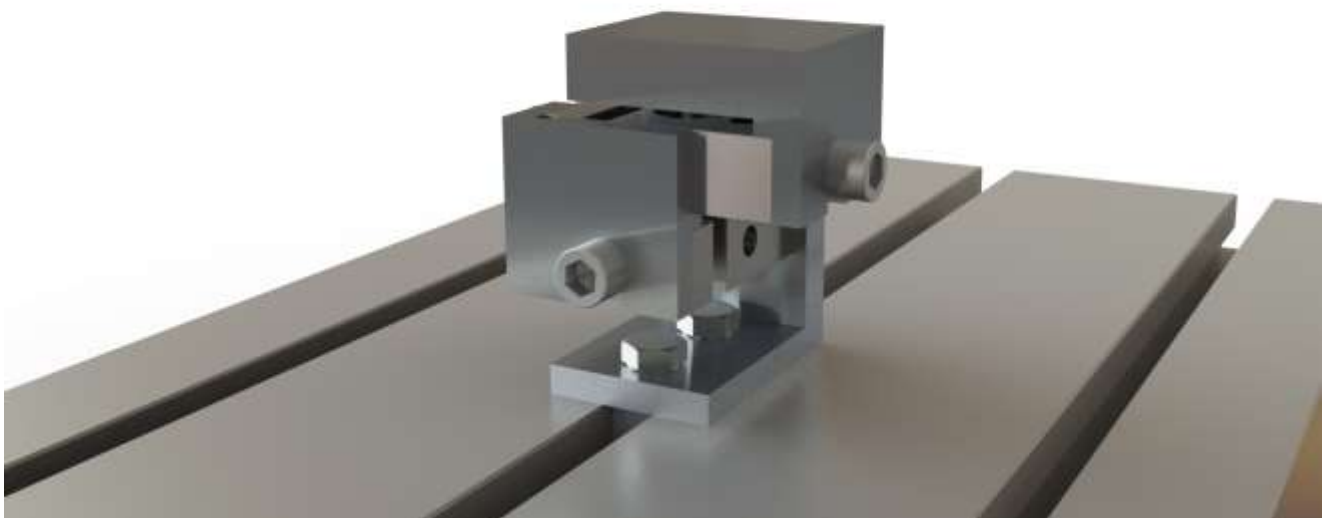


Рис.1.1.8 – Пристрій для закріплення тензорезисторних датчиків

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

10

1.3 Схема підключення вимірювальних компонентів

Користуючись рекомендаціями виробників компонентів розробляємо схему підключення вимірювальних компонентів. При розробці схеми підключення компонентів необхідно враховувати загальну компоновку приладу на верстаті. Впевнитись, що між рухомими деталями верстату та компонентами приладу не відбудеться зіткнення в процесі обробки деталі. Також необхідно врахувати схему прокладання дротів для запобігання їх пошкодження. Схема з'єднання вимірювальних компонентів приладу наведена на рисунку 1.1.9.

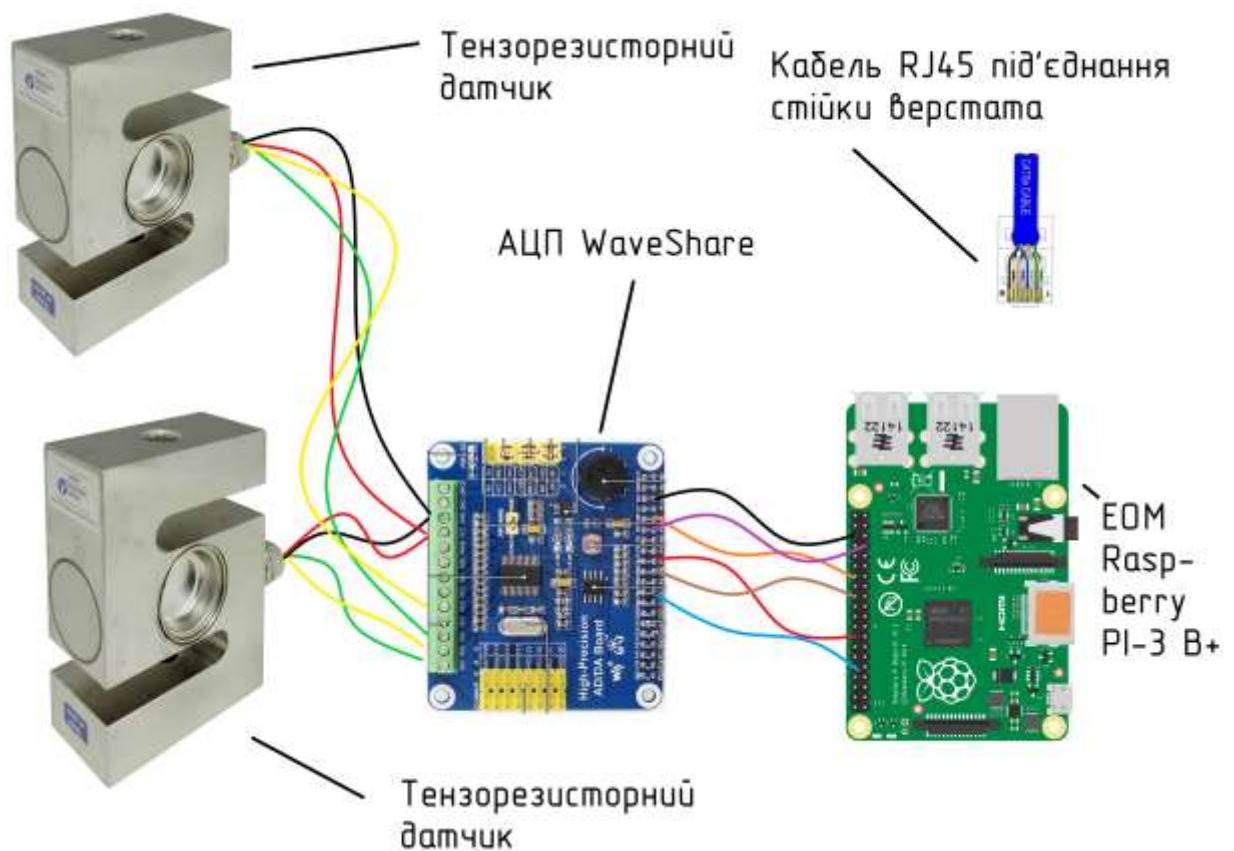


Рис.1.1.9 – Схема під'єднання вимірювальних приладів

Також при проектуванні схеми під'єднання було враховано використання екранованих дротів, що сприяють зменшенню електронних завад та шуму спричинених деталями верстата.

2. Технологічний розділ

2.1 Аналіз службового призначення та умови роботи деталі у вузлі

Після аналізу особливостей конфігурації можна зробити припущення, що деталь виступає в ролі опори у складальній одиниці. Загальне орієнтування конструкції виробу на жорсткість дозволяє зробити висновок, що деталь в процесі роботи сприймає значні навантаження. Точні отвори $\varnothing 62H8$ мм та наявність канавок під стопорні кільця дозволяє зробити припущення, що дані отвори слугують для встановлення в них підшипників кочення. На це вказують також призначенні жорсткі допуски на перпендикулярність упорного торцю до площини установчого фланцю, допуски на паралельність осей отворів, що розглядаються до площини установчого фланцю, допуски на співвісність отворів. Різьбові отвори М6-6Н скоріш за все призначені для встановлення кришок, які запобігають потраплянню абразиву у підшипники. Можна припустити, що різьбові отвори М10x1-6Н необхідні для встановлення пробок, через які здійснюється періодичне змащування та візуальний контроль вузла.

Основними конструкторськими базами деталі “Корпус опори” є площина установчого фланцю та чотири отвори $\varnothing 11$ мм. Допоміжними конструкторськими базами є отвори під підшипники $\varnothing 62H8$ мм, кріпильними поверхнями є різьбові отвори М6-6Н, М10-6Н, всі інші поверхні є вільними. При розробленні технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус опори” необхідно звернути особливу увагу на дотримання вказаних допусків на паралельність осей отворів та співвісність отворів, адже відхилення від меж допусків буде призводити до швидкого виходу з ладу підшипників та унеможливуватиме тривалу експлуатацію виробу. Також необхідно забезпечити допуск площинності установчого фланцю щоб не допустити зміщення положення осей головних отворів.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		12

Креслення деталі, що зображено на рисунку 2.1.1 оформлено згідно правил ЄСКД, має достатню кількість розрізів та додаткових видів для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі.

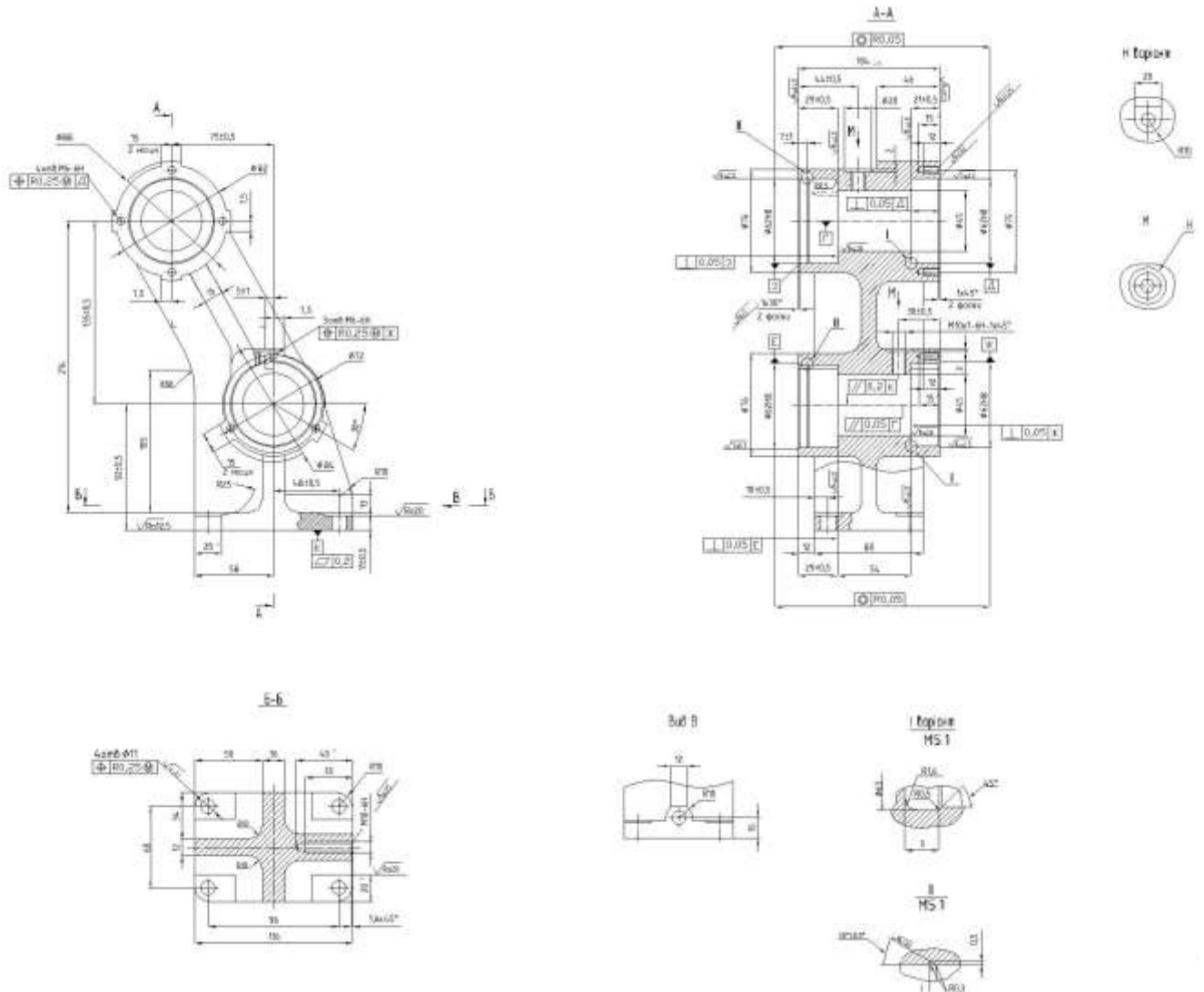


Рис.2.1.1 – Креслення деталі “Корпус опори”

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

2.1.1 Класифікація конструкції деталі за конструктивними ознаками

Розглядаючи креслення деталі “Корпус опори” можна зробити висновок, що виріб відноситься до класу корпусних деталей та є деталлю середнього машинобудування.

2.1.2 Аналіз характеристик якості поверхонь деталі

Аналізуючи креслення можна зробити висновок що до деталі висуваються наступні вимоги:

- до точності (отвори призначені для встановлення підшипників виконуються по 8-му квалітету, відхилення ширини циліндричних поверхонь мають відповідати 12-му квалітету, різьбові отвори виконуються з точністю 6Н, поверхні на яких не уточнено необхідну точність виконуються по 14-му квалітету);

- шорсткість (внутрішня поверхня отворів та упорний торець призначені для встановлення підшипників повинні мати шорсткість Ra2,5 мкм, площа установчого фланцю повинна мати шорсткість Ra12,5 мкм, поверхні прилягання повинні мати шорсткість Ra12,5 мкм, всі інші поверхні мають шорсткість після литва);

2.1.3 Аналіз умов роботи деталі у вузлі

У вузлі деталь “Корпус опори” скоріш за все слугує для встановлення в неї одного з кінців валу, про що свідчить необхідність точного виконання отворів під підшипники. Також наявні вимоги до точності виготовлення установчого фланцю, що свідчить про те що на виріб у вузлів накладаються вимоги до точного позиціонування відносно інших деталей чи складальних одиниць.

Загальне орієнтування конструкції деталі на міцність та жорсткість про що свідчить наявність ребер жорсткості для протидії згинанню та крученню, скруглень для зменшення внутрішніх напружень дозволяє зробити припущення, що деталь у виробі може виконувати функцію опори, сприймаючи також вагу інших деталей, що входять до складу виробу.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		14

Водночас використання анодного оксидування для створення захисного покриття на поверхні матеріалу вказує на те, що деталь працює в умовах дії агресивного середовища.

Деталь “Корпус опори” виготовляється з алюмінієвого сплаву АК7_ч. Матеріал має чудову рідкоплинність, стійкість до корозії і зварюваність. При цьому наявність у складі голчастих кристалів, сполук кремнію різко погіршує механічну оброблюваність. Під час плавлення сплав може бути модифікований хлоридом або флуоридом натрію.

Заготовки АК7 можна зміцнити за допомогою термообробки з подальшим старінням. При цьому застосовують двоступеневу або тріступеневу методику нагріву до 500-550 градусів тепла і подальше витримування протягом декількох годин в гарячій воді. Подібна обробка підвищує міцність і рівень пластичності самого сплаву, що необхідно при виготовленні тонкостінних і складних за формою литих заготовок.

АК7_ч - сплав більш високої чистоти, що робить його менш крихким, дозволяючи застосовувати його для виготовлення деталей, що працюють при значних вібраціях.

Хімічний склад алюмінієвого сплаву АК7_ч відповідно до ГОСТ 1583-93 наведено у таблиці 2.1.2.

Таблиця 2.1.2 – Хімічні властивості сплаву АК7_ч

Fe	Si	Mn	Ni	Al	Cu	Mg	Zn	Доміш.
До 1.3%	6-8%	0.2-0.6%	До 0.3%	88-94%	До 1.5	0.2-0.5	До 0.5	До 3.3

Згідно ГОСТ 1583-93 алюмінієвий сплав АК7ч має фізичні властивості наведені в таблиці 2.1.3.

Таблиця 2.1.3 – Фізичні властивості сплаву АК7ч

σ_B , МПа	σ_5 , %	Твердість НВ, МПа
127-196	0.5-1	50-75

Алюмінієвий сплав АК7ч призначений для роботи при температурі не вище 200⁰С.

2.2 Визначення типу виробництва

2.2.1 Традиційне визначення типу виробництва

Відповідно до ГОСТ 3.1108-74 [12] тип виробництва визначається за кількісним показником – коефіцієнтом закріплення операції, що визначається за допомогою формули, наведеної нижче:

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^n ОП_i}{\sum_{j=1}^n РМ_j},$$

де $\sum_{i=1}^n ОП_i$ - кількість операцій, які виконуються на одному робочому місці; $\sum_{i=1}^n РМ_i$ - сума робочих місць, на яких виконуються відмінні операції.

Є очевидним, що розрахунок $K_{з.о}$ без наявності реальної дільниці цеху є неможливим, оскільки неможливо визначити основні складові формули.

Скористаємося аналоговим методом визначення типу виробництва. У цьому випадку основними показниками для визначення типу виробництва будуть маса деталі та річний обсяг випуску. Для визначення маси деталі скористаємося середовищем автоматизованого проектування SolidWorks, попередньо створивши 3Д-модель деталі. Отже, розрахована маса деталі складає 2,4 кг, а річний обсяг виготовлення деталей складає 1000 штук. Відповідно до таблиці 3, стор.9 [1] встановлюємо тип виробництва – малосерійне виробництво.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		16

Відповідність типу виробництва до величини річної програми випуску та маси деталі наведено у таблиці 2.2.1.

Таблиця 2.2.1 – Визначення типу виробництва

Маса деталі	Величина річної програми випуску, шт.				
	одиничне	малосерійне	середньосерійне	великосерійне	масове
≤10	<500	501-6 000	6 001-30 000	30 001-200 001	≥200 001

2.2.2 Вплив на технологічне підготовлення сучасного машинобудівного виробництва.

Використання оброблюючих центрів з ЧПК дозволяє знизити кількість необхідного верстатного обладнання, тим самим збільшити кількість операцій, що можна виконувати на робочому місці, а кількість робочих місць знизити, тим самим зменшивши необхідну площу виробничих приміщень. Також сучасне верстатне обладнання дозволяє підвищити швидкість обробки деталей, тим самим зменшивши необхідний термін на виконання робочої програми. Отже, існуюча методика аналогового визначення типу виробництва при використанні верстатів з ЧПК потребує оптимізації відповідно до сьогоденних інноваційних продуктів.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		17

2.3 Проектування виду та методу виготовлення заготовки

2.3.1 Традиційні технологічні процеси виготовлення заготовок в машинобудівному виробництві

До традиційних методів виготовлення заготовок можна віднести литво, обробку металів тиском, а саме кування та штампування, використання в якості заготовки сортового прокату. Аналізуючи конфігурацію та матеріал деталі “Корпус опори” визначаємо метод отримання заготовки литвом. Водночас, залежно від типу виробництва на необхідної точності заготовки лиття поділяють на такі види:

- лиття в пісчані форми;
- лиття в кокіль;
- лиття під тиском;
- лиття по виплавленим моделлям;
- лиття по газифікованим моделлям;
- відцентрове лиття;
- лиття в оболонкові форми.

Для визначення необхідного виду лиття скористаємося методичними вказівками таблиці 1-10 ст.8-14 [1]. Визначаємо групу відливки залежно від маси, попередньо визначивши за допомогою системи автоматизованого проектування SolidWorks масу заготовки $m_3=3,7$ кг, використовуючи таблицю 2.3.1.

Таблиця 2.3.1 – Розподіл виливків на групи залежно від маси

№ групи	Маса виливка, кг	№ групи	Маса виливка, кг	№ групи	Маса виливка, кг
1	До 0,2	6	10-20	11	1000-3000
2	0,2-0,5	7	20-50	12	3000-10000
3	0,5-1,0	8	50-200	13	10000-25000
4	1,0-3,0	9	200-500	14	25000-60000
5	3,0-10	10	500-1000	15	>60000

Встановлюємо відповідно 5 групу виливка за масою.

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата	ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ					

Визначаємо групу серійності за таблицею 2.3.2

Таблиця 2.3.2 - Визначення групи серійності виливка

№ групи за табл. 1.3.1	Річний обсяг випуску деталі при виробництві				
	Масовому	Велико-серійному	Середньо-серійному	Мало-серійному	Одиничному
	Група серійності				
	1	2	3	4	5
1	бїл.700 001	175 001-700 001	35 001-175 000	2 501-35 000	до 2 500
2	≥600 001	150 001-600 000	30 001-150 000	2 001-30 000	≥2 000
3	≥500 001	100 001-500 000	20 001-100 000	1 501-20 000	≥1 500
4	≥350 001	75 001-350 000	12 001-75 000	1 001-12 000	≥1 000
5	≥200 001	30 001-200 000	6 001-30 000	501-6 000	≥500
6	≥100 001	15 001-100 000	3 001-15 000	301-3 000	≥300
7	≥60 001	10 001-60 000	2 501-10 000	201- 2 500	≥200
8	≥40 001	7 501-40 000	1 501-7 500	101- 1 500	≥100
9	≥25 001	4 501-25000	1 001-4 500	76-1 000	≥75
10	≥20 001	3 001-20000	601-3 000	51-600	≥50
11	≥6 001	751-6000	201-750	31-200	≥30
12	≥201	101-200	51-100	11-50	≥10
13	≥101	51-100	26-50	8-25	≥7
14	≥51	28-50	13-27	6-12	≥5
15	≥25	14-14	9-13	5-8	≥4

Призначаємо відповідно до таблиці 2.3.2 – 4 групу серійності виливка.

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата	ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ					

Визначаємо групу складності виливка за таблицею 2.3.3

Таблиця 2.3.3 – Розподілення виливків по групам складності

№ групи	Зовнішні поверхні виливка	Внутрішні порожнини виливка	Приклади
1	Гладкі і прямолінійні з невисокими ребрами, бобишками, фланцями, отворами, виступами та заглибленнями. Виконуються без стержневої системи.	Невисокі, гладкі, без виступів, заглиблень. Виконуються простими стержнями.	Площинні, круглі, напівсферичні відливки. Кришки, рукоятки, вилки, важелі, фланці, вантажі, горловини люків.
2	Прямолінійні і криволінійні, з наявністю ребер, бортів, кронштейнів, бобишок, фланців з отворами і заглибленнями простої конфігурації. Окремі частини виконуються стержнями	Прості довгі та високі поверхні, прості з невеликими виступами чи заглибленнями.	Площинні виливки, круглі та напівсферичні, відкритої коробчатої форми, фігурні вилки, кронштейни, фундаментні плити та плити для розмітки, стакани, обойми, корпуси патронів, барабани, вінці, шків, колеса та ролики вагонеток
3	Відносно складної конфігурації з наявністю звисаючих елементів, ребер, бобишок, фланців з отворами і заглибленнями. Більшість поверхонь виконуються стержнями.	Мають вигляд окремих або об'єднаних геометричних фігур, довгі та високі з незначними виступами і заглибленнями, розташовані в один чи частково два яруса з вільними і широкими виходами.	Виливки відкритої коробчатої, сферичної, циліндричної і інших форм; блоки з литими канавками, колеса однодискові з литими зубцями і дводискові без литих зубців, кришки та основи редукторів, гільзи та поршні циліндрів, корпуси гідронасосів, диференціалів.

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

20

4	Криволінійні і прямолінійні з приєднаними кронштейнами, фланцями, патрубками і іншими елементами. Більшість поверхонь або всі поверхні виконуються стержнями.	Складної конфігурації з значними виступами і заглибленнями, розташовані в один або два яруса, мають один або два вільних виходи.	Виливки закритої і частково закритої коробчатої чи циліндричної форми. Столи, станини металоріжучих верстатів, кувальних машин, пресів, молотів, барабани ескаваторів, мостових кранів, лебідок, станини прокатних станів. Двух- та трьохвінцеві зірочки та зубчасті колеса, шкворневі балки, балансири, лопатки турбін.
5	Криволінійні, складної конфігурації з приєднаними кронштейнами або такими, що перетинаються, фланцями, патрубками та іншими складними елементами. Виконуються із застосуванням великої кількості стержнів	Складної конфігурації з криволінійними поверхнями, що перетинаються під різними кутами, із заглибленнями або виступами, з канавками, що розташовані в один або два яруса та мають складний вихід.	Виливки закритої коробчатої, циліндричної або комбінованої форми, передні бабки і складні станини верстатів, поперечини, стійки, салазки верстатів, траверси, станини, колінчасті вали, корпуси складних гідромеханізмів, фасонні циліндри, блоки циліндрів двигунів.

Відповідно до таблиці 2.3.3 призначаємо 3 групу складності виливка.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		21

Використовуючи таблиці 2.3.4 та 2.3.5 визначаємо вид лиття для отримання заготовки деталі “Корпус опори”.

Таблиця 2.3.4 – Основні способи виготовлення виливків

Спосіб лиття	Стан та матеріал форми	Особливості виготовлення форми
1.В піщані форми	1.Сира 2.Підсушена 3.Суха 4.Хімічно зміцнена	1.Лиття в земляну відкриту форму 2.Лиття в земляну закриту форму 3.Безопочна 4.Опочна 5.Стержнева
2.В кокіль	1.Металева 2.Металева облицьована	1.3 металевими стержнями 2.3 піщаними стержнями
3.В оболонкові форми	1.Зміцнена	1.На полімерній зв'язці
4.По виплавлених моделях	1.Керамічна прокалена	
5.Під тиском	1.Металева	
6.Центробіжне лиття	1.Металева 2.Металева облицьована	1.3 вертикальною віссю обертання 2.3 горизонтальною віссю обертання 3.Центрифуга

Таблиця 2.3.5 – Области застосування різних способів отримання виливків

Групи			Спосіб виготовлення(табл.1.3.4)
по масі	складності	серійності	
1-5	1-3	1-5	1.1.3 1.1.4
1-5	1-3	1-4	2.1.1 3.1.1
5-8	1	4-5	1.1.1
5-8	1-3	1-5	1.1.4 2.1.1 2.1.2 3.1.1
5-10	1-2	1-4	6.1.1 6.1.2 6.2.1 6.2.2
8-10	3-5	1-5	1.2.4 1.3.4 1.4.4 1.3.5 1.4.5
11-12	3-5	1-5	1.3.2 1.3.4 1.3.5 1.4.2 1.4.4 1.4.5
13-15	3-5	1-5	1.3.2 1.3.5 1.4.2 1.4.5

Отже, визначаємо спосіб лиття – в піщано-глинисту сиру суміш з використанням двох напівпок та ручним формування за дерев'яними моделями.

Згідно рекомендації ГОСТ 26645-85 [6] встановлюємо:

- Клас розмірної точності – 10 [6,табл.9];
- Ступінь короблення – 8 [6,табл.10];
- Ступінь точності поверхні – 10 [6,табл.11];
- Ступінь точності поверхонь виливків – 12[6,табл.11];
- Шорсткість поверхонь виливків $Ra = 12,5$ мкм[6,табл.12];
- Клас точності маси виливків –9[6,табл.13];
- Ряд припусків на оброблення виливка - 4[6,табл.14];
- Допустима величина зміщення – 3,6[6,табл.1].

Точність виливка за ГОСТ 26645-85[6] 10-8-10-12.

Відповідно до призначених допусків на розміри виливка та величин ливарних припусків проектуємо конфігурацію виливка:

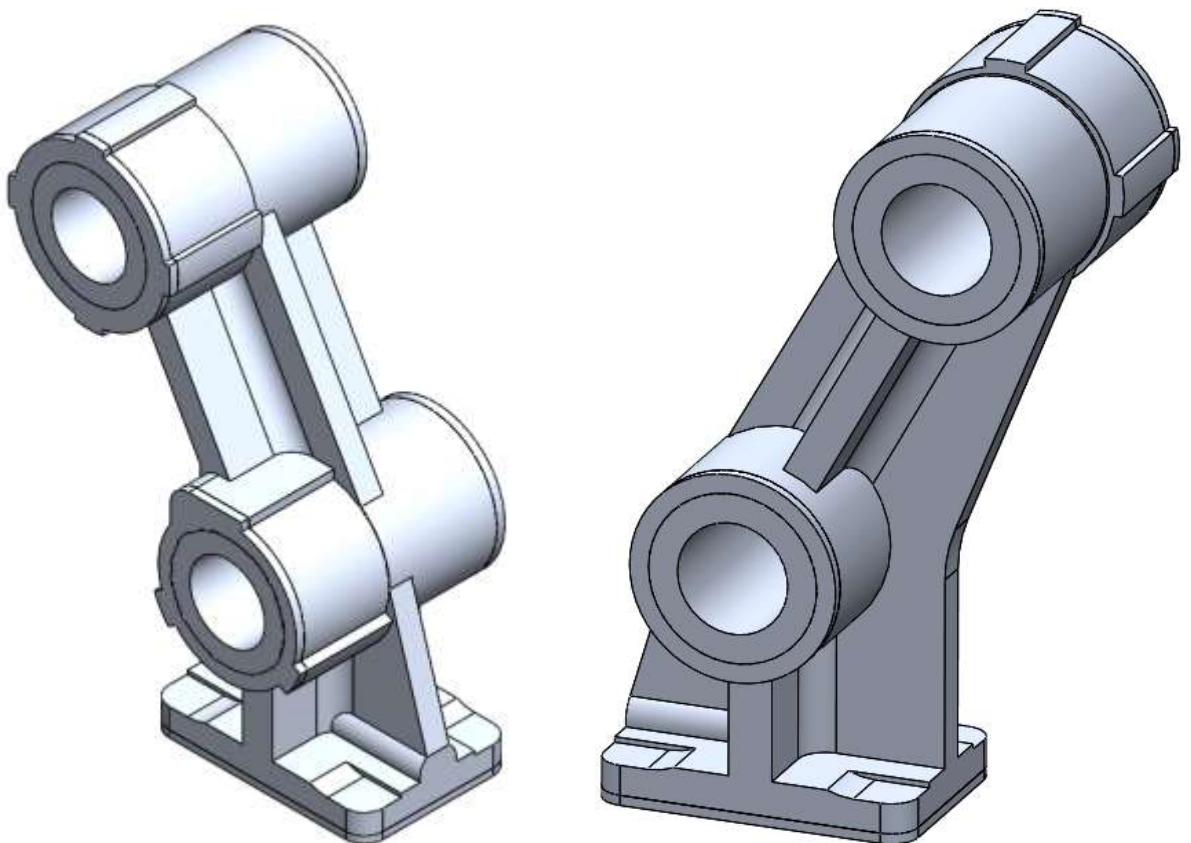


Рис.2.3.6 – 3-Д модель виливка

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

24

На основі 3-Д моделі створюємо креслення вилівка, вказуючи необхідні розміри:

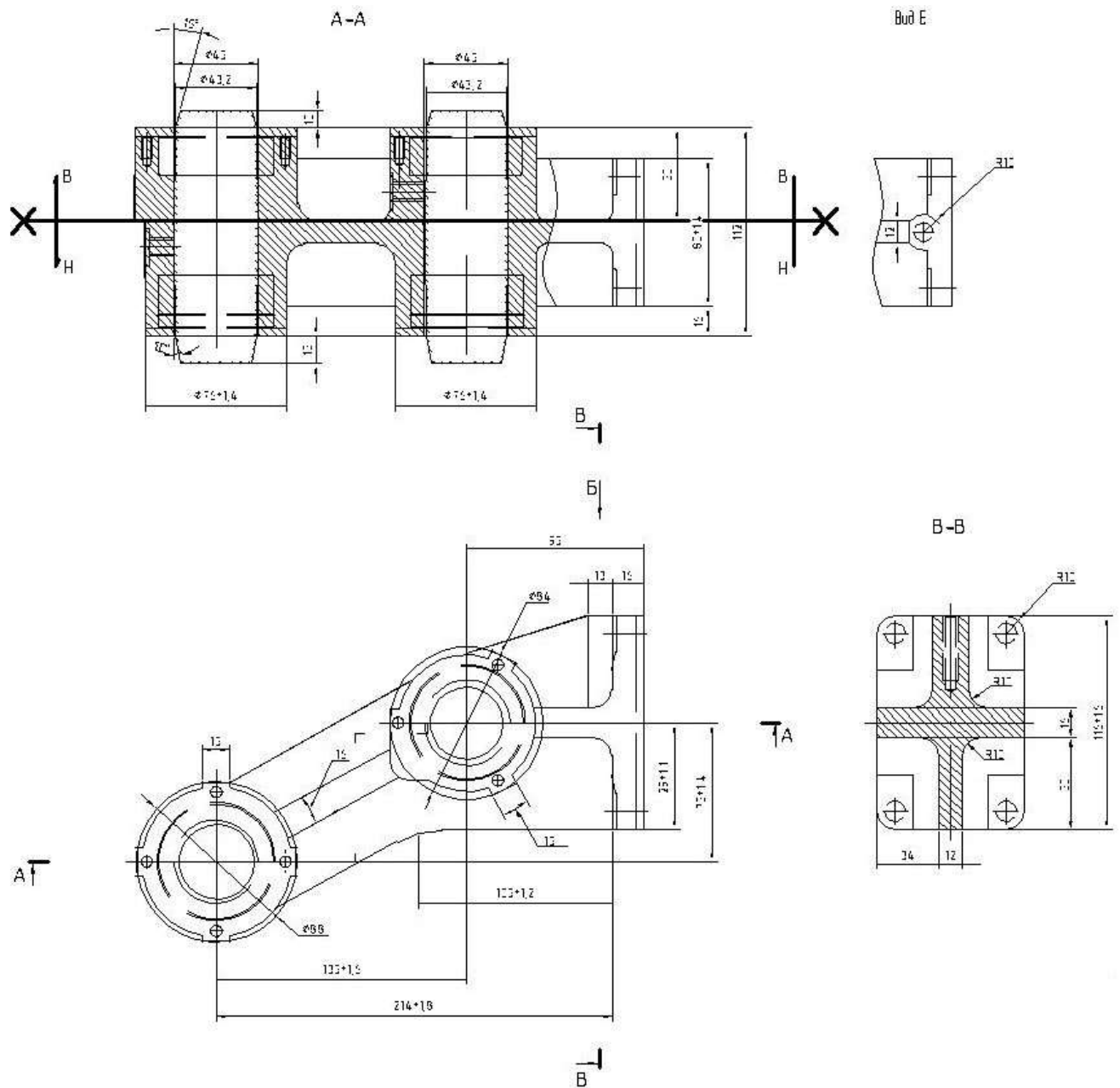


Рис.2.3.7 – Кресленик вилівка

Використовуючи методичні вказівки [9] визначаємо положення вилівка в момент заливання рідкого металу та встановлюємо поверхню рознімання вилівка. Схематичне зображення розміщення вилівка в опоках представлено на рисунку 1.3.8.

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

25

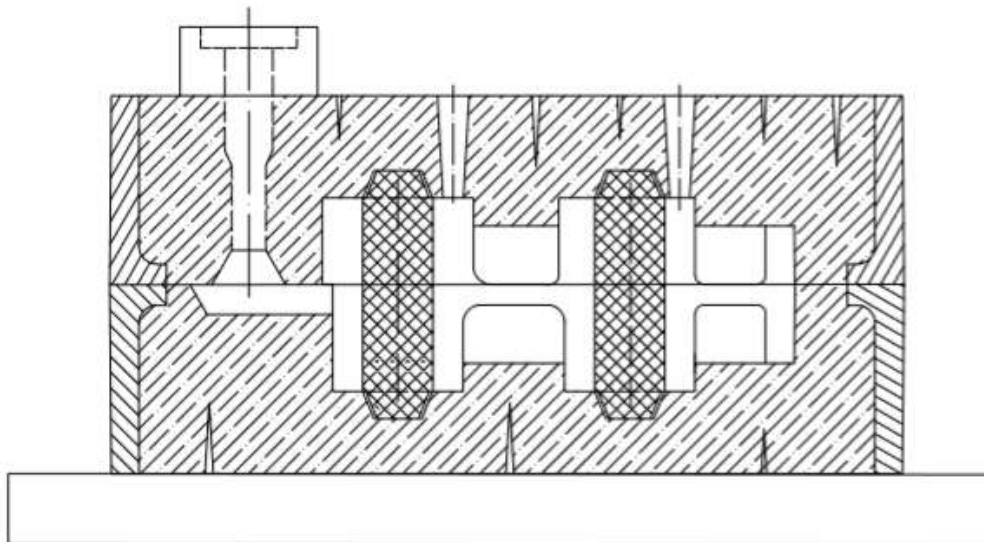


Рис.2.3.8 - Схематичне зображення розміщення виливка в опоках

2.3.2 Сучасні технології виготовлення заготовок

Однією з найперспективніших новітніх технологій отримання заготовок є 3-Д друк металом на спеціальних принтерах. У деяких промислових секторах вже використовують металеві 3D-принтери, вони стали невід'ємною частиною виробничого процесу. Принтери здатні друкувати заготовки з таких металів, як алюміній, титан, сталь, мідь, платина. Широке розповсюдження така технологія набула в аерокосмічній та військовій промисловості завдяки отриманню заготовки з мінімальними припусками на механічну обробку, що значно підвищує швидкість обробки.

В одно час сама технологія 3-Д друку металом поділяється на безліч видів за видом впливу на сировинну, яка використовується для друку:

- лазерне спікання;
- спікання направленими електричними імпульсами;
- екструдкування.

Найголовнішим недоліком технології 3-Д друку є висока вартість обладнання, тому таким обладнанням володіють тільки великі компанії та компанії, що працюють у секторі військової промисловості.

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

2.4 Узагальнений алгоритм обґрунтування вибору технологічних баз

2.4.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз(ЗТБ)

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

Для обґрунтування необхідно виконати класифікацію поверхонь деталі за службовим призначенням.

Конструкції будь-якої деталі можна представити як сукупність чотирьох видів поверхонь:

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

Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням наведена на рис.2.4.1.

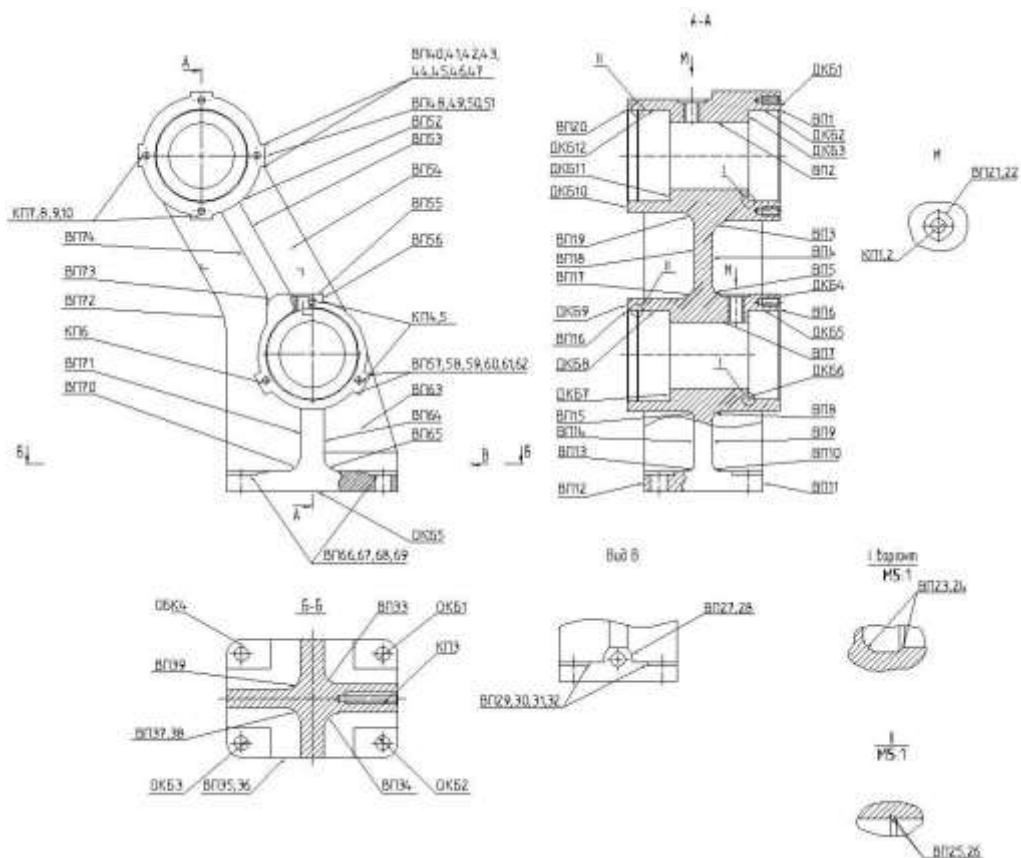


Рис.2.4.1 - Класифікація поверхонь деталі “Корпус опори” за службовим призначенням

						Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата	ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	27

Основними конструкторськими базами деталі “Корпус опори” є торцева поверхня установчого фланцю ОКБ5 габаритними розмірами 116x80 мм та точні отвори ОКБ1-4 Ø11H7 мм.

- ОКБ - поверхні деталі, які визначають положення даної деталі в складальній одиниці або вузлі(ОКБ1-5).
- ДКБ – поверхні деталі, які визначають положення приєднаних до неї деталей (ДКБ1-12).
- КП - поверхні деталей, які забезпечують фіксацію положення деталей, що приєднуються (КП1-10).
- ВП – додаткові поверхні деталі, які створюють єдиний геометричний образ деталі (ВП1-74).

У відповідності до алгоритму обґрунтування технологічних баз, перевіряємо можливість використання поверхонь основних конструкторських баз в якості загальних технологічних баз (ЗТБ). Аналіз конструкції деталі “Корпус опори” свідчить, що в якості загальних технологічних баз можна використати поверхні основних конструкторських баз.

Теоретична схема базування по загальним технологічним базам наведена на рис.2.4.2.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		28

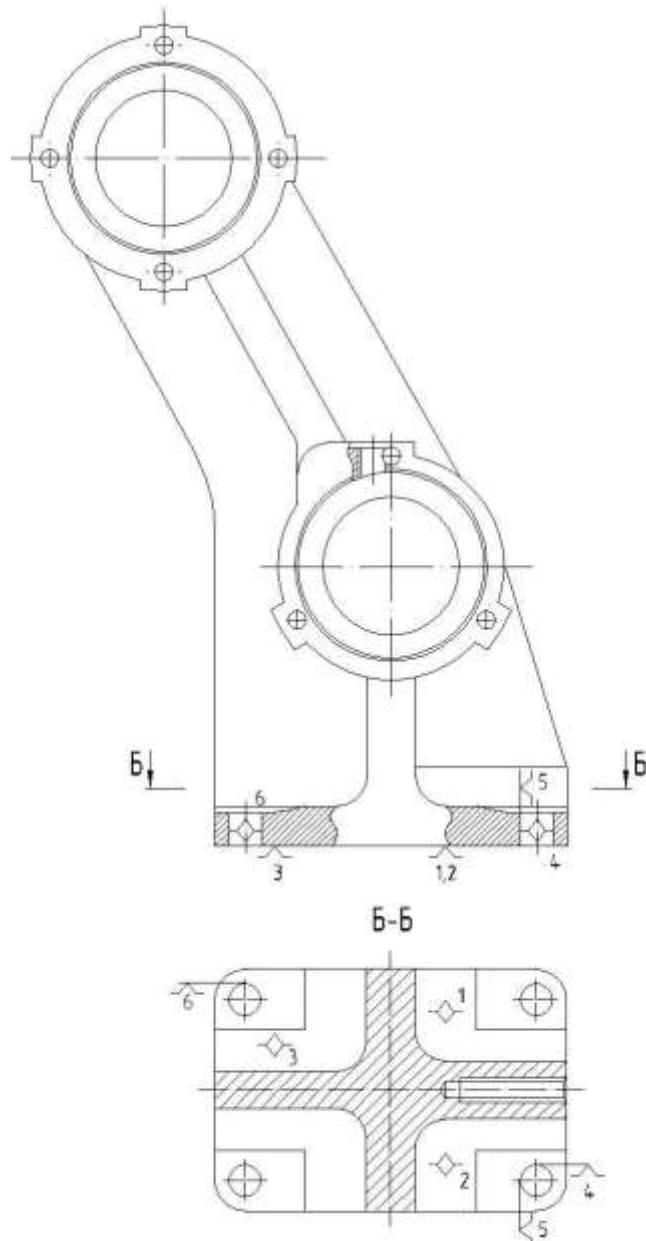


Рис.2.4.2 - Теоретична схема базування по загальним технологічним базам деталі
“Корпус опори”

Структурна формула схеми базування по загальним технологічним базам має вид:

$$СБ_{ЗТБ} \Rightarrow У(3) + ПО(2) + О(1)$$

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

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

Після вибору схеми базування по загальній технологічній базі необхідно перевірити можливість її незмінного використання для більшості технологічних операцій. Є очевидним, що наведена схема базування забезпечує оброблення більшості обробних поверхонь заготовки.

2.4.2 Обґрунтування вибору баз для перших технологічних операцій

Основним завданням при виборі технологічних баз для перших операцій є забезпечення доступності для оброблення комплекту загальних технологічних баз із заданими кресленням вимогами щодо точності та шорсткості. Також необхідно намагатися обробити комплект загальних технологічних баз за один установ, враховуючи, що повторна установка на чорнові бази не допускається.

Реалізацію теоретичної схеми базування по технологічним базам деталі “Корпус опори” наведено на рис 2.4.3.

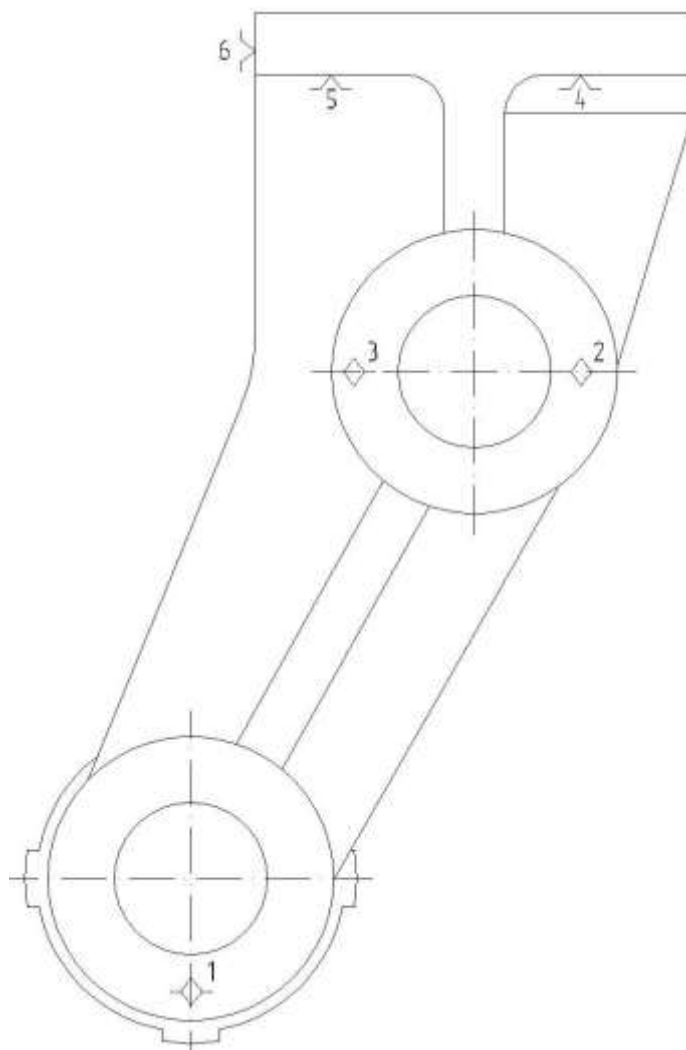


Рис.2.4.3 - Схема базування по технологічним базам деталі “Корпус опори”

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата						

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$СБ_{ТБ} \Rightarrow У(3) + Н(2) + О(1)$$

Ця схема базування проста в конструктивній реалізації та забезпечує перпендикулярність бокової сторони корпусу до базової поверхні, паралельність необробленої поверхні відносно базової поверхні, але тільки у вказаному перерізі, де розміщені установлювальні елементи. Недоліки такої схеми базування: закриває заготовку для оброблення з трьох сторін, формує нерівномірний припуск на головні отвори корпусу.

2.5 Проектування типових технологічних послідовностей оброблення поверхонь деталі.

Для проектування технологічних послідовностей оброблення поверхонь деталі будемо користуватися рекомендаціями таблиць 16,17,18,20 стор.35-38 [2]. Типові технологічні послідовності оброблення поверхонь для деталі “Корпус опори” наведено у таблиці 2.5.1

Таблиця 2.5.1 – Типові технологічні послідовності оброблення поверхонь для деталі “Корпус опори”

Позначення поверхні	Характеристики якості поверхні за креслеником		Технологічна послідовність оброблення (можливі варіанти)	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	Точність розмірів IT	Параметр шорсткості		Точність розмірів IT	Параметр шорсткості
ОКБ1-4	7	Ra1,6	1.Центрування	-	-
			2.Свердління	12	Ra10
			3.Двократне розвертання або	7	Ra1,6
			1.Центрування	-	-
			2.Свердління	12	Ra10
			3.Зенкерування і двократне розвертання або	7	Ra1,6
ОКБ1-4	7	Ra1,6	1.Центрування	-	-
			2.Свердління	12	Ra10
			3.Зенкерування та шліфування або	7	Ra0,63
			1.Центрування	-	-
			2.Свердління	12	Ra10
			3.Зенкерування та калібрування	7	Ra0,63

ОКБ5	14	Ra12,5	1.Фрезерування чорнове	13	Ra6,3
			2.Фрезерування напівчистове	11	Ra2,5
			або		
			1.Протягування чорнове	10	Ra2,5
			2.Протягування чистове	8	Ra1,25
			або		
			1.Шліфування попереднє	8	Ra1,25
			2.Шліфування чистове	7	Ra0,63
ДКБ1,4,9,10	12	Ra12,5	1.Фрезерування чорнове	12	Ra6,3
ДКБ2,5,8,12	8	Ra2,5	1.Фрезерування чорнове	12	Ra6,3
			2.Фрезерування напівчистове	8	Ra2,5
			або		
			1.Розточування попереднє	12	Ra6,3
			2.Двократнє розвертання	8	Ra1,25
			або		
			1.Розточування попереднє	12	Ra6,3
			2.Розточування остаточнє	8	Ra2,5
ДКБ3,6,7,11	14	Ra2,5	1.Фрезерування чорнове	12	Ra6,3
КП1,2,3	6	Ra6,3	1.Центрування	-	-
			2.Свердління	12	Ra10
			3.Фрезерування	6	Ra2,5
			або		
			1.Центрування	-	-
			2.Свердління	12	Ra10
			3.Нарізання	6	Ra6,3
КП4,5,6,7,8,9,10	6	Ra6,3	1.Центрування	-	-
			2.Свердління	12	Ra10
			3.Фрезерування	6	Ra2,5
			або		
			1.Центрування	-	-
			2.Свердління	12	Ra10
			3.Нарізання	6	Ra6,3
ВП1,6,16,20	14	Ra12,5	1.Розточування попереднє	12	Ra6,3
ВП21,22	14	Ra12,5	1.Фрезерування чорнове	12	Ra12,5
ВП23,24,25,26	14	Ra12,5	1.Фрезерування чорнове	10	Ra2,5

2.6 Вибір послідовностей оброблення поверхонь деталі на різних етапах технологічного процесу.

Аналізуючи спроектовані типові послідовності оброблення поверхонь деталі, обираємо найбільш доцільні способи оброблення відповідно до можливостей обраного верстатного обладнання та інструмента, також враховуючи техніко-економічні показники обраних методів обробки поверхонь.

Обрані послідовності оброблення поверхонь для деталі “Корпус опори” наведено у таблиці 2.6.1.

Таблиця 2.6.1 – Послідовності оброблення поверхонь деталі “Корпус опори”

Позначення поверхні	Характеристики якості поверхні за креслеником		Технологічна послідовність оброблення (можливі варіанти)	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	Точність розмірів IT	Параметр шорсткості		Точність розмірів IT	Параметр шорсткості
ОКБ1-4	7	Ra1,6	1.Центрування 2.Свердління 3.Двократне розвертання	- 12 7	- Ra10 Ra1,6
ОКБ5	14	Ra12,5	1.Фрезерування чорнове 2.Фрезерування напівчистове	13 11	Ra6,3 Ra2,5
ДКБ1,4,9,10	12	Ra12,5	1.Фрезерування чорнове	12	Ra6,3
ДКБ2,5,8,12	8	Ra2,5	1.Фрезерування чорнове 2.Фрезерування напівчистове	12 8	Ra6,3 Ra2,5
ДКБ3,6,7,11	14	Ra2,5	1.Фрезерування чорнове	12	Ra6,3
КП1,2,3	6	Ra6,3	1.Центрування 2.Свердління 3.Фрезерування	- 12 6	- Ra10 Ra2,5
КП4,5,6,7,8,9,10	6	Ra6,3	1.Центрування 2.Свердління 3.Фрезерування	- 12 6	- Ra10 Ra2,5
ВП1,6,16,20	14	Ra12,5	1.Розточування попереднє	12	Ra6,3
ВП21,22	14	Ra12,5	1.Фрезерування чорнове	12	Ra12,5
ВП23,24,25,26	14	Ra12,5	1.Фрезерування чорнове	10	Ra2,5

2.7. Проектування змісту технологічних операцій

2.7.1 Обґрунтування вибору верстатних систем

В якості верстатного обладнання будемо використовувати горизонтальний обробляючий центр HAAS EC-400, що дозволяє обробити більшість поверхонь без застосування додаткового обладнання. Зовнішній вигляд верстата представлено на рисунку 2.7.1 [10].



Рис.2.7.1 – Горизонтальний-обробляючий центр HAAS EC-400

Основні технічні характеристики верстата наведено у таблиці 2.7.2

Таблиця 2.7.2 – Основні технічні характеристики верстата HAAS EC-400 [10].

Переміщення по осях:	
Вісь X,мм	559
Вісь Y,мм	635
Вісь Z,мм	559
Поворотний стіл(4 вісь)	
Діаметр столу,мм	400
Максимальна вантажопідйомність столу,кг	400
Точність індексації,град	0,0042

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		34

Шпиндель	
Максимальна потужність,кВт	22,4
Максимальна швидкість обертання,об/хв	8100
Система приєднання інструмента	Конус BT40
Магазин інструменту	
Максимальний діаметр інструмента,мм	127
Максимальна довжина інструмента,мм	305
Час зміни інструмента,с	2,8

Для реалізації обробки деталі “Корпус опори” за два установи, що необхідно для витримки допусків форм та розташування ,потрібно додатково застосувати кутову головку Gerardi ATC F90-13,зображену на рисунку 2.7.3 [11].



Рис.2.7.3 – Кутова головка Gerardi ATC F90-13

Геометричні розміри та технічні характеристики наведено на рисунку 2.7.4 [11].

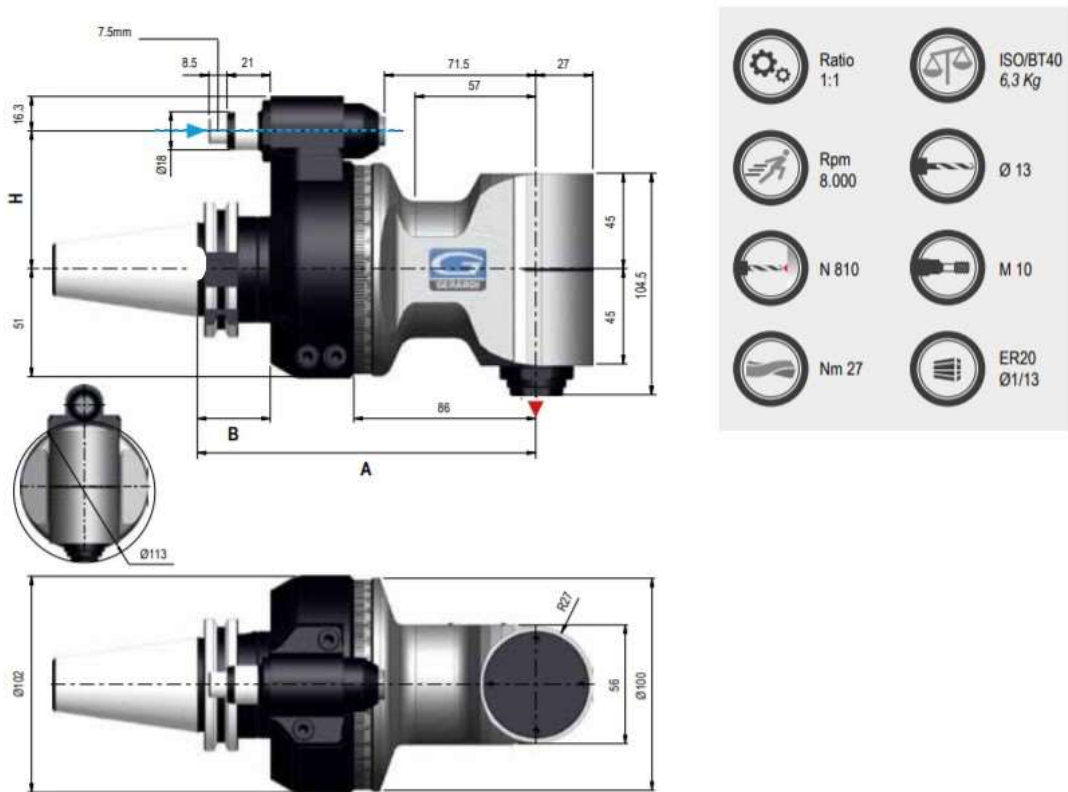
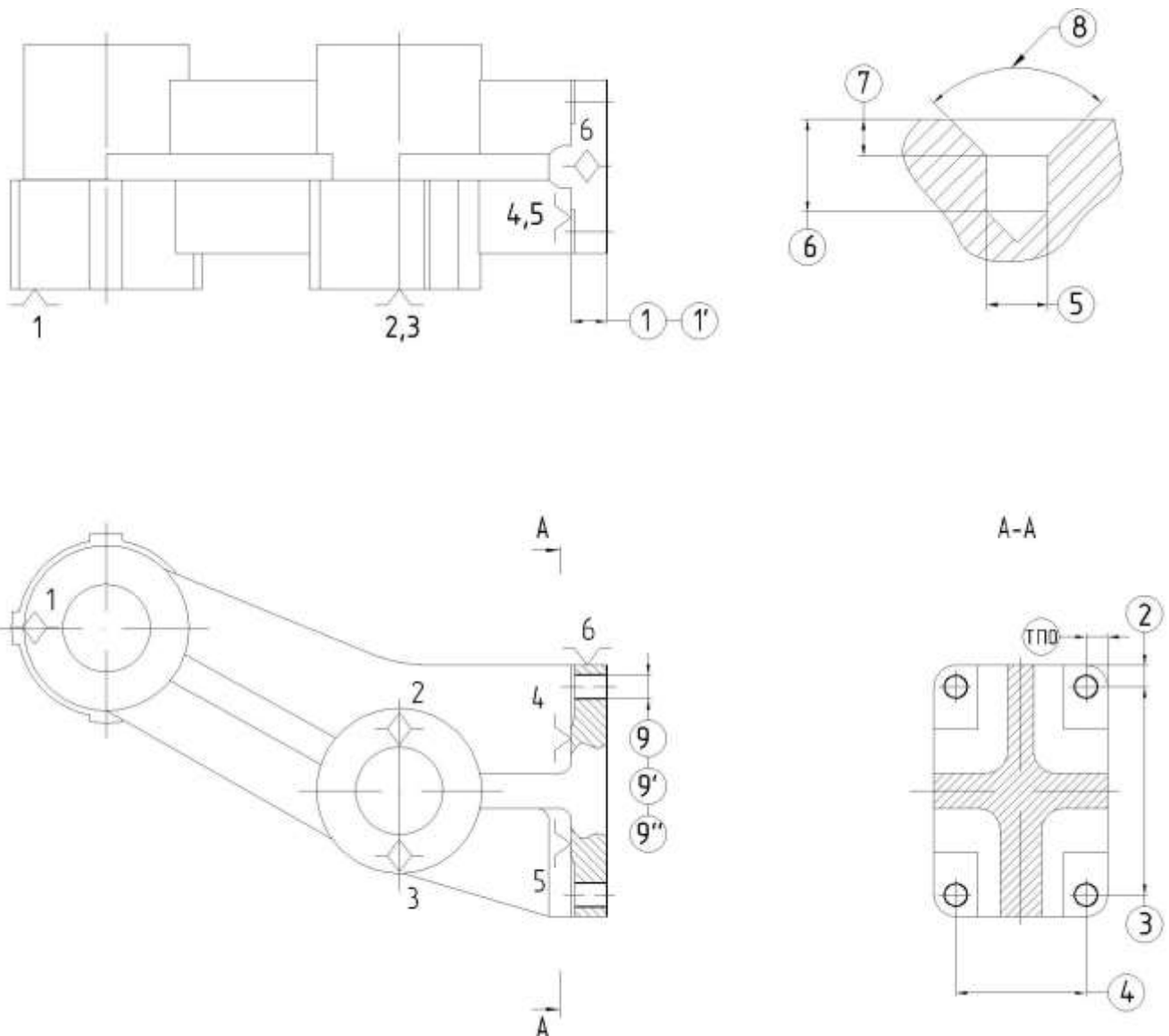


Рис.2.7.4 – Технічні характеристики та розміри поворотної головки Gerardi ATC F90-13

2.7.2 Розмірне моделювання технологічних операцій оброблення

005 Багатоцільова з ЧПК

А. Установити, закріпити, зняти.



005.01 Фрезерувати торцеву поверхню ОКБ5 начорно, витримуюючи розмір 1.

005.02 Фрезерувати торцеву поверхню ОКБ5 напівчисто, витримуюючи розмір 1'.

005.03 Центрувати положення вісей отворів ОКБ1-4, витримуюючи послідовно розміри ТП0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

005.04 Свердлити отвори ОКБ1-4 напрохід, витримуюючи розміри ТП0, 2, 3, 4, 9.

005.05 Розвертати отвори ОКБ2, 4 попередньо, витримуюючи розмір 9'.

005.06 Розвертати отвори ОКБ2, 4 остаточно, витримуюючи розмір 9''.

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

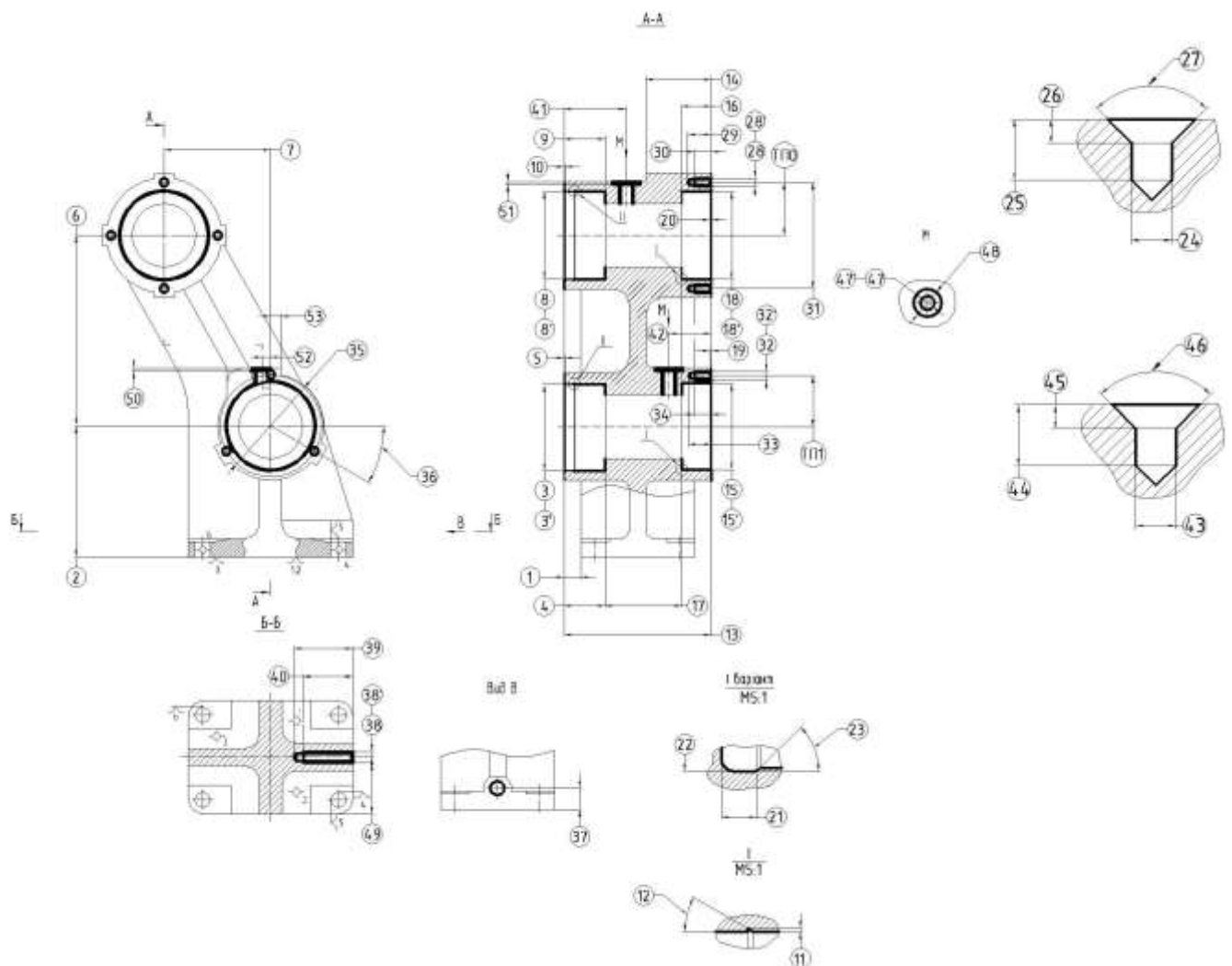
ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

37

010 Багатоцільова з ЧПК

А. Установити, закріпити, зняти.



010.01 Фрезерувати торцеві поверхні ДКБ9,10 начорно, витримуючи розмір 1.

010.02 Фрезерувати поверхні ДКБ7,8,11,12 начорно, витримуючи послідовно розміри 2,3,4,6,8,9.

010.03 Фрезерувати поверхні ДКБ7,8,11,12 напівчисто, витримуючи розміри 2,3',4,6,8',9.

010.04 Фрезерувати поверхні ВП16,20 начорно, витримуючи розміри 5,10.

010.05 Фрезерувати поверхні ВП25,26 начорно, витримуючи розміри 11,12.

Б. Повернути стіл на 180^0 навколо вертикальної осі.

010.06 Фрезерувати торцеві поверхні ДКБ1,4 начорно, витримуючі розміри 13,14.

010.07 Фрезерувати поверхні ДКБ2,3,5,6 начорно, витримуючі послідовно розміри 2,6,7,15,16,17,18.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		38

- 010.08 Фрезерувати поверхні ДКБ2,3,5,6 напівчисто,витримуючи послідовно розміри 2,6,7,15',16,17,18'.
- 010.09 Фрезерувати поверхні ВП1,ВП6 начорно,витримуючи розміри 19,20.
- 010.10 Фрезерувати поверхні ВП23,24 начорно,витримуючи розміри 21,22,23.
- 010.11 Центрувати положення осей отворів КП7,8,9,10,послідовно витримуючи розміри ТП0,24,25,26,27.
- 010.12 Свердлити отвори КП7,8,9,10 витримуючи розміри ТП0,28,29,31.
- 010.13 Нарізати різі КП7,8,9,10 витримуючи розміри 28',30,31.
- 010.14 Центрувати положення осей отворів КП4,5,6,послідовно витримуючи розміри ТП1,35,36,24,25,26,27.
- 010.15 Свердлити КП4,5,6,витримуючи розміри 32,33,35,36.
- 010.16 Нарізати різі КП4,5,6,витримуючи розміри 32',34,35,36.
- В.Повернути стіл на 90^0 навколо вертикальної осі.
- 010.17 Центрувати положення осі отвору КП3,витримуючи розміри 37,49,43,44,45,46.
- 010.18 Свердлити отвір КП3,витримуючи розміри 37,38,39.
- 010.19 Нарізати різьбу КП3 витримуючи розміри 37,38',40.
- Г.Встановити кутову головку.
- 010.20 Фрезерувати поверхню ВП21 начорно,витримуючи розміри 7,41,48,51.
- 010.21 Центрувати положення осі отвору КП1,витримуючи розміри 7,41,43,44,45,46.
- 010.22 Свердлити отвір КП1 напрохід,витримуючи розміри 7,41,47.
- 010.23 Нарізати різьбу КП1, витримуючи розмір 7,41,47'.
- 010.24 Фрезерувати поверхню ВП22 начорно,витримуючи розміри 42,48,50,53.
- 010.25 Центрувати положення осі отвору КП2,витримуючи розміри 42,43,44,45,46,53.
- 010.26 Свердлити отвір КП2 напрохід,витримуючи розміри 42,47,53.
- 010.27 Нарізати різьбу КП2,витримуючи розміри 42,47',53.

015 Мийочна

020 Контрольна

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		39

2.8. Визначення припусків для оброблення поверхонь деталі.

2.8.1 Розрахунково-аналітичний метод розрахунку припусків

Сутність розрахунково-аналітичного методу полягає в тому, що мінімальний припуск на обробку поверхні на певній операції розглядається як сукупність похибок попередньої обробки, які необхідно видалити.

Таким чином, розрахунково-аналітичний метод дозволяє враховувати при визначенні припусків конкретні виробничі умови і дозволяє значно економити матеріал. Найбільш широко використовують цей метод в умовах великосерійного та масового виробництв.

Вихідними даними для розрахунку припусків для поверхні є робочий кресленик деталі із заданими вимогами до характеристик якості оброблюваних поверхонь, визначений маршрут оброблення поверхні, реалізація якого забезпечує формування поверхні із необхідними параметрами, теоретична схема базування та її конструктивна реалізація в пристрої при виконанні кожного етапу оброблення.

					<i>ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		40

Розрахунок припусків для розміру $13^{+0,11}$ мм Ra12,5

Технологічний ескіз оброблення площини установчого фланцю у розмір $13^{+0,11}$ наведено на рисунку 2.8.1

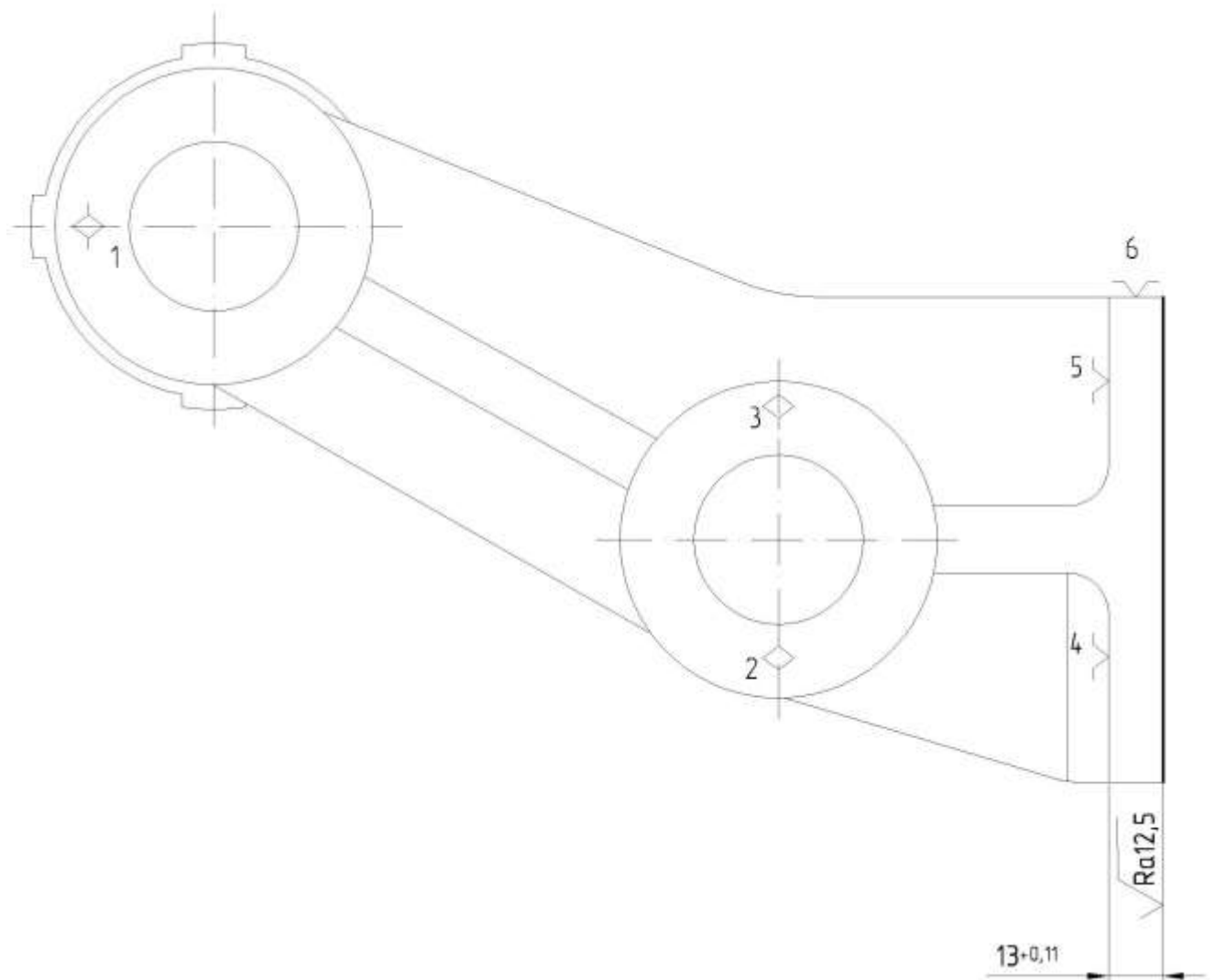


Рис. 2.8.1 – Технологічний ескіз оброблення площини установчого фланцю ОКБ5

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

41

Мінімальні припуски для кожного із вибраних переходів розраховують за формулою[3,ст.62,табл.4.2]:

$$Z \min_i = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{i-1} + \varepsilon_i ,$$

де R_z – висота нерівностей профілю; h – глибина дефектного шару; Δ – сумарне відхилення розташування поверхні; ε – похибка установки заготовки;

Визначаємо елементи припуску. Середня висота мікронерівностей $R_z = 200$ мкм, глибина дефектного поверхневого шару $h = 600$ мкм[4,ст.199,табл.27], середня висота мікронерівностей після чорного фрезерування $R_z = 100$ мкм, глибина дефектного шару $h = 100$ мкм, після напівчистового фрезерування $R_z = 20$ мкм, глибина дефектного шару $h = 20$ мкм [4,ст.201,табл.29].

Похибка установки визначається як[3,ст.73]:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2} ,$$

де ε_0 - похибка базування; ε_3 - похибка закріплення.

Оскільки технологічна база співпадає з вимірювальною, похибка базування відсутня:

$$\varepsilon_0 = 0 \text{ мкм} .$$

Похибку закріплення визначимо за допомогою довідкових даних [3,табл. 4.12. ст.80]:

$$\varepsilon_3 = 200 \text{ мкм} .$$

Таким чином похибка установки складатиме:

$$\varepsilon_{\text{учорн}} = \sqrt{0^2 + 200^2} = 200 \text{ мкм} ,$$

$$\varepsilon_{\text{унапівчист}} = 0,05 \cdot \varepsilon_{\text{учорн}} = 200 \cdot 0,05 = 10 \text{ мкм} .$$

Просторові відхилення розміщення поверхонь при обробці площин враховують тільки їх жолоблення, тобто:

$$\Delta_{\text{заг}} = \Delta_{\text{нжол}} \cdot L ,$$

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		42

де $\Delta_{пжол} = 1 \text{ мкм}$ - питоме жолоблення на 1 мм довжини заготовки [3, с. 71, табл.4.8], L – найбільший розмір оброблюваної поверхні у напрямку обробки.

Отримуємо загальне значення просторового відхилення:

$$\Delta_{заг} = \Delta_{пжол} \cdot L = 1 \cdot 116 = 116 \text{ мкм}.$$

Просторове відхилення на переходах:

- чорновому: $\Delta_{чорн} = \Delta_{заг} \cdot K_y = 0,06 \cdot 116 = 7 \text{ мкм}$,
- напівчистовому: $\Delta_{напівчист} = \Delta_{заг} \cdot K_y = 0,04 \cdot 116 = 4,6 \text{ мкм}$,

де K_y – коефіцієнт уточнення форми [3, с. 73].

Визначаємо розрахункові припуски для кожного переходу:

Визначаються допуски для кожного переходу:

$$T_{заг} = 2400 \text{ мкм (за ГОСТ 26645-85)},$$

$$T_{чорн} = 270 \text{ мкм (ГОСТ 25346-13)},$$

$$T_{напівчист} = 110 \text{ мкм (ГОСТ 25346-13)}.$$

Основні параметри розраховуємо за методичними вказівками наведеними в [4, ст.174].

Мінімальні припуски для кожного із вибраних переходів:

$$Z_{фчорн\min} = 200 + 400 + 116 + 200 = 1116 \text{ (мкм)},$$

$$Z_{фнапівчист\min} = 100 + 100 + 7 + 10 = 217 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо мінімальний розмір для кожного переходу.

$$H_{фнапівчист\min} = 13 \text{ мм},$$

$$H_{фчорн\min} = H_{фнапівчист\min} + Z_{фнапівчист\min} = 13 + 0,217 = 13,22 \text{ мм},$$

$$H_{заг\min} = H_{фчорн\min} + Z_{чорн\min} = 13,22 + 1,116 = 14,34 \text{ мм}.$$

Визначається максимальний розмір для кожного переходу.

$$H_{фнапівчист\max} = 13,11 \text{ мм},$$

$$H_{фчорн\max} = H_{фчорн\min} + T_{чорн} = 13,11 + 0,27 = 13,38 \text{ мм},$$

$$H_{заг\max} = H_{заг\min} + T_{заг} = 14,34 + 2,4 = 16,74 \text{ мм}.$$

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		43

Визначаються граничні значення припусків для кожного переходу.

$$Z_{\text{напівчист max}} = H_{\text{фчорн max}} - H_{\text{фнапівчист max}} = 13,38 - 13,11 = 0,27 \text{ мм},$$

$$Z_{\text{напівчист min}} = H_{\text{фчорн min}} - H_{\text{фнапівчист min}} = 13,22 - 13 = 0,22 \text{ мм},$$

$$Z_{\text{чорн max}} = H_{\text{заг max}} - H_{\text{фчорн max}} = 16,74 - 13,38 = 3,36 \text{ мм},$$

$$Z_{\text{чорн min}} = H_{\text{заг min}} - H_{\text{фчорн min}} = 14,34 - 13,22 = 1,12 \text{ мм}.$$

Одержані результати перевіряють з формулою:

$$T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}} = Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}},$$

$$2400 - 110 = 3630 - 1340,$$

$$2290 = 2290.$$

Тобто розрахунки вірні.

Розраховані величини наведено у таблиці 2.8.2

Таблиця 2.8.2 – Розраховані величини припусків та граничних розмірів

Технологічний маршрут	Елементи припуску, МКМ				Розрахунковий припуск Z_i , МКМ	Розрахунковий розмір H_i , мм	Допуск на виготовлення T_i , МКМ	Граничний розмір, мм		Граничні припуски, мм	
	Rz	h	Δ	ε				H_{min} , мм	H_{max} , мм	Z_{min} МКМ	Z_{max} МКМ
Заготовка (лиття в піщ.-глинисту суміш, 9-й клас точності)	800		116	-	-	14,34	2400	14,3	16,7	-	-
Фрезерування чорнове (13-й кв.)	100	100	7	200	1116	13,22	270	13,2	13,4	1,1	3,3
Фрезерування напівчистове (11-й кв.)	20	20	4,6	10	217	13	110	13	13,1	0,2	0,3
Всього:										1,3	3,6

Схему розміщення припусків на обробку площини наведено на рисунку 2.8.3

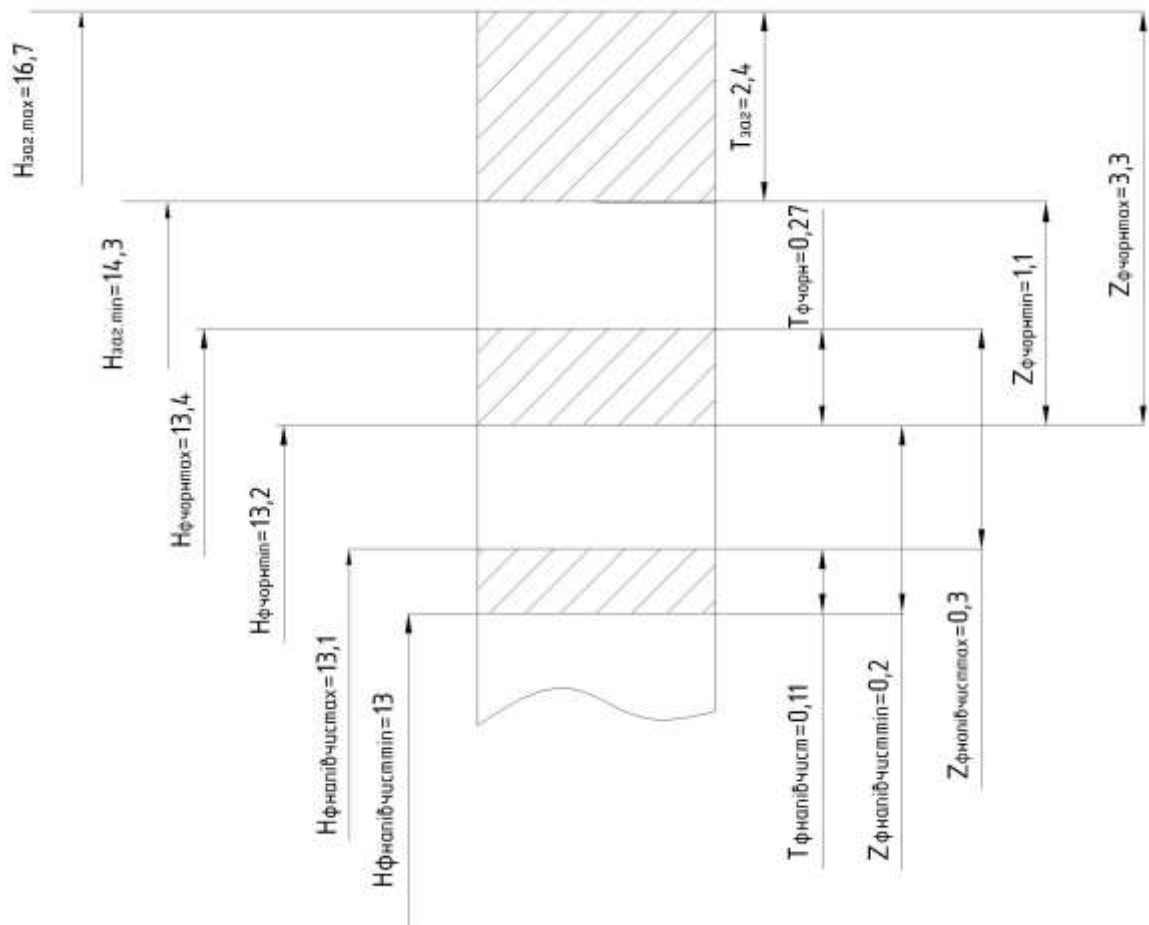


Рис.2.8.3 – Схема розміщення припусків та допусків на обробку площини ОКБ5

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

45

Розрахунок припуску на обробку отвору $\text{Ø}62\text{H}8$ мм $\text{Ra}2,5$

Технологічний ескіз оброблення отворів ДКБ2,5 у розмір $\text{Ø}62^{+0,046}$ мм наведено на рисунку 2.8.4

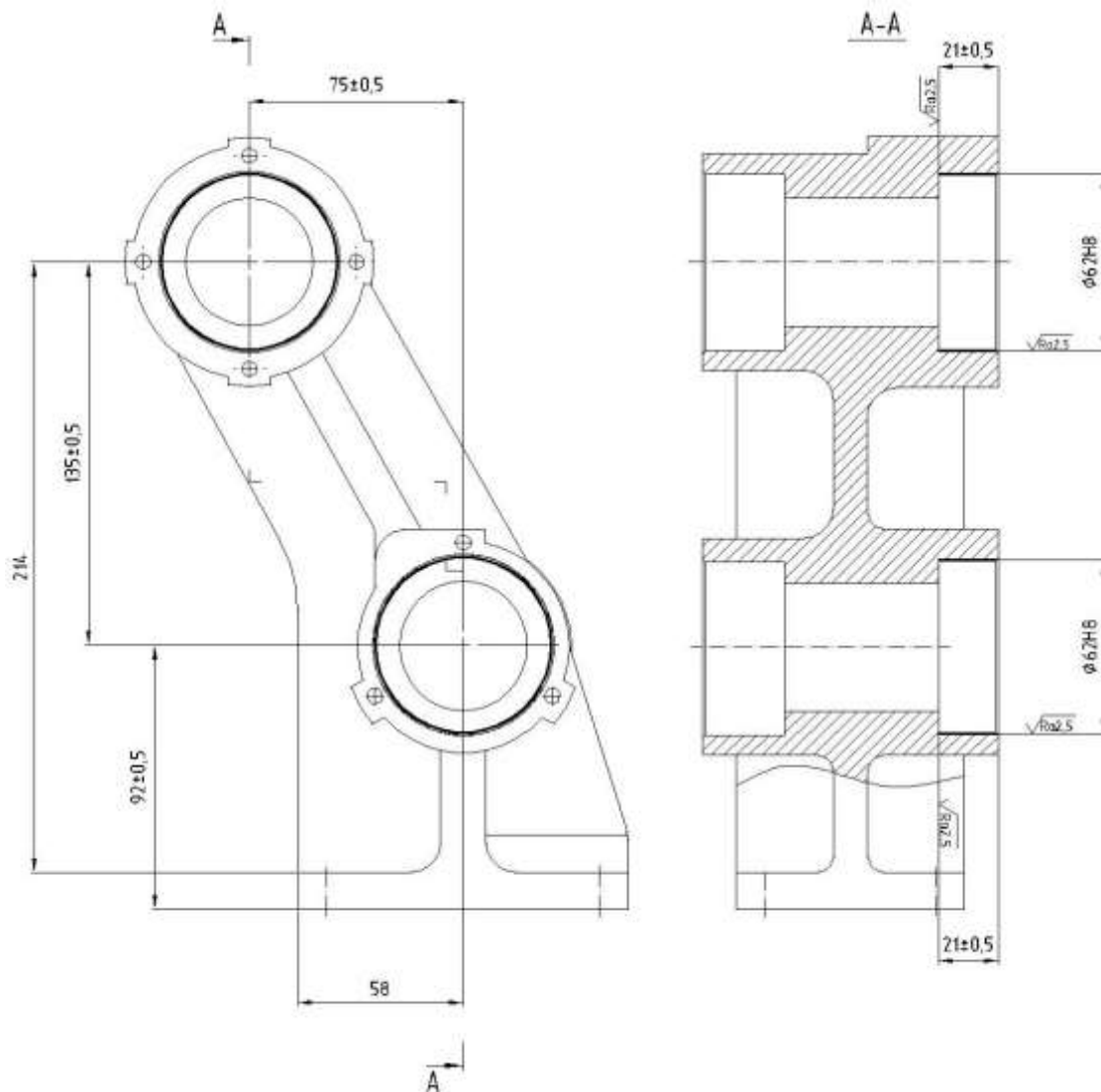


Рис. 2.8.4 – Технологічний ескіз оброблення отворів ДКБ2,5

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

46

Розрахунок припуску для литого отвору будемо проводити за методикою [5,ст.23-26]

Для циліндричних внутрішніх поверхонь припуск визначають за формулою:

$$2Z_i \min = 2[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_{yi}^2}].$$

Визначаємо величини R_z та h для кожного переходу користуючись довідниковим матеріалом [4,ст.195,табл.24] та заносимо дані в таблицю 2.8.5.

Таблиця 2.8.5 – Величини R_z та h для обраних переходів

Спосіб оброблення	R_z ,мкм	h ,мкм
Литво 10-го класу точності	200	600
Фрезерування чорнове	50	50
Фрезерування напівчистове	20	25

Сумарне значення просторових відхилень для литих отворів визначають за формулою [2,ст.178]:

$$\Delta_{\Sigma_{заг}} = \sqrt{\Delta_{жол}^2 + \Delta_{зм}^2}.$$

Жолоблення слід враховувати як у діаметральному, так і в осьовому перерізі отвору , тому:

$$\Delta_{жол} = \sqrt{(\Delta_{п.жол} \cdot d)^2 + (\Delta_{п.жол} \cdot L)^2} = \sqrt{(162)^2 + (152)^2} = 81 \text{ мкм}.$$

Зміщення оброблюваного отвору $\Delta_{зм}$ необхідно визначити у вертикальній і горизонтальній площинах і воно повинне враховувати відхилення осі литих отворів ДКБ2,5 відносно установчої бази у вертикальному напрямку і відносно базового отвору ОКБ2 Ø11Н7 під циліндричний палець у горизонтальному напрямку:

$$\Delta_{зм} = \sqrt{\Delta_{зм.в}^2 + \Delta_{зм.г}^2},$$

де $\Delta_{зм.в}$, $\Delta_{зм.г}$ – зміщення у вертикальному і горизонтальному напрямках.

Користуючись значеннями величини допусків литих заготовок ГОСТ 26645-85 [6] знаходимо величину допуску для розміру 95 та 25 мм за 10 класом точності вилівка та визначаємо зміщення у вертикальній та горизонтальній площині:

$$\Delta_{зм.в} = T / 2 = 2,8 / 2 = 1,4 \text{ мм},$$

$$\Delta_{зм.г} = T / 2 = 2,0 / 2 = 1,0 \text{ мм}.$$

Отримуємо:

$$\Delta_{зм} = \sqrt{\Delta_{зм.в}^2 + \Delta_{зм.г}^2} = \sqrt{1,4^2 + 1^2} = 1,72 \text{ мм}.$$

Розраховуємо сумарні просторові відхилення:

$$\Delta_{\Sigma заг} = \sqrt{\Delta_{жол}^2 + \Delta_{зм}^2} = \sqrt{0,081^2 + 1,72^2} = 1,44 \text{ мм} = 1440 \text{ мкм}.$$

Розраховуємо сумарні просторові відхилення після кожного переходу:

$$\Delta_{\Sigma \text{чорн.фрез}} = K_{уфрез.чорн} \square \Delta_{\Sigma заг} = 0,06 \square 1440 = 86,4 \text{ мкм},$$

$$\Delta_{\Sigma \text{фрез.напівчист}} = K_{уфрез.напівчист} \square \Delta_{\Sigma заг} = 0,04 \square 1440 = 57,6 \text{ мкм}.$$

Похибку установки розраховуємо за методикою наведеною у [5,ст.26-28]:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2},$$

де $\varepsilon_6, \varepsilon_3$ - відповідно похибка базування та закріплення.

Похибка базування виникає в результаті перекошування заготовки через наявність зазорів між базовими отворами $\text{Ø}11^{+0,018}$ і установчими пальцями $\text{Ø}11_{-0,034}^{-0,016}$.

Максимальний зазор між отворами і пальцями визначаємо за формулою:

$$S_{\max} = T_{отв} + T_n + S_{\min} = 0,018 + 0,018 + 0,016 = 0,052 \text{ мм},$$

де $T_{отв}, T_n$ - допуск на розмір отвору і установочного пальця відповідно,

S_{\min} - мінімальний зазор між отворами і пальцями.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		48

Найбільший кут повороту заготовки на пальцях можна визначити за формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,052}{96} = 0,00054,$$

де l – відстань між базовими отворами

Розраховуємо похибку базування отворів довжиною 21 мм у горизонтальній площині:

$$\varepsilon_{\delta} = l \operatorname{tg} \alpha = 21 \cdot 0,00054 = 0,011 \text{ мм} = 11 \text{ мкм}.$$

Визначаємо похибку закріплення за допомогою довідкових даних [3, ст. 81] при установці на опорні пластини та з гвинтовими затискними пристроями:

$$\varepsilon_3 = 150 \text{ мкм}.$$

Похибка установки при попередньому розточуванні дорівнює:

$$\varepsilon_{\text{уфрез.чорн}} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{11^2 + 150^2} = 150 \text{ мкм}.$$

Похибка установки при остаточному розточуванні дорівнює:

$$\varepsilon_{\text{уфрез.напівчист}} = 0,05 \cdot \varepsilon_{\delta. \text{фрез.чорн}} = 0,05 \cdot 150 = 7,5 \text{ мкм}.$$

Розраховуємо мінімальні припуски для кожного переходу:

$$2Z_{\text{фрез.чорн}} \min = 2[(Rz + h)_{\text{заг}} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{\text{заг}}}^2 + \varepsilon_{\text{уфрез.чорн}}^2}] = 2[(200 + 600) + \sqrt{1440^2 + 150^2}] = 4496 \text{ мкм},$$

$$\begin{aligned} 2Z_{\text{фрез.напівчист}} \min &= 2[(Rz + h)_{\text{фрез.чорн}} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{\text{фрез.чорн}}}^2 + \varepsilon_{\text{уфрез.напівчист}}^2}] = \\ &= 2[(20 + 25) + \sqrt{86^2 + 7,5^2}] = 263 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Визначаємо допуски для кожного переходу:

$$T_{\text{заг}} = 2400 \text{ мкм (за ГОСТ 26645-85)},$$

$$T_{\text{розт1}} = 300 \text{ мкм [5, ст. 25, табл. 2]},$$

$$T_{\text{розт2}} = 46 \text{ мкм [5, ст. 25, табл. 2]}.$$

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		49

Визначаємо граничні розміри для кожного переходу:

$$D_{\max \text{фрез.напівчист}} = D_{\max \text{отв}} = 62,046 \text{ мм};$$

$$D_{\max \text{фрез.чорн}} = D_{\max \text{фрез.напівчист}} - 2Z_{\min \text{фрез.напівчист}} = 62,046 - 0,263 = 61,783 \text{ мм};$$

$$D_{\max \text{заг}} = D_{\max \text{фрез.чорн}} - 2Z_{\min \text{фрез.чорн}} = 61,783 - 4,496 = 57,287 \text{ мм};$$

$$D_{\min \text{фрез.напівчист}} = D_{\min \text{отв}} = 62 \text{ мм};$$

$$D_{\min \text{фрез.чорн}} = D_{\max \text{фрез.чорн}} - T_{\text{фрез.чорн}} = 61,783 - 0,3 = 61,483 \text{ мм};$$

$$D_{\min \text{заг}} = D_{\max \text{заг}} - T_{\text{заг}} = 57,287 - 2,4 = 54,887 \text{ мм};$$

Розраховуємо граничні значення припусків для кожного переходу:

$$2Z_{\min \text{фрез.напівчист}} = D_{\max \text{фрез.напівчист}} - D_{\max \text{фрез.чорн}} = 62,046 - 61,783 = 0,263 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min \text{фрез.чорн}} = D_{\max \text{фрез.чорн}} - D_{\max \text{заг}} = 61,783 - 57,287 = 4,496 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max \text{фрез.напівчист}} = D_{\min \text{розт2}} - D_{\min \text{розт1}} = 62 - 61,483 = 0,517 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max \text{фрез.чорн}} = D_{\min \text{фрез.чорн}} - D_{\min \text{заг}} = 61,483 - 54,887 = 6,596 \text{ мм};$$

Виконуємо перевірку розрахунків:

$$T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}} = 2Z_{\max} - 2Z_{\min};$$

$$2400 - 46 = 7113 - 4759;$$

$$2354 = 2354.$$

Отже, розрахунки вірні.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		50

Розраховані величини заносимо до таблиці 2.8.6.

Технологічний маршрут обробки отвору Ø62H8	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск 2Z _i , мкм	Розрахунковий розмір D _i , мм	Допуск на виготовлення IT _i , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні припуски, мм	
	Rz	h	Δ	ε				D _{min} , мм	D _{max} , мм	2z _{min} МКМ	2z _{max} МКМ
Заготовка(лиття в піщ.-глинисту суміш, 9-й клас точності)	800		1440	-	-	57,287	2400	54,887	57,287	-	-
Фрезерування чорнове	50	50	400	150	4496	61,783	300	61,483	61,783	4,496	6,596
Фрезерування напівчистове	20	25	360	7,5	263	62,046	46	62	62,046	0,263	0,517
Всього:										4,759	7,113

Схема розташування припусків та допусків для оброблення отвору Ø62H8 мм Ra2,5 показана на рис. 2.8.7.

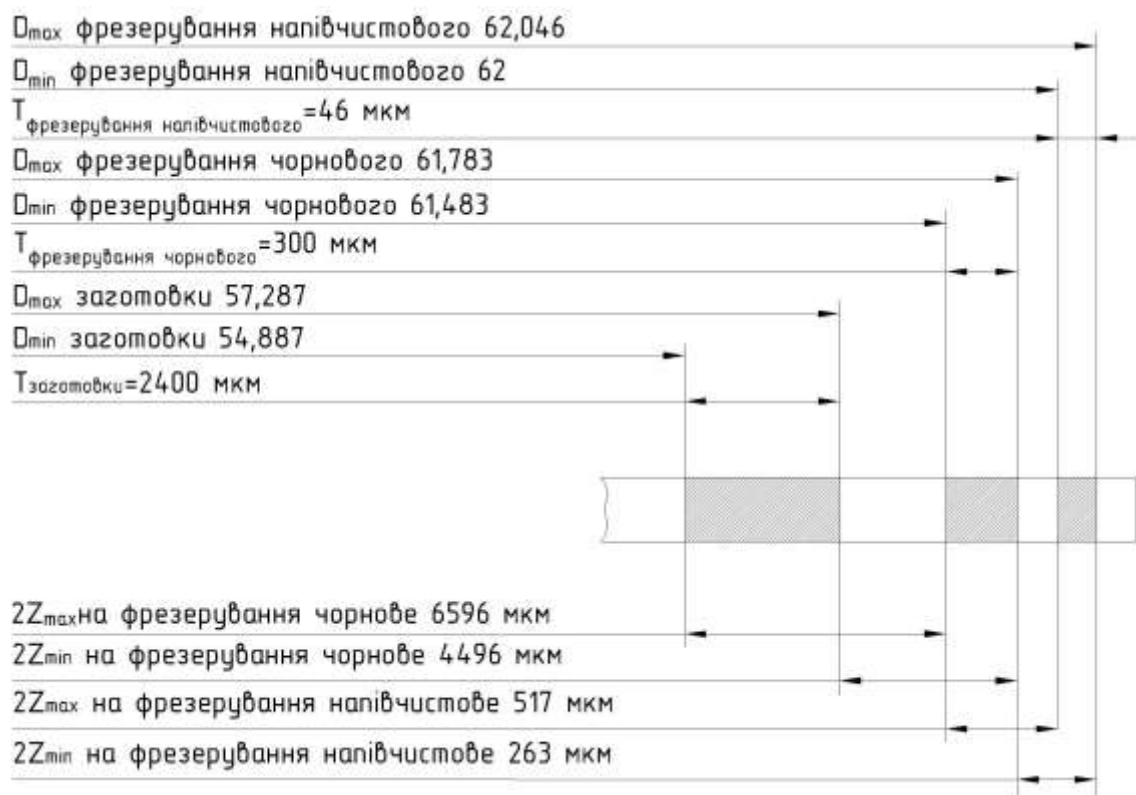


Рис. 2.8.7 - Схема розташування припусків та допусків для оброблення отвору Ø62H8 мм Ra2,5

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		51

2.8.2 Аналоговий метод призначення припусків

Для остаточно прийнятого способу виготовлення виливка литтям у піщані форми з ручним формуванням за металевими моделями згідно з ГОСТ 26645-85[6] призначаємо:

1. Технологічний процес лиття – лиття у піщано-глинисті сирі форми з високо вологих (більше 4,5 %), низько міцних (до 60кПа або 0,6кгс/см²) сумішей з низьким рівнем ущільнення до твердості нижчої 70 одиниць; клас розмірної точності виливка 10.

2. При визначенні ступеня жолоблення елементів виливка враховуємо, що виливок має тонкі та довгі елементи, схильні до жолоблення, представляє собою жорстку конструкцію з відношенням найменшого розміру до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка), яке (за розмірами деталі на кресленику) дорівнює $11/214=0,05$; приймаємо ступінь жолоблення елементів виливка – 7;

3. Ступінь точності поверхонь виливків – 12[6,табл.11];

4. Шорсткість поверхонь виливків $Ra = 12,5$ мкм[6,табл.12];

5. Клас точності маси виливків –9[6,табл.13];

6. Ряд припусків на оброблення виливка - 4[6,табл.14];

7. Допустима величина зміщення – 3,6[6,табл.1];

Використовуючи дані [6,табл.1,6] розраховуємо припуски на оброблювані поверхні та заносимо до таблиці 1.8.8.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		52

Таблиця 2.8.8 - Визначення допусків, припусків та технологічних напусків для розмірів вилівка деталі “Корпус опори”.

№	Параметр	ДКБ1,4,9, 10 104 мм IT12/2 Ra10	ДКБ8,12 Ø62H8 мм Ra2,5
1	Допуск на розмір вилівка	3,2	2,4
2	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення точності розмірів деталі	Чорнова	Чорнова Напівчистова
3	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення необхідної шорсткості поверхонь деталі	Чорнова	Чорнова Напівчистова
4	Прийняте остаточне оброблення для забезпечення заданої якості поверхонь деталі	Чорнова	Чорнова Напівчистова
5	Загальний припуск на сторону	4,4 2,3	3,9 2,6
6	Технологічний напуск на сторону внаслідок формувальних уклонів	-	-
7	Остаточний розмір вилівка (прийнятий)	109±1,6 мм	Ø 57±1,2 мм

2.9 Визначення режимів різання

2.9.1 Розрахунково-аналітичний метод розрахунку режимів різання

Розрахунок режимів різання для чорнового фрезерування поверхні ОКБ5

Вихідні дані: оброблюваний матеріал – алюмінієвий сплав АК7_ч; устаткування – горизонтальний обробляючий центр HAAS EC-400; інструмент – фреза торцева насадна Ø100 мм, $Z = 10$ [7,табл.94] з твердосплавними пластинками із твердого сплаву ВК8; геометричні параметри різальної частини фрези [7,ст.114]: $\gamma = 5^\circ; \alpha = 7^\circ; \varphi = 45^\circ; \varphi_1 = 5^\circ; \lambda = 13^\circ$; довжина оброблюваної поверхні 116 мм, ширина – 96 мм.

Розраховуємо режими різання для чорнового фрезерування згідно з методикою [7,ст.281-292].

Призначаємо попередню подачу на зуб [7,табл.33]:

$$S_z = 0,3 \text{ мм/зуб} \rightarrow S_o = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ мм/об};$$

Період стійкості фрези [7,табл.40]:

$$T = 180 \text{ хв};$$

Швидкість різання, яку допускає стійкість інструмента, розраховують за формулою [7,ст.282]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{qv}}{T^m \cdot h^{xv} \cdot S_z^{yv} \cdot b^{uv} \cdot Z^{pv}} \cdot K_v \text{ м/хв},$$

де C_v – коефіцієнт, що враховує умови оброблення [7,табл.39], $C_v = 155$; D – діаметр фрези, $D = 100$ мм; x, y, m, u, q, p – показники степеня [7,табл.39], $x = 0,1$; $y = 0,4$; $m = 0,2$; $u = 0,15$; $q = 0,25$; $p = 0,1$; S_z - подача на зуб, $S_z = 0,3$ мм/зуб; T - період стійкості [7,табл.40], $T = 180$ хв; h - глибина різання, що відповідає припуску розрахованому раніше, $h = 2,5$ мм; b – ширина фрезерування, $b = 80$ мм; Z - кількість ріжучих кромок, $Z = 10$;

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		54

Визначаємо коефіцієнт K_v для заданих умов обробки [7,ст.282]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 1,944,$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки[7,табл.4], $K_{mv}=0,8$; K_{nv} – коефіцієнт, що враховує характер поверхні заготовки[7,табл.5], $K_{nv} = 0,9$; K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента[7,табл.6], $K_{uv} = 2,7$;

Підставляємо отримані дані та розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{155 \cdot 100^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 2,5^{0,1} \cdot 0,3^{0,4} \cdot 80^{0,15} \cdot 10^{0,1}} \cdot 1,944 = 215,3 \text{ м/хв};$$

Розрахункова частота обертання шпинделя, яку допускає стійкість фрези[7,ст.290]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 215,3}{3,14 \cdot 100} = 685,7 \text{ об/хв};$$

Приймаємо: $n_\phi = 700$ об/хв.

Уточнюємо дійсну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 700}{1000} = 219,8 \text{ м/хв};$$

Визначаємо колову силу різання[7,ст.282]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot h^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \cdot 0,25,$$

де C_p – коефіцієнт, що враховує умови оброблення[7,табл.41], $C_p = 825$; x , y , n , q , w – показники степеня[7,табл.41], ; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 1,1$; $q = 1,3$; $w = 0,2$; K_{mp} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки[7,табл.10], $K_{mp}=1,0$; Z - к-сть ріжучих кромки, $Z=10$.

Тоді:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2,5^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 80^{1,1} \cdot 10}{100^{1,3} \cdot 700^{0,2}} \cdot 1,0 \cdot 0,25 = 1728 \text{ Н}.$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі верстата[7,ст.290]:

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{1728 \cdot 100}{2 \cdot 1000} = 86,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		55

Визначаємо потужність різання на шпинделі верстата[7,ст.290]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1728 \cdot 220}{1020 \cdot 60} = 6,2 \text{ кВт}.$$

Розраховані режими різання заносимо до таблиці 2.9.1

Таблиця 2.9.1 - Розраховані режими різання для чорнового фрезерування

$h, \text{ мм}$	$S_z, \text{ мм/об}$	$V, \text{ м/хв}$	$n, \text{ об/хв}$	$P_z, \text{ Н}$	$M, \text{ Н·м}$	$N, \text{ кВт}$
2,5	0,3	220	700	1728	86,4	6,2

Розрахунок режимів свердління для отворів ОКБ1-4 Ø11H7

Вихідні дані: оброблюваний матеріал – алюмінієвий сплав АК7_ц; устаткування – горизонтальний обробляючий центр HAAS EC-400; інструмент – свердло спіральне Ø11 мм з різальною частиною із швидкорізальної сталі Р6М5[7,ст.136].

Розраховуємо режими свердління за методикою [7,ст.276-280].

Глибина різання h під час свердління дорівнює половині діаметра D обробленого отвору[7,ст.276]:

$$h = \frac{D}{2} = \frac{11}{2} = 5,5 \text{ мм};$$

Призначаємо подачу користуючись рекомендаціями методологічної літератури[7,табл.25]:

$$S = 0,32 \text{ мм/об};$$

Швидкість різання при свердлінні[7,ст.276]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{40,7 \cdot 11^{0,45}}{60^{0,125} \cdot 0,32^{0,5}} \cdot 0,8 = 94 \text{ м/хв};$$

де значення коефіцієнта $C_v = 40,7$, показників степенів $q=0,45; m=0,125; y=0,4$, [7,табл.28]; D – діаметр свердла,мм; $T = 60$ – період стійкості свердла,хв[7,табл.30]; S – подача,мм/об;

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховуємо зміну умов обробки по відношенню до табличних та розраховується за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8,$$

де $K_{mv} = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, [7, табл.4];

$K_{uv} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, [7, табл.6];

$K_{lv} = 1,0$ - коефіцієнти, який враховує глибину просвердлюваного отвору, [7, табл.31].

Розраховуємо частоту обертання шпинделя [7, ст.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 94}{3,14 \cdot 11} = 2721 \text{ об / хв};$$

Призначаємо частоту обертання $n_\phi = 2700 \text{ об / хв}$.

Перераховуємо швидкість різання відповідно до обраної частоти обертання шпинделя:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 2700}{1000} = 93,3 \text{ м / хв},$$

Крутний момент та осьову силу різання, при свердлінні розраховують за наступними формулами [7, ст.277]:

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_P = 10 \cdot 0,05 \cdot 11^{2,0} \cdot 0,32^{0,8} \cdot 1,0 = 24,3 \text{ Н / м};$$

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^{q_P} \cdot S^{y_P} \cdot K_P = 10 \cdot 9,8 \cdot 11^{1,0} \cdot 0,32^{0,7} \cdot 1,0 = 464,1 \text{ Н},$$

де значення коефіцієнту $C_M = 0,05$, $C_P = 9,8$ показників степенів, $q_M = 2,0$, $y_M = 0,8$, $q_P = 1,0$, $y_P = 0,7$ [7, табл.32], K_P - коефіцієнт, що залежить від матеріалу оброблюваної заготовки, $K_P = 1,0$, [7, табл.10].

Визначаємо потужність різання [7, ст.280]:

$$N = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{24,3 \cdot 2700}{9750} = 6,73 \text{ кВт}.$$

Розраховані режими різання заносимо до таблиці 2.9.2

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		57

Таблиця 2.9.2 - Розраховані режими свердління

h , мм	S , мм/об	V , м/хв	n , об/хв	P_o , Н	M , Н·м	N , кВт
5,5	0,32	94	2700	464	24,3	6,73

2.9.2 Метод призначення режимів різання за таблицями

Призначаємо режими різання для оброблюваних поверхонь згідно рекомендацій [8] та заносимо до таблиці 2.9.3.

Таблиця 2.9.3 – Режими різання для оброблюваних поверхонь

Позначення поверхні	Найменування переходу	Діаметр Інструмента D , мм	Глибина h , мм	Подача S	Швидкість різання V , м/хв	Частота обертання шпинделя n , об/хв
ДКБ1,4,9,10	1.Фрезерування чорнове	125	4	0,18мм/зуб	2050	5100
ДКБ2,3,5,6,7,8, 11,12	1.Фрезерування чорнове	25	10	0,28мм/зуб	635	8100
	2.Фрезерування напівчистове	25	7	0,2мм/зуб	635	8100
ВП1,6,16, 20	1.Фрезерування чорнове	6	0,5	0,005	118	8100
КП1,2,3	1.Центрування	8	4	0,07мм/об	12	480
	2.Свердління	9	4,5	0,36мм/об	229	8100
	3.Нарізання різі	10x1	1	1мм/об	55	1751
КП4,5,6,7,8,9,10	1.Центрування	4	2	0,02мм/об	10	800
	2.Свердління	5	2,5	0,26мм/об	152	8100
	3.Нарізання різі	6x1	1	1мм/об	55	2918
ВП21,22	1.Фрезерування чорнове	14	2	0,14мм/зуб	356	8100
ВП23,24,25,26	1.Фрезерування чорнове	25	0,5	0,07мм/зуб	250	3185

2.10 Нормування технологічних операцій

Відповідно до методичних вказівок [5,ст.33-34] норму штучно-калькуляційного часу, що витрачається на виконання операції в серійному виробництві, розраховують за формулою:

$$T_{ш.к.} = T_{ш} + \frac{T_{н.з}}{n} = T_o + T_\delta + T_{обс} + T_{вл} + \frac{T_{н.з}}{n}, \text{ хв}$$

де $T_{ш}$ - норма штучного часу, хв; $T_{н.з}$ - норма підготовчо-заключного часу на обробку партії заготовок, хв; n - кількість заготовок в партії, шт; T_o, T_δ - відповідно основний і допоміжний час, хв; $T_{обс}$ - час на обслуговування робочого місця, хв; $T_{вл}$ - власний час перерви на особисті потреби, хв.

Основний час для виконання одного переходу визначають за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S} = \frac{l_{сп} + l + l_{пер}}{S_o \cdot n},$$

де L - розрахункова довжина обробки, тобто загальна довжина робочого ходу інструмента, яка складається з довжини оброблюваної поверхні l , довжини врізання $l_{сп}$ і довжини перебігу $l_{пер}$ інструмента, мм. Значення $l_{сп}$ та $l_{пер}$ підбирають за довідниками.

Норма допоміжного часу T_δ , що витрачається на дії верстатника, які забезпечують безпосереднє виконання основної технологічної роботи, визначається за довідниковими даними.

Величини $T_{обс}$ та $T_{вл}$ приймають у процентах від оперативного ($T_{оп} = T_o + T_\delta$) часу згідно з рекомендаціями, а величину $T_{н.з}$ визначають за довідниковими даними.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		59

Розрахунок норми часу на операцію 005

Вихідні дані: розраховані режими різання (табл.2.9.1,2.9.2); устаткування – горизонтальний обробляючий центр HAAS EC-400; пристрій – одномісний з ручним затиском; інструмент – торцева фреза Ø 100 мм, свердло Ø 11 мм; ширина фрезерування - 80 мм, довжина – 116 мм, глибина отвору – 13 мм.

Для розрахунку норми часу будемо користуватися методичними вказівками [5,ст.34,36].

Розраховуємо основний час для чорнового фрезерування:

$$T_o = \frac{L}{S} = \frac{l_{ep} + l + l_{nep}}{S_o \cdot n} = \frac{116 + 25 + 3}{3 \cdot 700} = 0,07 \text{ хв};$$

Розраховуємо основний час для свердління:

$$T_o = \frac{L}{S} = \frac{l_{ep} + l + l_{nep}}{S_o \cdot n} = \frac{5 + 13 + 2}{0,32 \cdot 2700} = 4 \cdot 0,023 = 0,09 \text{ хв}$$

Визначаємо величину T_o виписуючи усі додаткові роботи, що проводяться при виконанні операції 005 та записуємо їх до таблиці 2.10.1.

Таблиця 2.10.1 – Час на додаткові роботи при виконанні операції 005.

Перелік додаткових робіт	Норма часу, хв
Очистка пристрою від стружки (за допомогою стиснутого повітря)	0,09
Установка/зняття заготовки	0,11
Закріплення/розкріплення заготовки	0,029
Усього:	$T_o = 0,229$

За довідниковими даними час на обслуговування складає:

$$T_{обс} = 3,5\% T_{он},$$

Час на перерви для власних потреб:

$$T_{вл} = 6\% T_{он}$$

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		60

Підготовчо-заклучний час на партію заготовок(250 шт.) складає 22 хв.В результаті норма штучно-калькуляційного часу, який витрачається на виконання операції 005, складає:

$$T_{ш.к.} = 0,16 + 0,23 + 0,014 + 0,023 + \frac{22}{250} = 0,515 \text{ хв.}$$

Нормування операції 010

Нормування операції 010 будемо здійснювати за розрахованим часом обробки, отримані у програмі розрахунку режимів різання та часу обробки [8]. Розрахований основний час заносимо до таблиці 2.10.2.

Таблиця 2.10.2 - Основний час на технологічних переходах

№ Опер.іі	№ Перех.	T_o , хв
1	2	3
010	01	0,035
	02	0,175
	03	0,080
	04	0,044
	05	2,460
	06	0,035
	07	0,150
	08	0,075
	09	2,460
	10	3,075
	11	0,030
	12	0,025
	13	0,041
	14	0,023
	15	0,020
	16	0,030
	17	0,006
	18	0,016
	19	0,042
	20	0,005
	21	0,007
	22	0,001
	23	0,042
	24	0,005
	25	0,007
	26	0,001
	27	0,042

Величини $T_{\partial}, T_{ш}, T_{обс}, T_{вл}, T_{п.з}$ будуть однаковими з операцією 005. В результаті норма штучно-калькуляційного часу, який витрачається на виконання операції 010, складає:

$$T_{ш.к.} = 8,9 + 0,23 + 0,014 + 0,023 + \frac{22}{250} = 9,255 \text{ хв.}$$

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		62

3.Конструкторський розділ

3.1. Обґрунтування системи верстатних пристроїв

В якості верстатного пристрою для операції 005 будемо використовувати нерозбірний спеціальний верстатний пристрій (НСП),конструкція якого забезпечує реалізацію необхідної схеми базування деталі та надійний затиск заготовки в процесі оброблення.Використання нерозбірного спеціального пристрою обумовлено річною програмою випуску а також високими вимогами до точності оброблюваних поверхонь.

Для операції 010 обираємо схему базування на площину та два точних отвори.Для цього розробляємо верстатний пристрій,що складається з базової плити та двох різьбових отворів.На міжосьові відстані накладені жорсткі допуски,для точного позиціювання болтів.Оснащення відноситься до нерозбірних спеціальних пристроїв,що дозволяють значно зменшити час на вивірку при встановленні заготовки.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		63

3.2. Розрахунки верстатного пристрою

3.2.1 Проектування розрахункової схеми пристрою

Конструкція верстатного пристрою для операції 005 забезпечує реалізацію установчої бази за допомогою трьох циліндричних упорів $\varnothing 25 \times 16$ мм. В якості напрямної бази використовуються два регульовані упори висотою 52 мм з регулюючою шпилькою $M8 \times 1,25 \times 40$ мм, опорна база являє собою регульований по довжині упор в конструкції якого наявний шарнір, завдяки якому реалізується повне прилягання робочої площини упору з поверхнею заготовки.

В якості затискних елементів використовуються два Г-подібних прихвати з ручним затиском болтами $M12 \times 1,75 \times 50$ мм. Конструкцію верстатного пристрою наведено на рисунку 3.2.1.

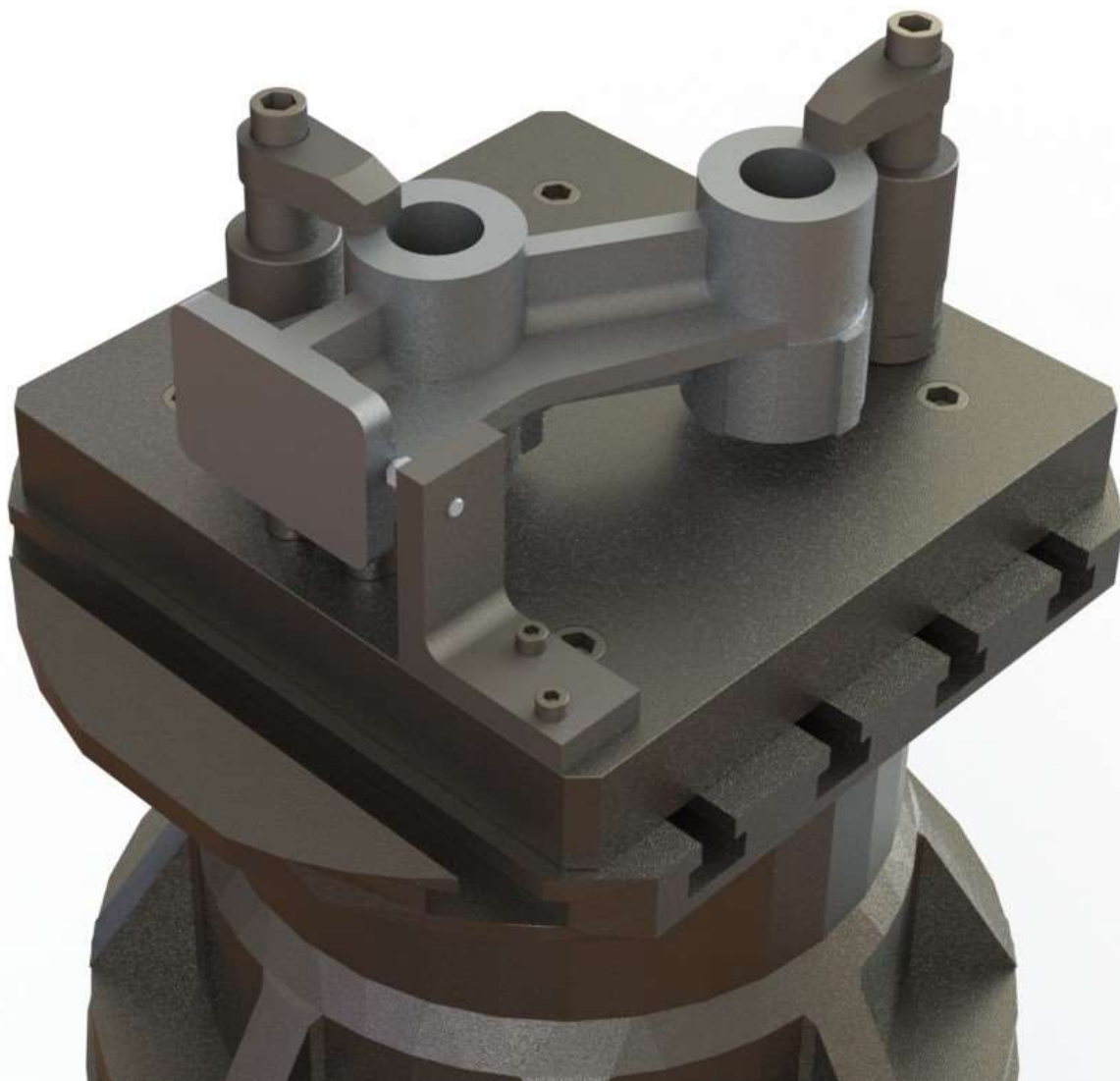


Рис.3.1.1 – Верстатний пристрій для операції 005

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

64

Для реалізації обраної схеми базування на операції будемо використовувати два циліндричні пальці, що реалізовані болтами з точним виконанням стержня та базову плиту з призначеним допуском площинності для забезпечення необхідної точності обробки. В якості затискних елементів використовуємо болти М10х1.5х40 мм, що є одночасно і затискними, і базуючими елементами з ручними затиском. Конструктивне виконання пристрою наведено на рисунку 3.2.2.



Рис.3.2.2 – Верстатний пристрій для операції 010

3.2.2 Схема визначення похибки базування

Похибка базування на операції 005 дорівнює нулю, адже розроблений пристрій дозволяє сумістити установчу та вимірювальну бази, отже:

$$\varepsilon_{\sigma} = 0 \text{ мкм.}$$

Для розрахунку похибки базування на операції 010 попередньо треба перевірити умову встановлення заготовки на два циліндричних пальці. Перевірку виконуємо згідно вказівок [14, ст.26-30]. Схема утворення похибки наведена на рисунку 3.2.3.

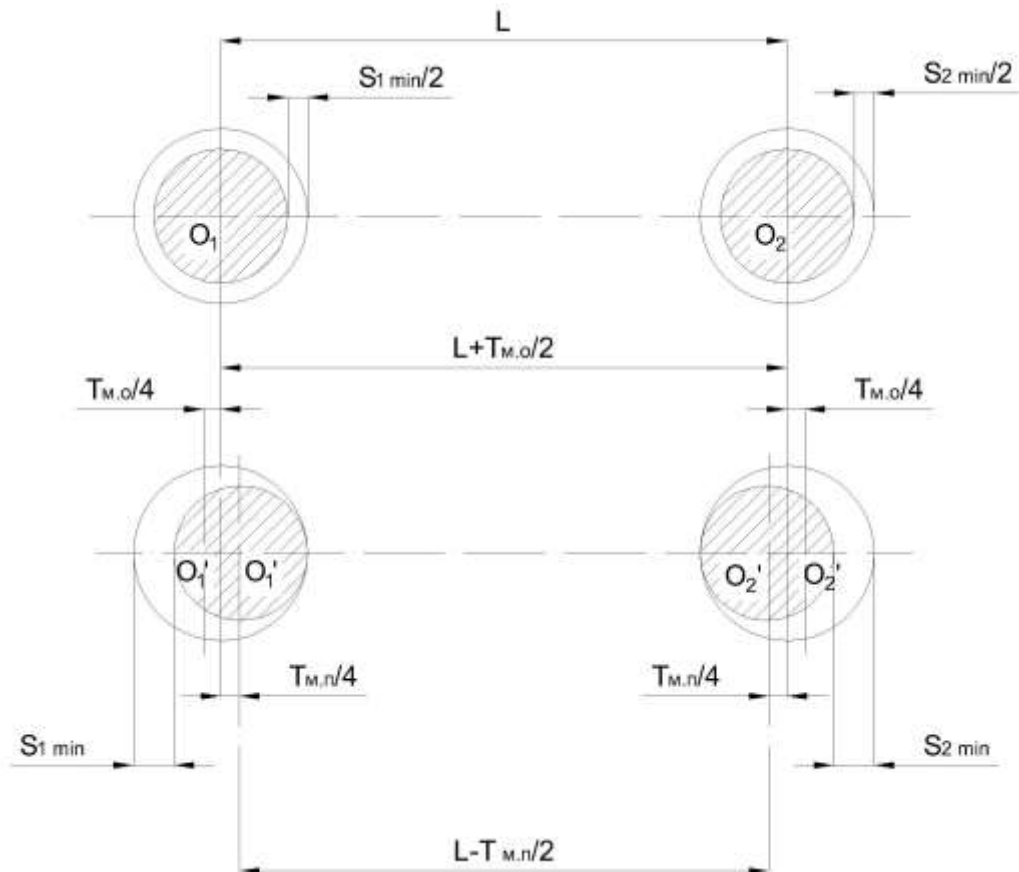


Рис.3.2.3 – Схема утворення похибки базування

Для перевірки умови встановлення заготовки на два циліндричних пальця розглянемо випадок коли міжцентрова відстань отворів максимальна і дорівнює $L + \frac{T_{m.o}}{2}$ а міжцентрова відстань пальців мінімальна $L - \frac{T_{m.n}}{2}$, зазори між отворами та пальцями мінімальні S_{1min}, S_{2min} . Умова установки на два циліндричних пальці:

$$S_{1min} + S_{2min} \geq T_{m.o} + T_{m.n}$$

Мінімальний зазор S_{2min} дорівнює різниці між мінімальним діаметром отвору та максимального діаметра пальця:

$$S_{2min} = d_{min\text{отв}2} - d_{max\text{п}2}$$

Підставивши цей вираз в умову установки заготовки на два циліндричних пальця знайдемо формулу для розрахунку діаметру пальця:

$$d_{n2} = (d_{min\text{отв}2} + S_{1min} - T_{m.o} - T_{m.n})$$

Заготовка базується на точні отвори $\varnothing 11^{+0,018}$ мм, величини допусків на міжцентрову відстань отворів та пальців відповідно $T_{м.о} = \pm 0,05$ мм, $T_{м.п} = \pm 0,02$ мм. Посадку в системі отвору-палець обираємо згідно рекомендацій [14] $\frac{H7}{f6}$. Діаметр першого пальця $d_{n1} = \varnothing 11_{-0,027}^{-0,016}$ мм.

Тоді $S_{1\min} = 0,016$ мм, а діаметр другого пальця:

$$d_{n2} = (11 + 0,016 - 0,1 - 0,04) = 10,976 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр другого пальця $d_{n2} = \varnothing 10,98_{-0,027}^{-0,016}$ мм. Розраховуємо похибку базування використовуючи схему зображену на рисунку 3.2.4.

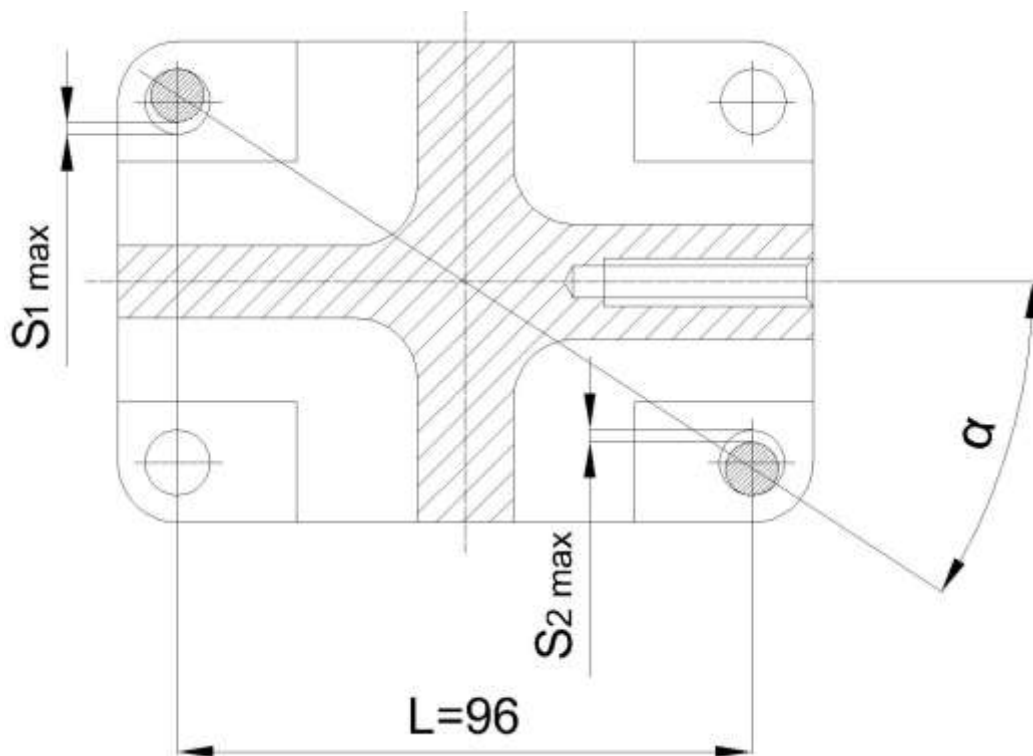


Рис.3.2.4 – Схема для розрахунку похибки базування на операції 010
Визначаємо найбільший зазор між першим отвором та пальцем:

$$S_{1\max} = d_{\max\text{отв}1} - d_{\min n1} = 11,018 - 10,964 = 0,054 \text{ мм.}$$

Визначаємо найбільший зазор між другим отвором та пальцем:

$$S_{2\max} = d_{\max\text{отв}2} - d_{\min n2} = 11,018 - 10,953 = 0,065 \text{ мм.}$$

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

Визначаємо найбільший кут повороту заготовки на пальцях:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2L_{\text{м.о}}} = \frac{0,054 + 0,065}{2 \cdot 96} = 0,00062.$$

Похибка базування отвору довжиною 104 мм:

$$\varepsilon_{\sigma} = \operatorname{tg} \alpha \cdot L_{\text{отв}} = 0,00062 \cdot 104 = 0,054 \text{ мм.}$$

3.2.3 Схема дії сил

Схема дії сил різання, реакцій опор, сил тертя та зусилля затиску у пристрої, що використовується на операції 005 зображено на рисунку 3.2.5.

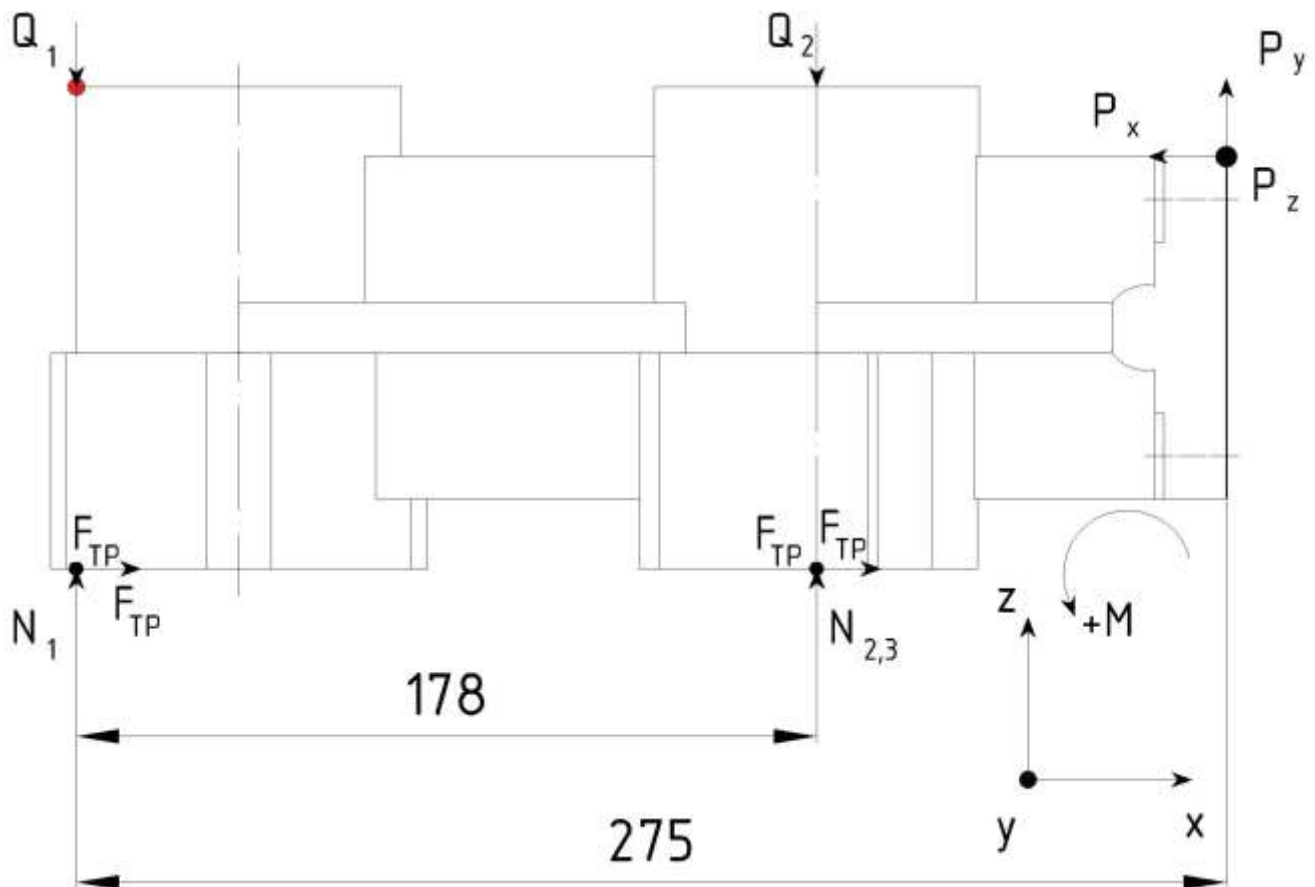


Рис.3.2.5 – Схема дії сил на операції 005

Для розрахунку необхідного зусилля затиску необхідно скласти рівняння проєкцій сил на осі та рівняння моментів сил відносно цих осей:

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 & \parallel 3N\mu - P_x = 0 \\ \sum F_y = 0 & \parallel 3N - Q_1 - Q_2 + P_y = 0 \\ \sum M_z = 0 & \parallel -178N - 178N + 178Q_2 - 275P_y + 94P_y = 0 \end{aligned}$$

де $\mu = 0,3$ - коефіцієнт тертя, [14, ст.37], P_x, P_y - складові сили різання.

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

Для визначення складових P_x, P_y сили різання скористаємося залежностями, наведеними у довідковій літературі [7]:

$$P_y = 0,4 P_z,$$

$$P_x = 0,3 P_z.$$

Для розрахунку будемо використовувати складову P_z сили різання від чорнового фрезерування торцю, що значно перевищує складові P_z сили різання від свердління та розвертання. Розраховуємо складові P_x, P_y сили різання використовуючи попередньо отримане значення P_z :

$$P_y = 0,4 \cdot 1728 = 691 \text{ Н},$$

$$P_x = 0,3 \cdot 1728 = 518 \text{ Н}.$$

Для обчислення рівняння з трьома невідомими скористаємося середовищем автоматизованого розрахунку MathCAD 14. Інтерфейс програми та результати розрахунку наведено на рисунку 3.2.6.

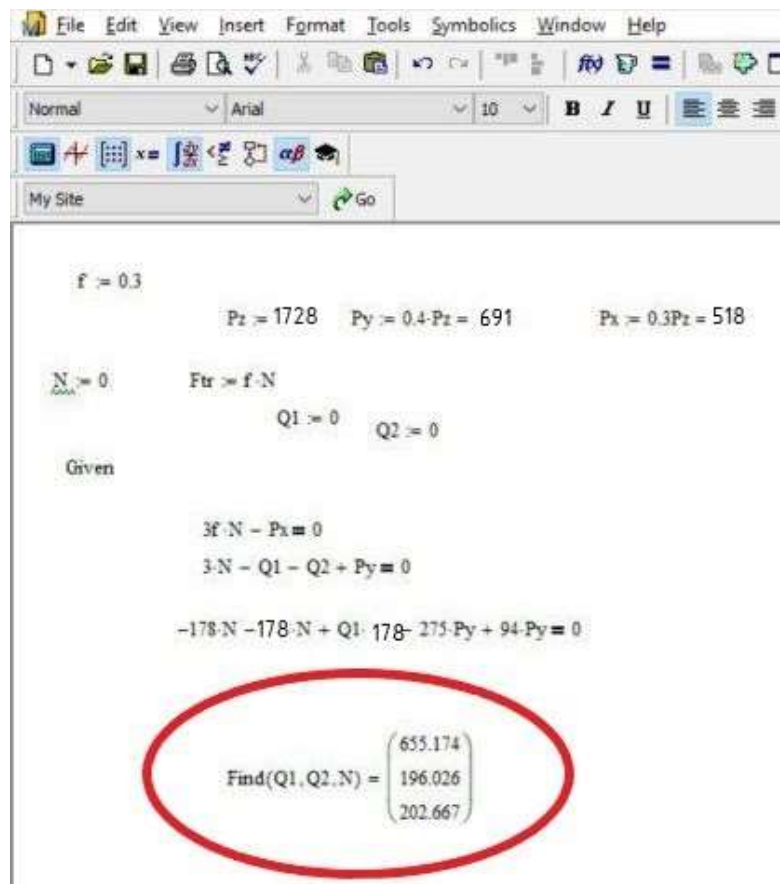


Рис.3.2.6 – Інтерфейс MathCAD 14 та результати розрахунку

Згідно рекомендацій [14,ст.34] вводимо додатково коефіцієнт надійності закріплення:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5$$

де k_0 - гарантований коефіцієнт запасу надійності закріплення, $k_0 = 1,5$;

k_1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності на заготовці, для чорнового оброблення $k_1 = 1,2$;

k_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструменту, $k_2 = 1,3$;

k_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при перервному різанні, $k_3 = 1,2$;

k_4 - коефіцієнт, що враховує непостійність затискного зусилля, для ручного затиску $k_4 = 1,3$;

k_5 - коефіцієнт, що враховує невизначеність через нерівності місця контакту заготовки з опорними елементами, що мають велику опорну поверхню(враховуючи наявності крутного моменту при повороті заготовки), для опорного елемента, що має обмежену поверхню контакту із заготовкою $k_5 = 1,0$;

Остаточню приймаємо:

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 3,6.$$

Отже, сила, необхідна для надійного затиску, буде рівна:

$$Q_{p1} = k \cdot Q_1 = 3,6 \cdot 655 = 2358 \text{ Н}; Q_{p2} = k \cdot Q_2 = 3,6 \cdot 196 = 706 \text{ Н}.$$

Схема дії сил різання, реакцій опор, сил тертя та зусилля затиску у пристрої, що використовується на операції 010 зображено на рисунку 3.2.7.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		70

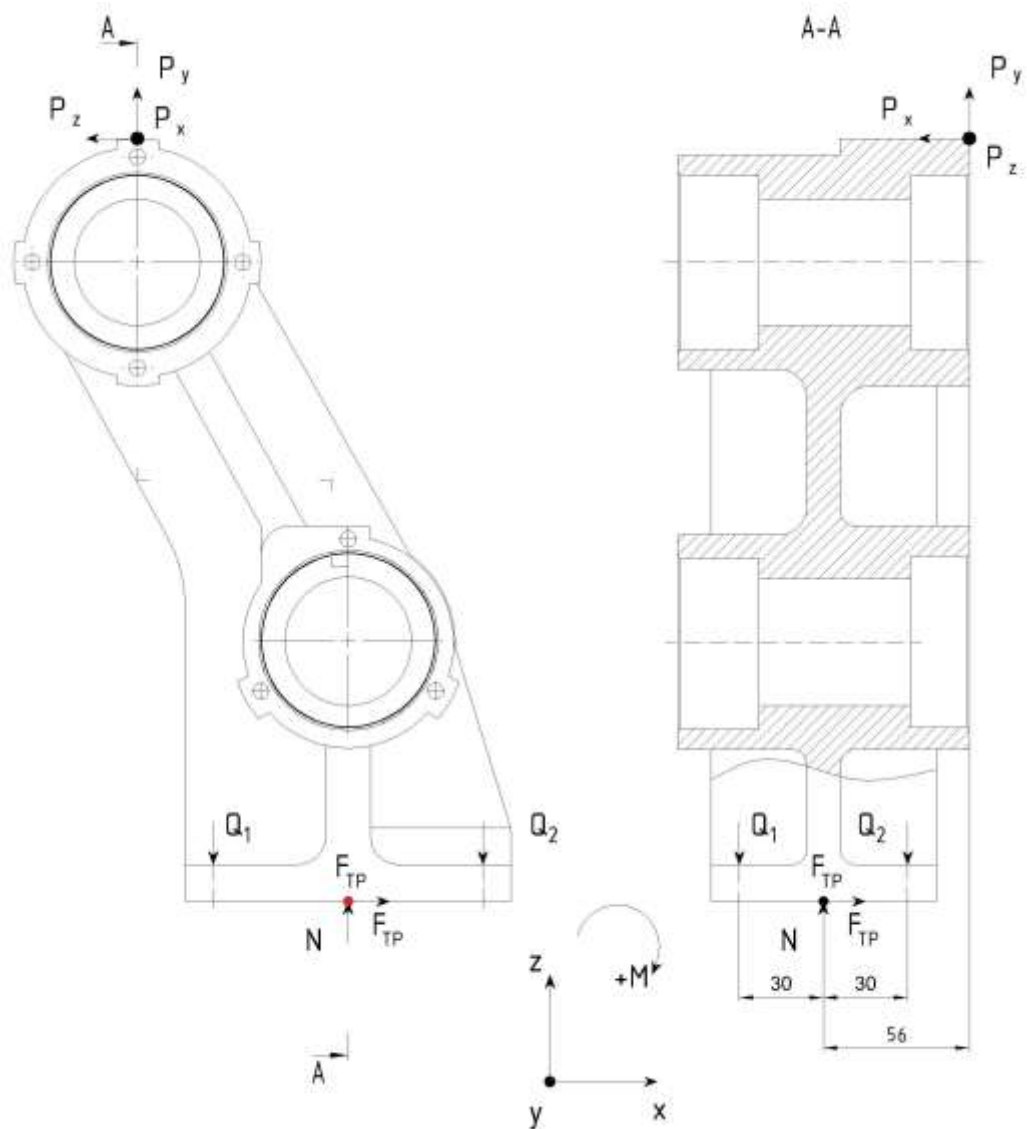


Рис.3.2.7 - Схема дії сил на операції 010

Для розрахунку приймаємо наступні припущення:

- вагу заготовки не враховуємо;
- всі елементи пристрою абсолютно жорсткі;
- установочні елементи не сприймають силу різання;

Складаємо рівняння проєкцій сил на осі та рівняння моментів сил відносно цих осей:

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 \parallel 2\mu N - P_z &= 0 \\ \sum F_y = 0 \parallel 2N - Q_1 - Q_2 + P_y &= 0 \\ \sum M_z = 0 \parallel -30Q_1 + 30Q_2 - 30P_y - 56P_x &= 0 \end{aligned}$$

де $\mu = 0,3$ - коефіцієнт тертя, [14, ст.37], P_x, P_y - складові сили різання.

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

Для визначення складових P_x, P_y сили різання скористаємося залежностями, наведеними у довідковій літературі [7]:

$$P_y = 0,4 P_z,$$

$$P_x = 0,3 P_z.$$

Для розрахунку будемо використовувати складову P_z сили різання від чорнового фрезерування торцю, що є максимальною на операції 010 порівнянно з іншими переходами. Використовуємо складову P_z сили різання, що розрахували у додатку [8]. Визначаємо складові P_x, P_y сили різання:

$$P_y = 0,4 \cdot 1350 = 540 \text{ Н},$$

$$P_x = 0,3 \cdot 1350 = 405 \text{ Н}.$$

Для обчислення рівняння з трьома невідомими скористаємося середовищем автоматизованого розрахунку MathCAD 14. Інтерфейс програми та результати розрахунку наведено на рисунку 3.2.8.

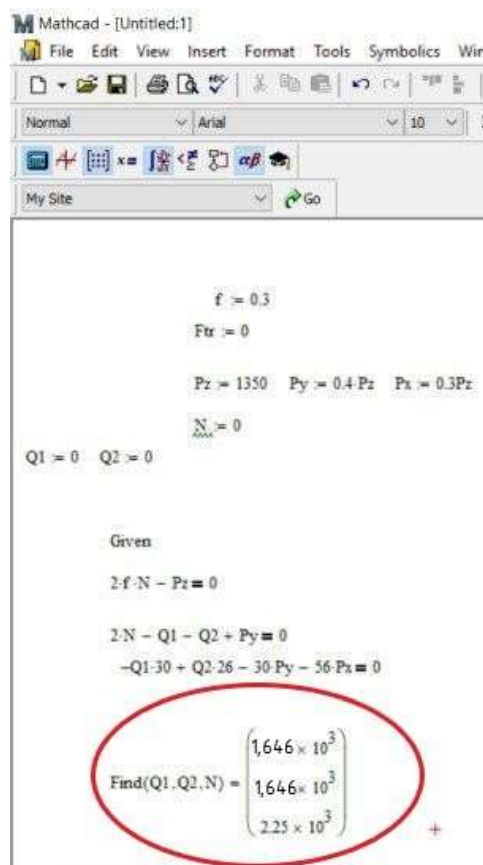


Рис.3.2.8 - Інтерфейс MathCAD 14 та результати розрахунку

Згідно рекомендацій [14,ст.34] вводимо додатково коефіцієнт надійності закріплення:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5$$

де k_0 - гарантований коефіцієнт запасу надійності закріплення, $k_0 = 1,5$;

k_1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності на заготовці, для чорнового оброблення $k_1 = 1,2$;

k_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструменту, $k_2 = 1,3$;

k_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при перервному різанні, $k_3 = 1,2$;

k_4 - коефіцієнт, що враховує непостійність затискного зусилля, для ручного затиску $k_4 = 1,3$;

k_5 - коефіцієнт, що враховує невизначеність через нерівності місця контакту заготовки з опорними елементами, що мають велику опорну поверхню(враховуючи наявності крутного моменту при повороті заготовки), для опорного елемента, що має обмежену поверхню контакту із заготовкою $k_5 = 1,0$;

Остаточно приймаємо:

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 3,6.$$

Отже, сила, необхідна для надійного затиску, буде рівна:

$$Q_{P1} = k \cdot Q_1 = 3,6 \cdot 1646 = 5926 \text{ Н}; Q_{P2} = k \cdot Q_2 = 3,6 \cdot 1646 = 5926 \text{ Н}.$$

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		73

3.2.4 Вибір силового приводу та його розрахунки

В якості силового приводу обираємо ручний привод. Це обумовлено річним обсягом випуску деталі, а також значним здорожчанням та ускладненням конструкції верстатних пристроїв з механізованим приводом. Розрахунок ручного приводу будемо виконувати у відповідності до методичних вказівок [15, ст. 391].

Для розрахунку необхідного моменту затиску болта Г-подібного прихвата будемо використовувати схему зображену на рисунку 3.2.9.

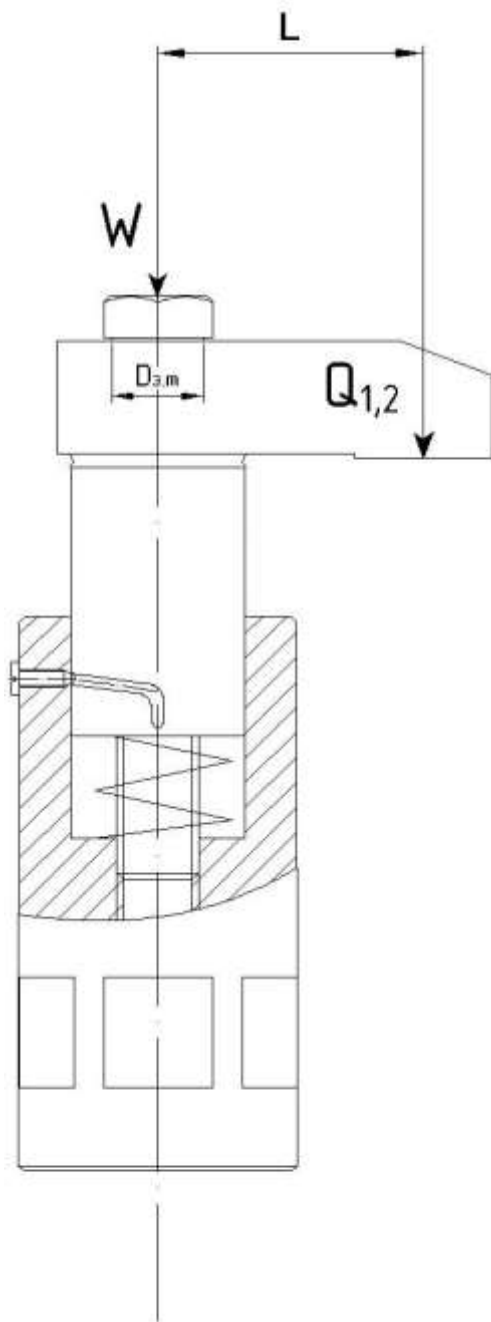


Рис.3.2.9 – Схема розрахунку моменту затиску болта

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

74

Сила закріплення Г-подібним прихватом розраховується за формулою[15]:

$$Q = (W - q)(1 - 3\mu \frac{L}{H}), Н .$$

Звідси необхідна сила затиску гвинта обчислюється за формулою:

$$W = \frac{Q}{1 - 3\mu \frac{L}{H}} + q, Н ,$$

де $\mu = 0,15$ - коефіцієнт тертя на торці шляпки болта [15,ст.391], $q = 15H$ - опір пружини.

Підставляючи попередньо розраховані дані, знаходимо:

$$W_1 = \frac{Q_1}{1 - 3\mu \frac{L}{H}} + q = \frac{2358}{1 - 3 \cdot 0,15 \cdot \frac{46}{75}} + 15 = 3272 Н ,$$

$$W_2 = \frac{Q_2}{1 - 3\mu \frac{L}{H}} + q = \frac{706}{1 - 3 \cdot 0,15 \cdot \frac{46}{75}} + 15 = 990 Н .$$

Момент затяжки визначається за формулою [15,ст.391]:

$$M = 0,5(W + q) \frac{(d_{cp} \operatorname{tg}(\alpha_p + \varphi) + \mu(D_{3.m}^3 - d_{в.м}^3))}{3(D_{3.m}^2 - d_{в.м}^2)}, Нм ,$$

де $\varphi = 5^\circ$ - кут тертя в різьбовій парі[15,ст.391], $\operatorname{tg}\alpha_p = 0,20$ - коефіцієнт тертя в різьбі [15], $D_{3.m} = 16,5, d_{в.м} = 12$ мм [15,табл.4] - зовнішній і внутрішній діаметр опорного торцю шляпки болта, $d_{cp} = 11,026$ мм - середній діаметр різьби М12х1.5 [15,табл.4], $\mu = 0,3$ - коефіцієнт тертя на торці болта.

Визначаємо момент затяжки кожного з болтів Г-подібних прихватів:

$$M_1 = 0,5 \cdot 3272 \frac{(11,026 \cdot 0,3 + 0,3(16,5^3 - 12^3))}{3(16,5^2 - 12^2)} = 1636 \frac{(3,3 + 829,3)}{385} = 3538 Нмм ,$$

$$M_2 = 0,5 \cdot 990 \frac{(11,026 \cdot 0,3 + 0,3(16,5^3 - 12^3))}{3(16,5^2 - 12^2)} = 495 \frac{(3,3 + 829,3)}{385} = 1070 Нмм .$$

									Лист
									75
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата	ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ				

Знаходимо мінімальну довжину ключа, враховуючи, що допустиме зусилля, прикладене до ключа для робітника становить $F_{\text{доп}} = 157 \text{ Н}$ [15]:

$$l_{\text{ключ min}} = \frac{M_1}{F_{\text{доп}}} = \frac{3538}{157} = 22,53 \text{ мм} \approx 24 \text{ мм}.$$

Для пристрою, що використовується на операції 010 також використовуємо ручний привід. В якості затискного механізму використовуються болти М12х1.5. Розраховуємо необхідний момент затиску та довжину ключа користуючись методикою [15, ст. 385].

Визначаємо максимальне напруження розтягу болта [15, табл. 4]:

$$\sigma_p = 88 \text{ МПа}.$$

Визначаємо кут підйому різьби:

$$\alpha = \frac{\arctg P}{\pi d_2} = \frac{56,3}{34,6} = 1,6^\circ,$$

де $P = 1,5 \text{ мм}$ - крок різьби, $d_2 = 11,016 \text{ мм}$ - середній діаметр різьби М12х1.5.

Кут тертя в різьбі для метричних різьб [15]:

$$\varphi_{\text{тр}} = 6,4^\circ$$

Визначаємо необхідний момент затяжки болтів за формулою [15, табл. 5]:

$$M_{1,2} = 0,5Q \frac{(d_{\text{cp}} \text{tg}(\alpha + \varphi_{\text{тр}}) + \mu(D_{3.m}^3 - d_{6.m}^3))}{3(D_{3.m}^2 - d_{6.m}^2)}, \text{ Нм},$$

де $\varphi_{\text{тр}} = 6,4^\circ$ - кут тертя в різьбовій парі [15, ст. 391], $\alpha = 1,6^\circ$ - кут підйому різьби [15], $D_{3.m} = 16,5$, $d_{6.m} = 12 \text{ мм}$ [15, табл. 4] - зовнішній і внутрішній діаметр опорного торцю шляпки болта, $d_{\text{cp}} = 11,026 \text{ мм}$ - середній діаметр різьби М12х1.5 [15, табл. 4], $\mu = 0,3$ - коефіцієнт тертя на торці болта.

Підставляємо значення невідомих та розраховуємо момент затяжки:

$$M_{1,2} = 0,5 \cdot 5926 \frac{(11,026 \cdot 0,14 + 0,3(16,5^3 - 12^3))}{3(16,5^2 - 12^2)} = 19188,3 \text{ Нмм}.$$

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		76

Знаходимо мінімальну довжину ключа, враховуючи, що допустиме зусилля, прикладене до ключа для робітника становить $F_{\text{доп}} = 157 \text{ Н}$ [15]:

$$l_{\text{ключ min}} = \frac{M_{1,2}}{F_{\text{доп}}} = \frac{19188}{157} = 122,2 \text{ мм} \approx 124 \text{ мм}.$$

3.3 Розрахунки затискних елементів пристрою на міцність та жорсткість.

Розглядаючи схему навантаження Г-подібного прихвата робимо висновок, що конструкція працює на згин від сили затиску заготовки $Q_1 = 2358 \text{ Н}$ та на стиск від сили затиску болта $W_1 = 3272 \text{ Н}$. Схема навантаження Г-подібного прихвата зображена на рисунку 3.2.10.

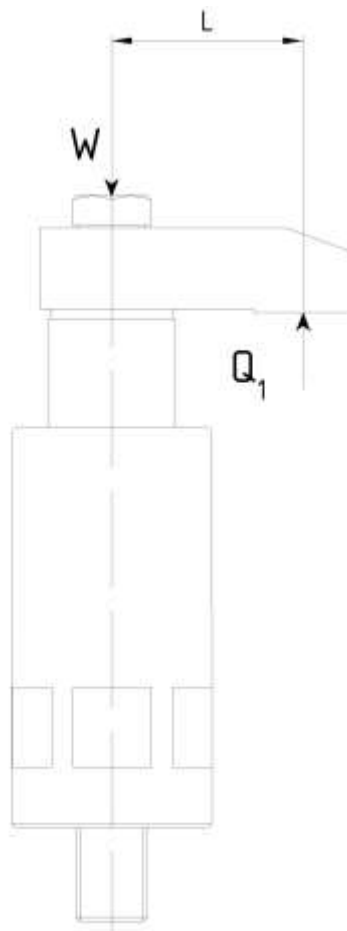


Рис.3.2.10 – Схема навантаження Г-подібного прихвата на операції 005

Зі схеми навантаження видно, що прихват необхідно розрахувати на стиснення, згин та стійкість.

Враховуючи те що при конструюванні верстатного пристрою були використані стандартні елементи, користуючись каталогом виробника [16]

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		77

знаходимо допустиму силу затиску заготовки та допустимий момент затиску болта прихвата:

$$W_{\text{доп.прих}} = 26 \text{ кН} > W_{\text{розр.прих}} = 3,3 \text{ кН} ,$$

$$M_{\text{доп.прих}} = 129 \text{ Нм} > M_{\text{розр.прих}} = 3,5 \text{ Нм} .$$

Отже,робимо висновки,що Г-подібний прихват має великий запас по міцності та жорсткості.

Для пристрою,що використовується на операції 010 визначаємо максимальний момент затяжки болта з каталогу виробника[16] та порівнюємо з попередньо розрахованим моментом:

$$M_{\text{доп.болт}} = 98,6 \text{ Нм} > M_{\text{розр.болт}} = 19,2 \text{ Нм} .$$

Отже, всі затискні елементи обрано зі значним запасом міцності та жорсткості.

3.4. Визначення стандартних розмірів робочих елементів верстатних пристроїв.

Робочими елементами пристроїв, що використовуються на операціях 005,010 є:

- базові плити;
- прихвати;
- упори;
- кутники;
- направляючі опори.

Визначаємо розміри базових плит для операцій 005,010.Для верстатного пристрою,що використовується для операції 005 проектуємо базову плиту габаритними розмірами 360x360x30мм з попередньо обробленими різьбовими отворами.Габаритні розміри плити дозволяють компактно розмістити робочі елементи і водночас забезпечити їх функціонування.Креслення базової плити для операції 005 наведено на рисунку 3.2.11.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		78

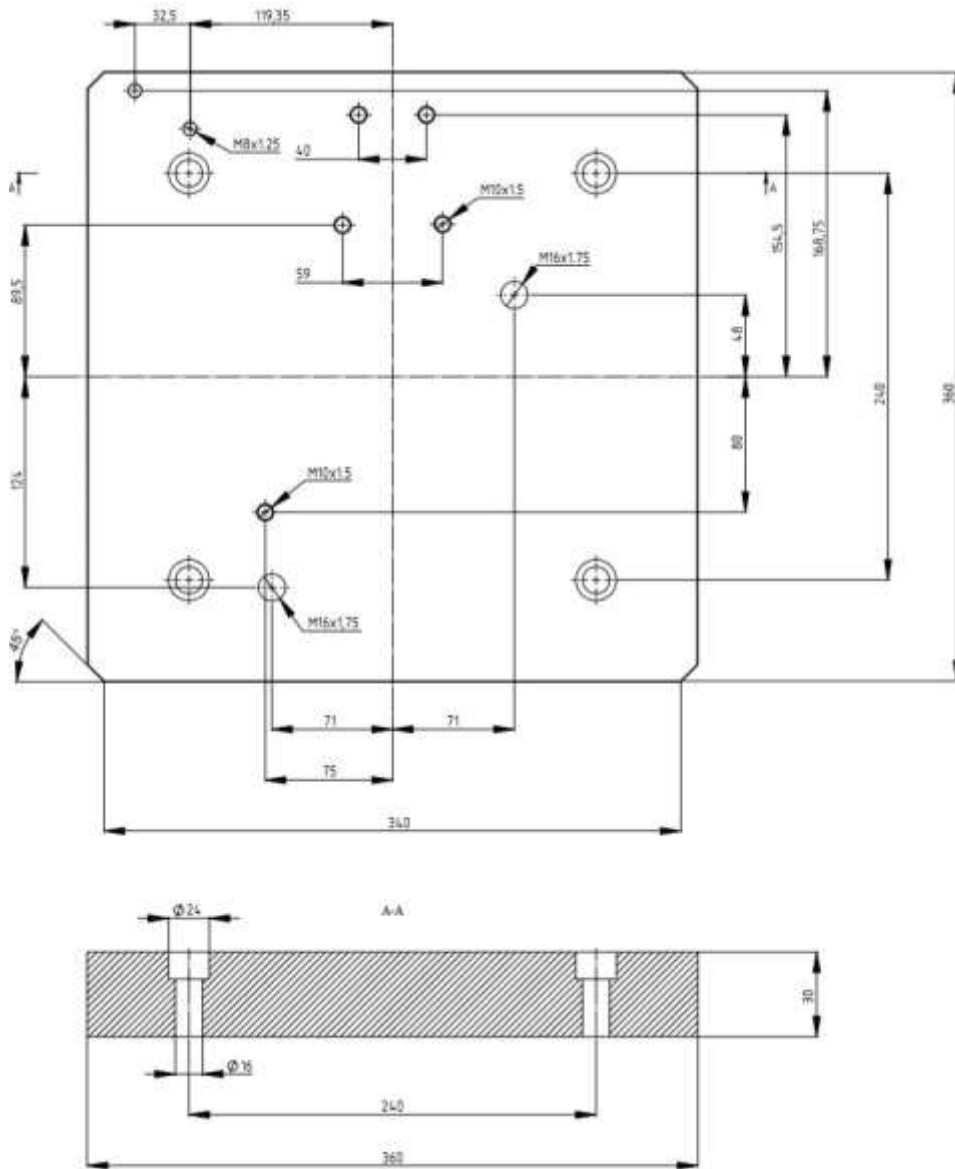


Рис.3.2.11 – Ескіз базової плити

Габаритні розміри прихватів обрано у відповідності до габаритних розмірів заготовки та необхідного зусилля затиску з наявного асортименту продукції [16]. Ескіз Г-подібних прихватів зображено на рисунку 3.2.12.

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

79

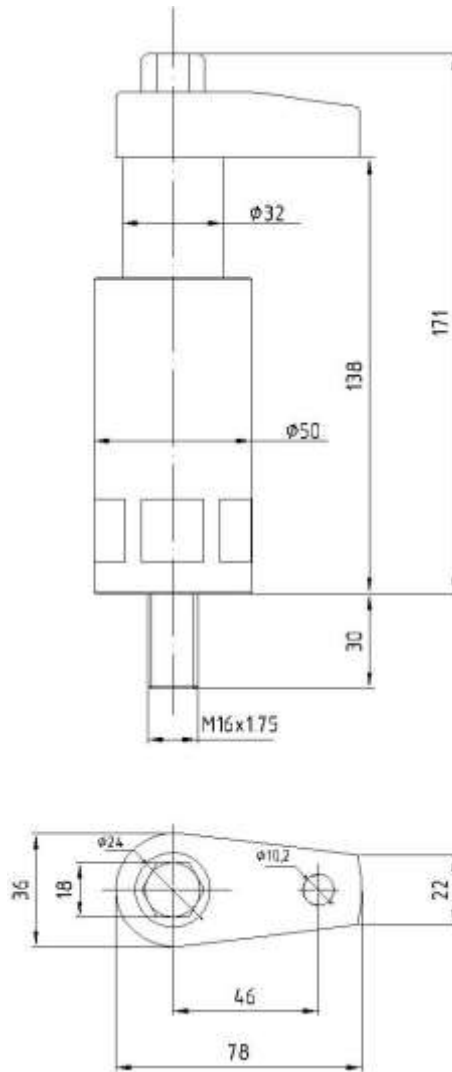


Рис.3.2.12 – Ескіз Г-подібного прихвата

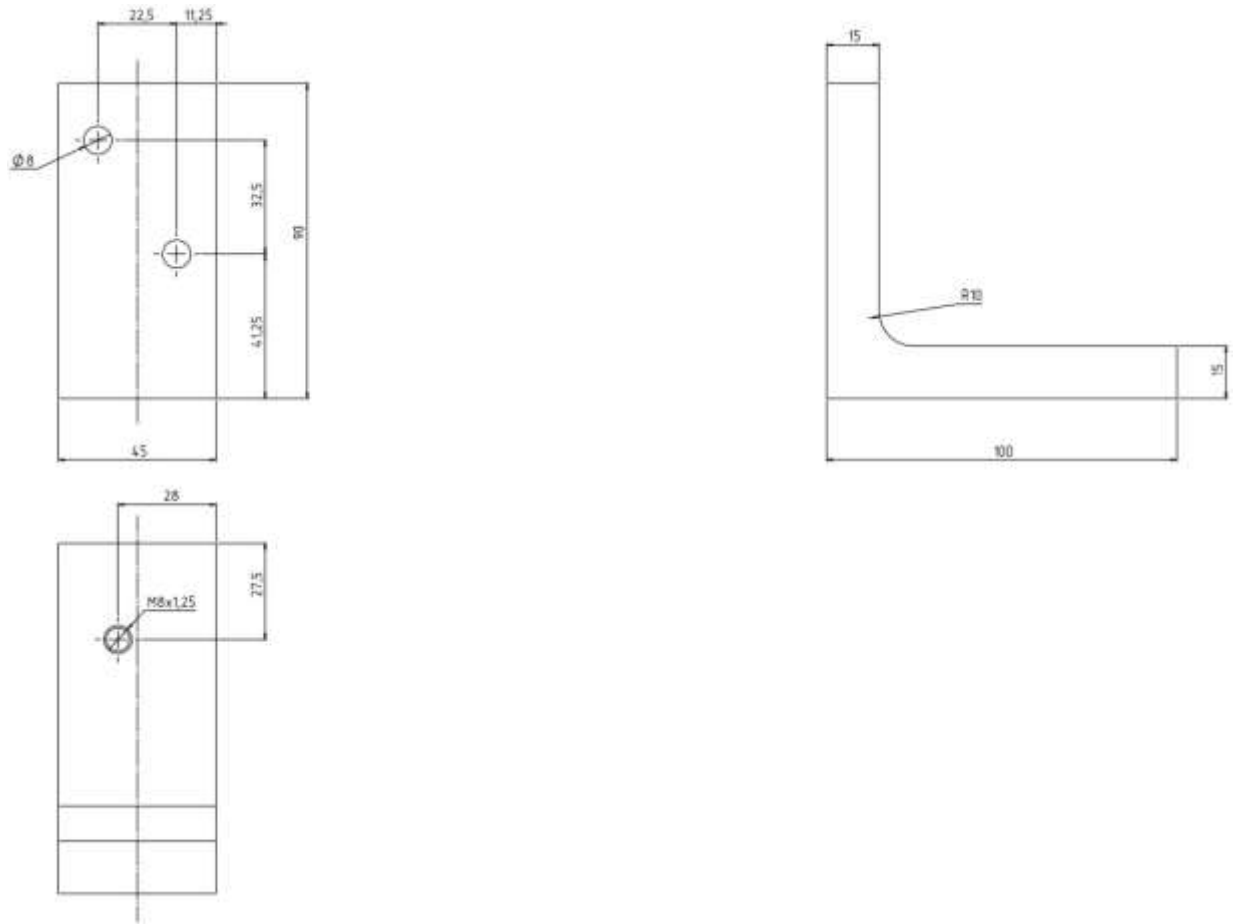
Для реалізації опорної бази проектуємо кутник з різьбовим отвором в який встановлюється регульований болт з шарніром. Також в кутнику наявні циліндричні отвори під болти якими кутник кріпиться до базової плити. Ескіз кутника наведено на рисунку 3.2.13.

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

80



3.2.13 – Ескіз кутника

Установчу базу реалізовано за рахунок циліндричних упорів $\text{Ø}25 \times 16$ мм. Ескіз упорів зображено на рисунку 3.2.14.

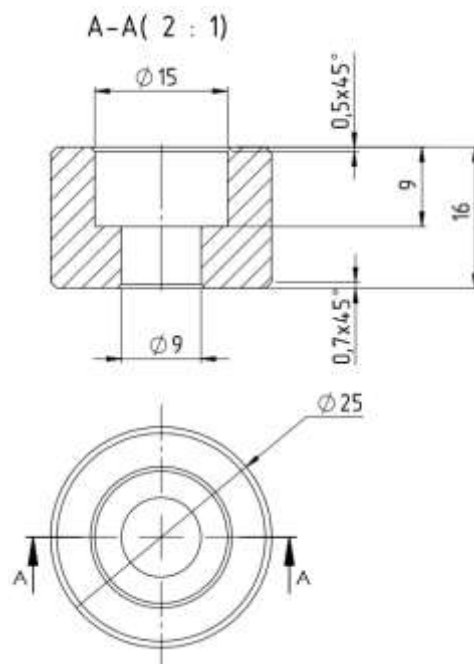


Рис.3.2.14 –Ескіз упору $\text{Ø}25 \times 16$

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

Подвійну напрямну базу реалізовано за допомогою шестигранних упорів $\text{Ø}24,3 \times 52$ мм з регульованою по довжині шпилькою $\text{M}8 \times 1,25 \times 40$ мм, що має на кінці шарнір для точного прилягання до поверхні заготовки. Ескіз упору та шпильки наведено на рисунку 3.2.15.

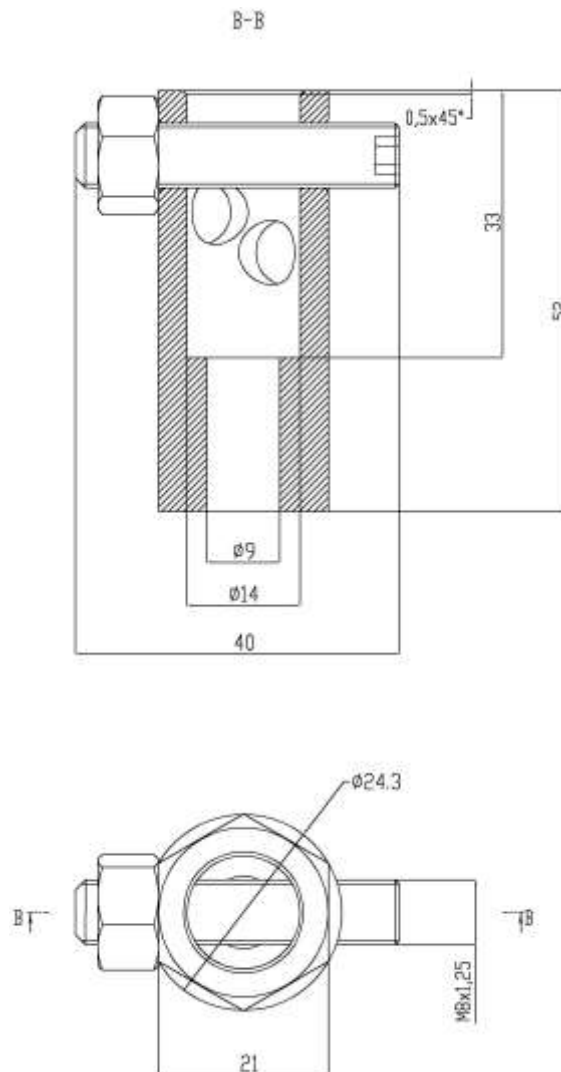


Рис.3.2.15 – Ескіз упору $\text{Ø}24,3 \times 52$ мм та шпильки $\text{M}8 \times 1,25 \times 40$ мм

Для пришвидшення та полегшення позиціювання деталі у пристрої використовуємо направляючі опори, які завдяки силі опору пружини, через важель тиснуть на поверхню заготовки, підвищуючи точність позиціювання на установчій базі. Ескіз направляючої опори наведено на рисунку 3.2.16.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		82

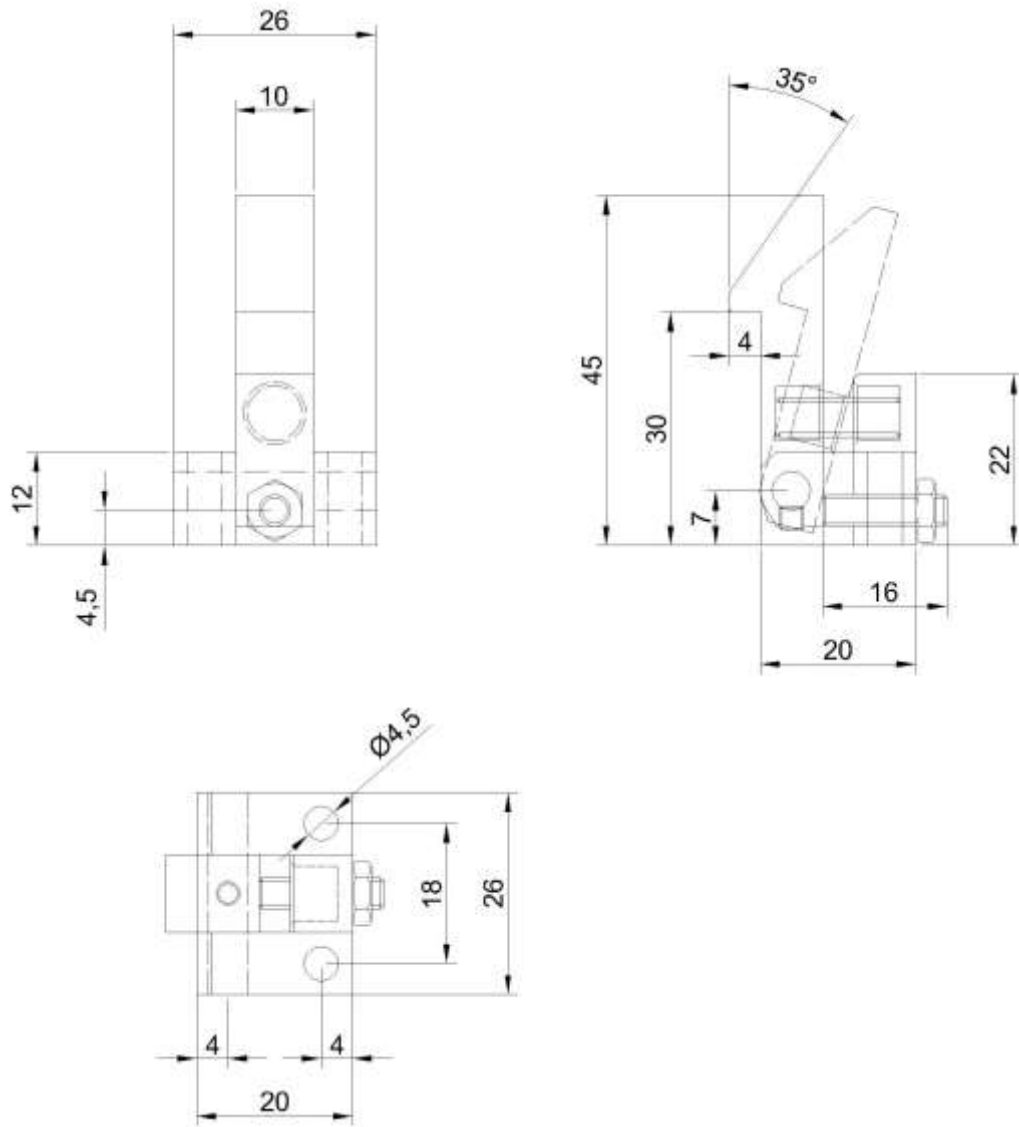


Рис.3.2.16 – Ескіз направляючої опори

В якості кріпильних елементів будемо використовувати стандартні метизи, що відповідають ГОСТ 7798-70 та ГОСТ 5915-70.

На операції 010 в якості базуючих та затискних елементів використовуються базова плита та болти. Ескіз базової плити для операції 010 наведено на рисунку 3.2.17.

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

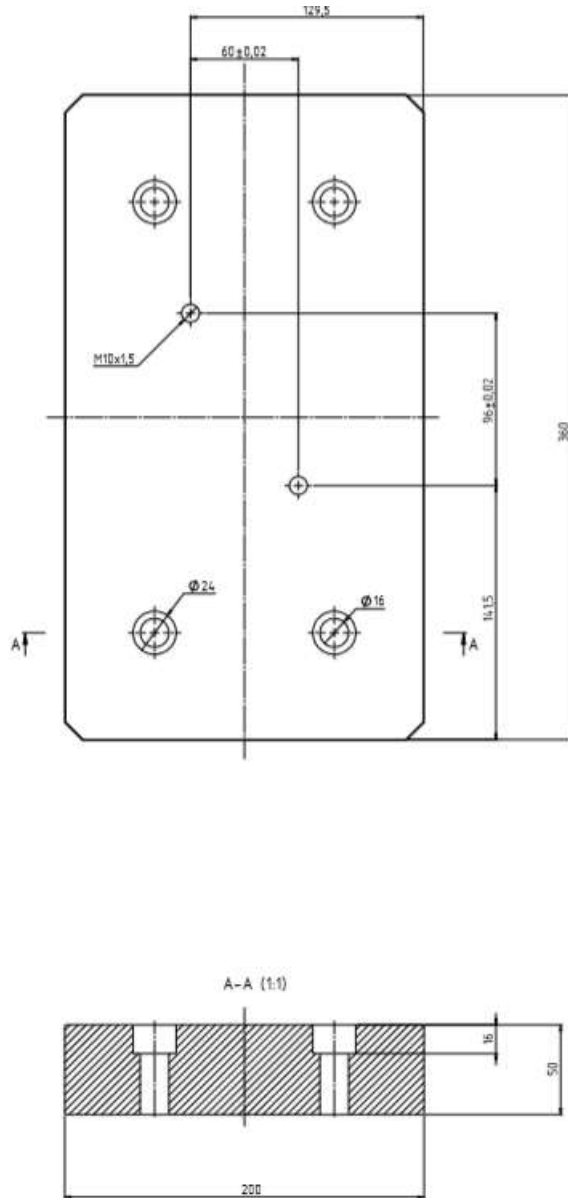


Рис.3.2.17 – Ескіз установчої плити для операції 010

Ескіз болтів, що використовуються для базування та закріплення заготовки зображено на рисунку 3.2.18.

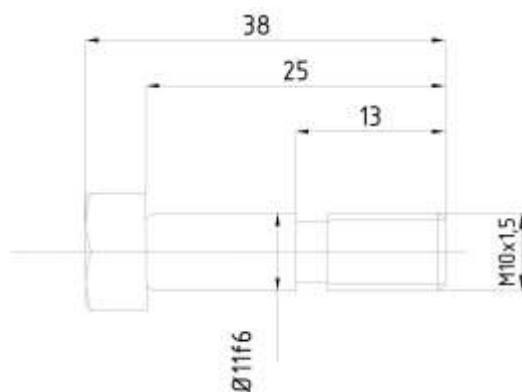


Рис.3.2.18 – Ескіз болту, що використовується на операції 010

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

84

3.5. Опис дії верстатного пристрою

Пристрій для операції 005

Заготовка встановлюється на упори(2),що попередньо закріплені на установчій плиті(1).Завдяки направляючим опорам(3) заготовка точно позиціонується у пристрої.Регульовані упори(4),що реалізують подвійну опорну базу, забезпечують точне базування заготовки,що зменшує похибку установки.Регульований упор(5) дозволяє налаштувати пристрій на отримані в процесі лиття відхилення реальної поверхні від еталонної.За допомогою Г-подібних прихватів(6) надійно закріплюємо заготовку, зтягуючи болти прихватів попередньо розрахованим моментом.Ескіз пристрою наведено на рисунку 3.2.19.

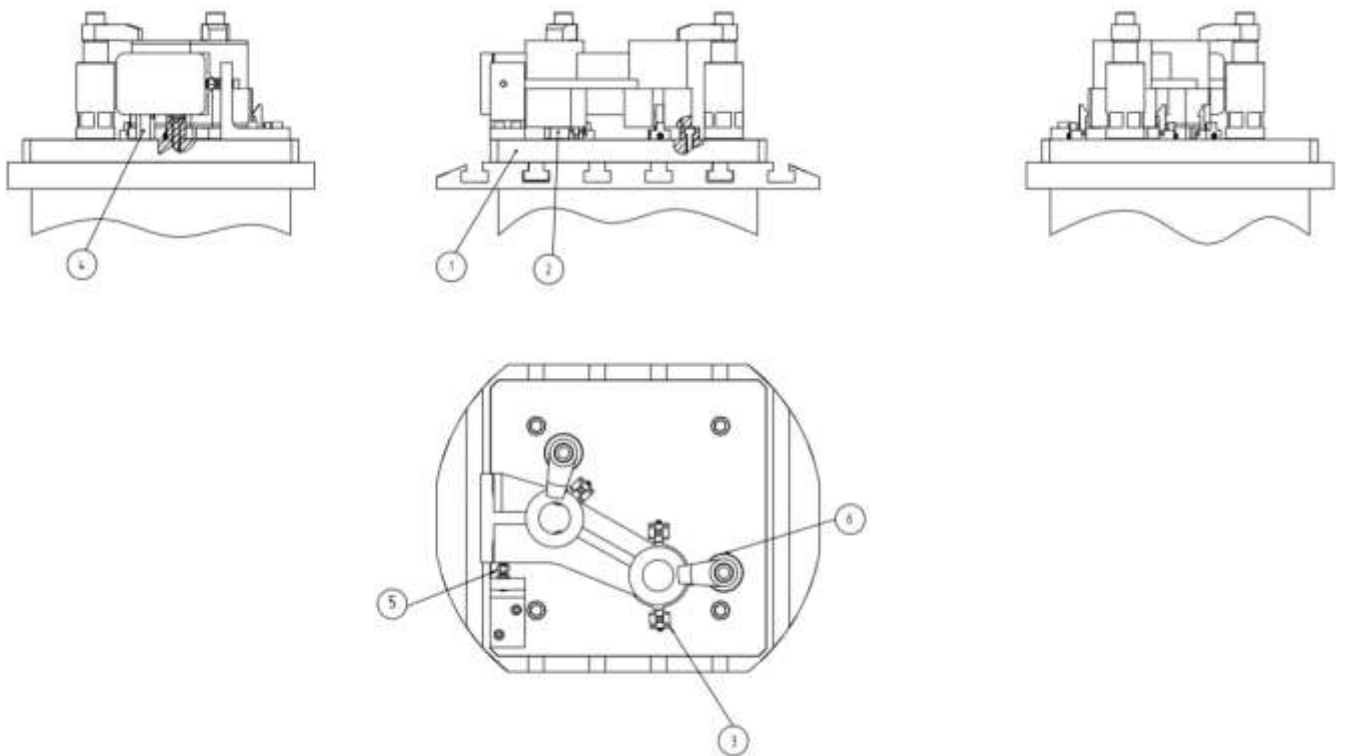


Рис.3.2.19 – Ескіз пристрою для операції 005

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

85

Пристрій для операції 010

Заготовка (1) встановлюється на установчу плиту (2), базується та закріплюється за допомогою болтів (3). Болти затягуються з попередньо визначеним моментом затяжки. Ескіз пристрою зображено на рисунку 3.2.20.

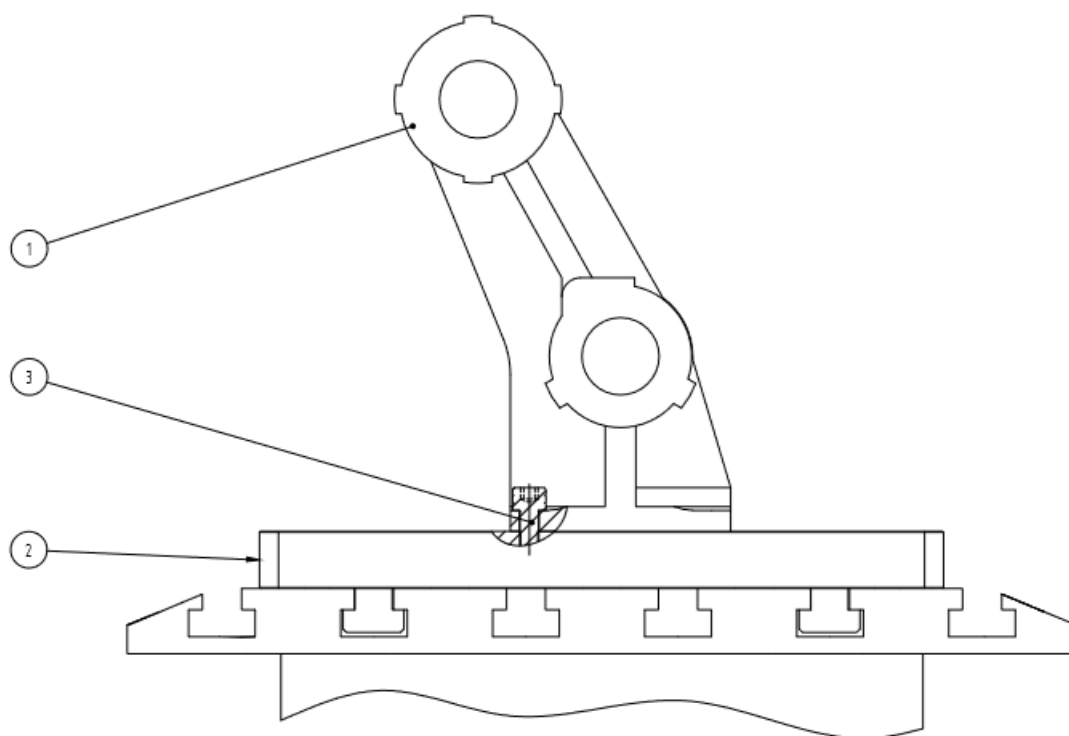


Рис.3.2.20 – Ескіз пристрою для операції 010

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

86

4. Економічна частина

Економічна частина дипломного проекту включає в себе розрахунок технологічної собівартості деталі “Корпус опори”.

4.1 Економічні розрахунки

Річна продуктивність визначається по к-сті придатних виробів і умовно приймається рівною виробничій програмі випуску (тобто вважається, що продуктивність нової машини буде використовуватися повністю) та розраховується за формулою [17,ст.9]:

$$B = \frac{B_{nc} \cdot k_2}{100},$$

де $B_{nc} = 177 \cdot 1 = 177$ верстато-годин – річна продуктивність обладнання (враховуючи річний обсяг виробництва 1000 шт, попередньо розрахований час на механічну обробку 10,065 хв/дет, розраховуємо к-сть годин роботи верстата на рік - 177 годин); $k_2 = 95$ (за даними [17] при використанні верстатів з ЧПК) - коефіцієнт виробництва придатних деталей, %.

Річна продуктивність дорівнює:

$$B = \frac{177 \cdot 95}{100} = 168,15 \text{ верстато-годин.}$$

Розраховуємо затрати на основні матеріали [17,ст.10]:

$$S_M = q_n^M \cdot C_M \cdot B,$$

де $q_n^M = 3,9 \text{ кг}$ – норма витрат матеріалів на одну деталь, скоригована з урахуванням технологічно неминучого браку (виходу придатної продукції), кг;
 $C_M = 60 \text{ грн/кг}$ – оптова ціна за одиницю виміру матеріалів, с урахуванням транспортно-заготівельних витрат; $B = 1000 \text{ шт}$ – річна програма випуску.

Отже:

$$S_M = 3,9 \cdot 60 \cdot 1000 = 234\,000 \text{ грн.}$$

									Лист
									87
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата					

Розрахунок зворотних відходів [17,ст.11] :

$$S_{\text{відх}} = q_n^e \cdot C_{\text{відх}} \cdot B_{\text{пр}} ,$$

де $q_n^e = 1,5$ - норма відходів матеріалу на партію або одиницю виробів, кг; $C_e = 30$ - оптова ціна за встановлену одиницю виміру відходів матеріалів, з урахуванням транспортно - заготівельних витрат, грн/кг; $B = 1000$ шт - річна пропускна здатність.

Отже:

$$S_{\text{відх}} = q_n^e \cdot C_{\text{відх}} \cdot B_{\text{пр}} = 1,5 \cdot 30 \cdot 1000 = 45\ 000 \text{ грн} .$$

Розраховуємо величину заробітної плати основних робочих за формулою[17,ст.12]:

$$L_{\text{он}} = \sum_{i=1}^{P_o} (L_m^o \cdot t_{\text{мп}}) ,$$

де $P_o = 1$ - чисельність верстатників на кожній операції, люд.; $L_m^o = 62,5$ грн/год - погодинна тарифна ставка (з врахуванням кваліфікації, інтенсивності і умов праці, за даними сайту пошуку роботи); $t_{\text{мп}} = 177$ норма годин - трудомісткість виготовлення деталі.

Розраховуємо величину річної заробітної плати для реалізації технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус опори”:

$$L_{\text{он}} = \sum_{i=1}^{P_o} (L_m^o \cdot t_{\text{мп}}) = 62,5 \cdot 177 = 11\ 062,5 \text{ грн} .$$

Розраховуємо величину річної заробітної плати допоміжних робочих для реалізації технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус опори” за формулою [17,ст.13]:

$$L_{\text{он}} = \sum_{i=1}^{P_o} (L_m^o \cdot F_p \cdot k_{\text{дон}} \cdot h) ,$$

де $P_o = 1$ - чисельність допоміжних робітників, чол. ; $L_m^o = 33$ грн/год - годинна тарифна ставка (з урахуванням кваліфікації, інтенсивності та умов праці);

										Лист
										88
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата						

$F_p = 177$ год - корисний фонд часу одного робітника; $k_{\text{доп}} = 1,72$ - коефіцієнт обліку додаткової заробітної плати, доплат і відрахувань на соціальне страхування (1,67 ... 1,77); $h = 1$ - кількість змін роботи.

Розраховуємо заробітну плату допоміжних робітників:

$$L_{\text{он}} = 33 \cdot 177 \cdot 1,72 = 10\,046,5 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію для цілей виробництва [17,ст.14]:

$$S_e = \sum_{i=1}^m (N_{\text{уст}} \cdot k_{\text{вр}} \cdot k_{\text{ном}} \cdot F_{\text{д}} \cdot C_{\text{э}}),$$

де $m=1$ - кількість обладнання, яке споживає електроенергію; $N_{\text{уст}}=22,4$ - встановлена сумарна потужність одиниці обладнання, кВт; $k_{\text{вр}}=1$ - коефіцієнт використання за часом; $k_{\text{ном}}=1$ - коефіцієнт використання за потужністю; $F_{\text{д}} = 177$ - дійсний фонд часу роботи обладнання, год; $C_{\text{э}} = 1,78$ - ціна 1 кВт.год електроенергії, грн.

Розраховуємо річні витрати на електроенергію:

$$S_e = 22,4 \cdot 177 \cdot 1,78 = 7\,057,3 \text{ грн.}$$

Розраховуємо річні витрати на додаткові матеріали [17,ст.14]:

$$S_{\text{доп}} = \sum_{i=1}^n (q_n^e \cdot C_{\text{ср}} \cdot B),$$

де n - кількість видів застосовуваних матеріалів; $q_n^e = 0,675$ л/год - норма витрати сож; $C_{\text{ср}} = 30$ - середня ціна за одиницю виміру матеріалу, грн / л; $F_p = 177$ год - корисний фонд часу обладнання.

Розраховуємо річні витрати на додаткові матеріали:

$$S_{\text{доп}} = 0,675 \cdot 30 \cdot 177 = 3\,584,2 \text{ грн.}$$

Розраховуємо річні амортизаційні відрахування [17,ст.15]:

$$A^o = \frac{S_B \cdot N_{\text{ан}}^p}{100};$$

$$S_B = C_3 \cdot k_{\text{уст}},$$

де $S_B = 4\,615\,512$ - сумарна балансова вартість обладнання ділянки, грн;

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		89

Операція 010

1.Плита установча 200x360мм	1	2 987
2.Болти М10х1.5х20 мм	2	787
3.Гайки Т-подібні 16х28мм	4	701
4.Кріплення(болти,гайки)	4	837
		Всього: 5 312

Річні витрати на ремонт та обслуговування обладнання становлять 10% від балансової вартості [17,ст.22]:

$$S_p = 0,1 \cdot S_o = 461\,551 \text{ грн.}$$

Розраховуємо необхідну к-сть інструменту для забезпечення річної програми випуску(1000 шт/рік) та заносимо дані до таблиці 5.1.2

Таблиця 5.1.2 – Розрахунок вартості інструмента

Назва інструмента	К-сть,шт	Ціна,грн
1.Торцева фреза Ø125мм з комплектом твердосплавних пластин(5шт).	1	39 300
2.Свердло Ø11 мм	1	6 969
3.Розвертка Ø11 мм	6	11 182
4.Кінцева фреза Ø16мм	4	22 260
5.Канавкова фреза	1	6 445
6.Центрувальне свердло Ø3 мм	18	746
7.Свердло Ø5 мм	1	3 250
8.Мітчик М6х1 мм	1	7 461

9.Центрувальне свердло Ø5 мм	11	812
10.Свердло Ø9 мм	1	4 580
11.Мітчик М10х1	1	2 376
Всього:		105 381

Розраховуємо загальні витрати для реалізації виробництва деталі “Корпус опори” та заносимо дані до таблиці 5.1.3.

Таблиця 5.1.3 – Вартість річного обсягу виробництва деталі “Корпус опори”

Стаття витрат	Обсяг витрат,грн
1.Придбання верстата HAAS EC-400	4 160 000
2.Кутова головка Gerardi ATC F90-13	102 893
3.Верстатні пристрої для операцій 005,010	34 920
4.Ріжучий інструмент	105 381
5.Витрати матеріалу з вирахуванням зворотних відходів	189 000
6.Заробітна плата основних та допоміжних робітників	21 109
7.Витрати на утримання та експлуатацію обладнання(амортизаційні відрахування,ремонт та обслуговування обладнання)	1 376 971
8.Витрати на електроенергію	7 057
9.Витрати на додаткові матеріали(МОР)	3 584
Всього:	6 000 915

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

92

6. Охорона праці та навколишнього середовища

6.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори поділяються за своєю дією на наступні групи:

- активні;
- пасивно-активні;
- пасивні.

Активні в залежності від виду енергії діляться на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори поділяються в свою чергу на:

- рухомі машини і механізми;
- пересувні вироби, заготовки, матеріали;
- підвищена запиленість і загазованість повітряного середовища;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- недостатня освітленість робочої зони;
- гострі кромки, задири і нерівності на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання.

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори являють собою фізичне або нервово-психологічне перевантаження, зумовлене важкою працею, довготривалою працею без відпочинку, виконанням монотонної роботи.

Аналіз стану повітряного середовища

Небезпечними факторами пов'язаними з підвищеною загазованістю або запиленістю повітря робочої зони є висока концентрація токсичних газів, таких як чадний газ CO, аміак NH₃, сірководень H₂S, бензол C₆H₆.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		93

При роботі верстатів виділяється надмірна кількість тепла та вологи, через багатозмінну роботу та застосування МОР, що сприяє збільшенню вологості повітря. Температурні норми середовища та вологості у виробничих цехах згідно ГОСТ 12.1.005–88 наведені в таблиці 6.1.1.

Таблиця 6.1.1 – Норми температури та вологості виробничих приміщень.

Параметри	Допустимі умови
Температура повітря в холодну пору року	+13...23°C
Температура повітря в теплу пору року	+15...29°C
Вологість в холодну пору року	≥75%
Вологість в теплу пору року	40...60%
Швидкість руху повітря в холодну пору року	≥0,2 м/с
Швидкість руху повітря в теплу пору року	≥0,3м/с

Гранично допустимі концентрації шкідливих газів і пилу в повітрі робочої зони виробничих приміщень встановлені ГОСТ 12.1.005-88 наведені в таблиці 6.1.2.

Таблиця 6.1.2 –Гранично допустимі концентрації газів та пилу

Назва фактора	Гранично допустима концентрація ,мг/м ³
Пил	4
Вуглець діоксид	9000
Чадний газ	20
Ацетон	100
Аміак	20
Бензол	5
Сірководень	10

Аналіз виробничого шуму та вібрацій

Використання високопродуктивного обладнання, працюючого з підвищеними швидкостями, обумовлено значним поширенням шуму і вібрацій.

Причинами шуму є:

- інерційні сили, що виникають внаслідок руху механізмів;
- зіткнення деталей в механізмах між собою, внаслідок зазорів між ними;
- робота пневмо- і гідросистем.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		94

Вплив сильного шуму на організм викликає стомлюваність, знижує продуктивність, збільшує число помилок під час роботи. Користуючись каталогом продукції [10] визначаємо величину шуму верстата під час роботи $L_{\text{max,верст}} = 130 \text{ дБа}$. За ГОСТ 12.1.003-83 при рівні шуму більше ніж 85 дБа необхідно використовувати захисні засоби органів слуху. Також нормується доза шуму, яка не має перевищувати значення $3,63 \cdot 10^3 \text{ Па}^2 \cdot \text{с}$.

Аналіз можливості отримання механічного травматизму

Небезпека механічного травматизму існує в просторі навколо рухомих елементів, ріжучого інструменту, оброблюваних деталей, робочих поверхонь верстатів, конвеєрів.

При прибиранні стружки також виникає небезпека отримання колючо-ріжучих травм, особливо якщо стружка має велику довжину.

Причинами травм також є: нерівномірність припуску, наявність раковин і більш твердих частинок на поверхні заготовки, що сприяє вириву заготовки з пристроїв або поломки ріжучого інструменту, неправильно обрані режими різання, динамічні навантаження окремих ланок механізмів. Наявність в сучасних верстатах захисних дверцят та систем контролю закриття останніх значно зменшує вірогідність травматизму.

Засоби індивідуального захисту, що застосовуються при обробці різанням повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.4.011-75, захищаючи від фізичного впливу (гострі кромки, виступи, висока температура) та хімічного впливу (вплив МОР, інших рідин).

Аналіз небезпеки враження електричним струмом

Враження електричним струмом можливо при недотриманні норм безпеки та механічних пошкодження електричних мереж.

Джерелами ураження служать струмопровідні частини, металорізальне обладнання, ручний електроінструмент, освітлювальні прилади і т.д.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		95

Електричний струм надає термічне (опік, нагрів кровоносних судин), електричне (розкладання крові), біологічне (розкладання живих тканин), порушення діяльності органів дихання і кровообігу.

До факторів електробезпеки в мережах відносяться: хороша електрична ізоляція електричної мережі від навколишніх предметів, а також застосування захисного заземлення корпусів обладнання.

Необхідна величина опору ізоляції фазних проводів повинна бути не менше 500 КОм. Вона досягається за рахунок застосування ізолюючих матеріалів (гуми, пластмас, фарфору, скла та ін.).

Під впливом вологи, агресивних парів, пилу, вібрації та інших факторів опір ізоляції може знижуватися аж до нуля (коротке замикання на корпус), що призводить до витoku струму на корпусу обладнання і появи на їх поверхнях небезпечної напруги (потенціалу).

Для зниження цього потенціалу, корпуси обладнання та інших струмопровідних предметів навмисно електрично з'єднують із землею, тобто заземлюють.

В якості заземлювачів використовують зариті в ґрунт металеві предмети (труби, рейки, арматуру залізобетонних конструкцій та інші об'єкти).

Згідно ПЕЕ (правил експлуатації електроустановок) опір захисного заземлення в будь-який час року не повинен перевищувати:

- 0,5 Ом - в установках напругою понад 1000 В;
- 4 Ом - в установках напругою до 1000 В;
- 10 Ом - в установках потужністю 100 кВт і менше.

Ефективність захисного заземлення тим вище, чим нижче його опір.

При наявності напруги (потенціалу) на корпусі обладнання виникає небезпека ураження електричним струмом.

Ураження електричним струмом відбувається в результаті дотику людини до струмопровідних частин, що перебували під напругою.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		96

Величина струму, що проходить через тіло людини, залежить від режиму мережі, активного і ємнісного опору між фазними дротами і землею, а також схеми включення людини в ланцюг струму.

Аналіз небезпечних факторів в електричних мережах зводиться до визначення сили струму, що проходить через тіло людини, величина якого залежить від:

- схеми дотику людини в ланцюг струму;
- напруги мережі;
- схеми самої мережі;
- величини опору ізоляції струмоведучих частин щодо землі;
- величини ємності струмоведучих частин щодо землі.

Величина струму при дотику людини до ланцюга :

$$I = \frac{U_{\text{мереж}}}{R_{\text{люд}}} = \frac{380}{1000} = 0,38 \text{ А}$$

Максимально допустима величина струму, що проходить крізь тіло людини лежить в діапазоні 10-15 мА, що значно менше розрахованої величини, отже при роботі з електрообладнанням ділянки необхідно використовувати захисні засоби.

Аналіз освітлення

Необхідні умови роботи у виробничих приміщеннях можуть бути забезпечені лише при достатньому освітленні робочих зон, проходів та проїздів.

Причинами поганого освітлення служать: забруднені вікна, мала площа вікон, недостатня потужність світлових ліхтарів, недостатньою кількістю джерел освітлення.

Недостатня освітленість викликає швидке стомлення, зниження гостроти зору, викликає психофізіологічне навантаження.

Рівень освітленості має відповідати допустимим значенням згідно ГОСТ Р 55710-2013. Допустимі значення освітленості наведено в таблиці 6.1.3

Таблиця 6.1.3 - Допустимі значення освітленості

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		97

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкту плаці	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту праці з фоном	Характеристика фона	Освітленість при штучному освітленні		Природне освітлення		
						Комбінованому	Загальному	КЕО e_H^{III} , %		
								При верхньому чи боковому освітленні	При бічному освітленні	
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Найвища точність	Менше 0,15	I	а	М	Г	5000	1500	10	2,8	3,5
			б	Ср	Ср	4000	1250			
			в	Ср	Св	2500	750			
			г	Ср	Св	1500	400			
Дуже висока точність	Від 0,15 до 0,3	II	а	М	Г	4000	1250	7	2	2,5
			б	Ср	Г	3000	750			
			в	Ср	Св	2000	500			
			г	Ср	Св	1000	300			
Висока точність	Більше 0,3 до 0,5	III	а	М	Г	2000	500	5	1,6	2
			б	С	Г	1000	300			
			в	Ср	Св	750	300			
			г	Ср	Св	400	200			
Середня точність	Більше 0,5 до 1	IV	а	М	Г	750	300	4	1,2	1,5
			б	С	Г	500	200			
			в	Ср	Св	400	200			
			г	Ср	Св	300	150			
Мала точність	Більше 1 до 5	V	а	М	Г	300	200	3	0,8	1
			б	С	Г	200	150			
			в	Ср	Св	-	150			
			г	Ср	Св	-	100			
Груба	Більше 5	VI	-	Незалежно від характеристик фона та контраста	-	150	2	0,4	0,5	

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата
------	------	-------------	--------	------

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

98

Робота з матеріалам, що випромінюють світло	Більше 0,5	VII	-	Незалежно від характеристик фона та контраста	-	200	3	0,8	1
---	------------	-----	---	---	---	-----	---	-----	---

Примітки: М - малий, Ср - середній, В - великий, Т - темний, Св - світлий; найменші розміри об'єкта розрізнення та відповідні їм розряди зорових робіт встановлені при розташуванні об'єктів розрізнення на відстані не більше 0,5 м від очей працюючого.

Освітленість (E_{ϕ} , Лк) при місцевому освітленні приміщення розраховується за такою формулою:

$$E_{\phi} = \frac{F_{\lambda} \cdot I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha \cdot n}{h^2 \cdot k_3 \cdot 1000}$$

де $F_{\lambda} = 2200$ – світловий потік заданого типу лампи, (лм); $\alpha = 10^{\circ}$ – кут падіння світлового потоку, $\operatorname{tg} \alpha = L/2h$; $L = 0,9$ – відстань між світильниками, м; $h = 2,5$ – висота закріплення ламп на робочою зоною, м; $I_{\alpha} = 208$ – сила світла під кутом α для заданого типу світильника, кд; $n = 4$ – к-сть ламп, шт; $k_3 = 1$ – коефіцієнт запасу.

Розраховуємо величину освітленості:

$$E_{\phi} = \frac{F_{\lambda} \cdot I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha \cdot n}{h^2 \cdot k_3 \cdot 1000} = \frac{2200 \cdot 208 \cdot 0,955^3 \cdot 4}{6,25 \cdot 1000} = 280 \text{ Лк}$$

Знайти відхилення E_{ϕ} фактичної величини освітленості від норми $E_{н}$:

$$\Delta E = \frac{E_{\phi} - E_{н}}{E_{н}} \cdot 100\% = \frac{280 - 300}{300} \cdot 100\% = -6,7\%$$

За вимогами ГОСТ Р 55710-2013 відхилення ΔE допускається в межах від (-10%) до (+ 20%).

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		99

Аналіз пожежної безпеки

Оцінювання пожежної обстановки передбачає визначення характеру пожеж, які можуть виникнути на об'єкті.

Ймовірність виникнення і розповсюдження пожежі на промисловому об'єкті залежить від таких чинників:

- ступеня руйнувань будівель і споруд під час вибуху;
- категорії пожежної безпеки виробництва;
- ступеня вогнестійкості будівель і споруд;
- щільності забудови об'єкту.

За таблицею 6.1.4 визначаємо категорію пожежної безпеки виробництва.

Таблиця 6.1.4 – Категорії пожежної безпеки виробництв

Категорія	Приклади виробництв
А	Цехи обробки металевого натрію і калію, водневі станції, склади балонів з горючими газами, склади бензину, приміщення стаціонарних кислотних і лужних акумуляторів та ін.
Б	Цехи по виготовленню вугільного пилу і деревинного борошна, цехи обробки синтетичного каучуку, мазутні господарства електростанцій та ін.
В	Деревообробні цехи, цехи текстильної та паперової промисловості, склади паливо - мастильних матеріалів, закриті склади вугілля, приміщення для зберігання автомобілів та ін.
Г	Ливарні цехи, кузні, зварювальні цехи, цехи гарячої прокатки металів, цехи термічної обробки металів, головні корпуси електростанцій та ін.
Д	Механічні цехи холодної обробки металів, інструментальні цехи, цехи холодної переробки м'ясо – молочної продукції та водоприймальні пристрої електростанцій та ін.

Призначаємо категорію Д для цеху механічної обробки металів.

За таблицею 6.1.5 визначаємо ступень вогнестійкості будівлі.

Таблиця 6.1.5 - Ступені вогнестійкості будівель

	Несучі стіни	Перекриття міжповерхові і на горищі	Перегородки (несучі)
I	Незгоряємі, 3год.	Незгоряємі, 1,5год.	Незгоряємі, 1год.
II	Незгоряємі, 2,5год.	Незгоряємі, 1год.	Незгоряємі, 0,25год.
III	Незгоряємі, 2год.	Важкозгоряємі, 0,75 год.	Важкозгоряємі, 0,25 год.
IV	Важкозгоряємі, 0,5год.	Важкозгоряємі, 0,25год.	Важкозгоряємі, 0,25год.
V	Згоряємі	Згоряємі	Згоряємі

Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата

ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ

Лист

100

Призначаємо II ступень вогнестійкості будівлі, виходячи з типової конструкції промислових споруд.

Визначаємо щільність забудови об'єкту за формулою:

$$Щ = \frac{S_{заб}}{S_{тер}} \cdot 100\% = \frac{4200}{21940} \cdot 100\% = 19,1\% .$$

Залежно від зазначених чинників на об'єкті можуть виникати окремі або суцільні пожежі. Окрема пожежа виникає в окремій споруді і на інші, як правило, не перекидається. Суцільна пожежа характеризується тим, що упродовж 1...2 годин вогонь охоплює до 90% всіх будівель і споруд об'єкта.

На основі визначених даних оцінюємо можливу обстановку на об'єкті після початку пожежі за таблицею 6.1.6.

Таблиця 6.1.6 - Можлива пожежна обстановка на об'єкті після початку пожежі

№ п/п	Характер забудови та категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості будівель	Очікувана обстановка	
			Упродовж перших 30 хв.	Через 1-2 години після пожежі
1	Міська забудова або виробництво В, Г, Д категорії пожежної небезпеки.	IV, V	Окремі пожежі	Суцільні пожежі при $Щ \geq 20\%$
			Окремі пожежі	Суцільні пожежі при $Щ \geq 10\%$
		III	Окремі пожежі	Суцільні пожежі при $Щ \geq 20\%$
		I, II	Окремі пожежі	Суцільні пожежі при $Щ \geq 30\%$
2	Виробництво А і Б категорії пожежної небезпеки	-	Окремі пожежі, що швидко перетворюються у суцільні, і супроводжуються вибухами виробничого устаткування.	

Отже, для виробництва категорії Д та II ступеня вогнестійкості після 1-2 годин після початку пожежі та щільності $Щ \leq 20\%$ характерні окремі пожежі, що не перетікають у суцільні.

6.2 Інженерно-технічні заходи щодо поліпшення умов праці

Заходи щодо покращення повітряного середовища

До заходів з покращення повітряного середовища відносяться:

- механізація і автоматизація виробничих процесів;
- виключення або зменшення шкідливих факторів за рахунок впровадження нових технологічних процесів;
- герметизація устаткування;
- ізоляція ділянок, що мають шкідливі виділення;
- ретельне систематичне прибирання;
- систематичний медогляд працівників;
- санітарно-технічні навчальні матеріали, що висвітлюють правила безпека;
- захист від джерел випромінювання;
- системи вентиляції, кондиціонування та опалення.

Заходи для забезпечення дотримання норм освітленості

Заходи щодо забезпечення оптимального освітлення на робочому місці повинні забезпечувати виконання наступних вимог:

- освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи, який визначається наступними трьома параметрами: об'єктом відмінності, фоном, контрастом об'єкта з фоном;
- необхідно забезпечити достатньо рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні, а також в межах навколишнього простору;
- на робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні;
- в полі зору повинен бути відсутнім блиск поверхонь для запобігання засліплення робітників;
- величина освітленості повинна бути постійною в часі;
- слід обирати оптимальну спрямованість світлового потоку, що дозволяє розглянути внутрішні поверхні, рельєфність елементів робочої поверхні деталі і ін;

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		102

- всі елементи освітлювальних установок повинні бути, електробезпечними, а також пожежо- та вибухобезпечними.

Заходи по зменшенню шуму та вібрацій

Для зниження шуму можна застосовувати такі методи:

- зменшення шуму у вузлах за рахунок поліпшення точності виготовлення складових механізмів;
- зменшення механічного шуму вдосконалення технологічних процесів(призначення режимів різання,що не провокують роботу на режимах максимального використання потужності);
- раціональне планування підприємств і цехів (дотримання відстані не менше 100 м від будівлі з шумним процесом виробництва);
- зміна напрямку поширення шуму в протилежний бік від робочого місця;
- акустична обробка приміщень - зменшення енергії відбитих хвиль збільшенням еквівалентної площі звукопоглинання,за рахунок покриття стін спеціальними матеріалами,що подавляють шум;
- зменшення шуму на шляху його поширення шляхом установки звукоізолюючого прошарку у вигляді стіни, перегородоки, кожуху, кабіни.

Основні заходи боротьби з вібрацією:

- вдосконалення конструкцій машин і технологічних процесів;
- налаштування обладнання таким чином,щоб відносно його складових не відбувалося явище резонансу;
- вібродемпфування;
- віброізоляція за допомогою амортизаторів;
- системи динамічного гасіння вібрацій.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		103

Заходи щодо зменшення механічних пошкоджень

Для виділення окремих небезпечних частин технологічного обладнання передбачена розпізнавальна розмітка, тобто система сигнальних кольорів і знаків безпеки по ГОСТ 12.4.026-76.

Прикладом розпізнавальної розмітки є фарбування у відповідні кольори трубопроводів, електротехнічних проводів, рукояток управління тощо.

Для усунення потрапляння стружки на відкриті частини тіла робітника необхідно застосувати засоби індивідуального захисту (ГОСТ 12.4.011-75).

Засоби індивідуального захисту застосовуються в тих випадках, коли безпека не може бути забезпечена конструкцією обладнання, організацією виробничого процесу.

Засоби індивідуального захисту слід застосовувати при роботі на зуборізних, токарних, шліфувальних, фрезерних верстатах.

При експлуатації підйомно-транспортних машин слід захищати всі рухомі частини механізмів. Необхідно виключити непередбачений контакт робітників з незакріпленим вантажем.

Заходи щодо зменшення небезпеки враження струмом

Необхідно забезпечити недоступність для органів людини мереж, що знаходяться під напругою, за допомогою ізоляції струмопровідних частин. Для усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при появі напруги на частинах електрообладнання, передбачено встановлення захисного заземлення, тобто навмисного електричного з'єднання з землею частин, які можуть опинитися під напругою.

Також необхідно встановити захисну систему відключення струму яка забезпечує автоматичне відключення електроустановки при виникненні небезпеки ураження струмом.

Розрахунок захисного заземлення, в якості якого будемо використовувати металевий пруток попередньо закопаний в ґрунт, на горизонтально фрезерний верстат HAAS EC-400.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		104

Визначаємо опір труби:

$$R_T = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \text{Ом}$$

де $\rho = 17$ - опір ґрунта, Ом · м; $l = 4,2$ - довжина заземлення, м; $d = 0,05$ - діаметр заземлення, м; $t = 1,6$ - глибина закладання труби, м.

Отже:

$$R_T = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) = \frac{17}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,2} \left(\ln \frac{2 \cdot 4,2}{0,05} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,6 + 4,2}{4 \cdot 1,6 - 4,2} \right) = 3,9 \text{ Ом}$$

Розраховуємо коефіцієнт безпеки праці:

$$K_c = \frac{R_p}{R_\delta} \leq 1,$$

де R_p - розрахункова величина опору захисного заземлення, Ом; R_δ - допустима величина опору захисного заземлення (для установок до 1000 В - 4 Ом, свйше 1000 В - 10 Ом), Ом.

Отримуємо:

$$K_c = \frac{3,9}{4} = 0,97 \leq 1.$$

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		105

Література

1. Справочник металлиста: в 5-и томах,Т.3 /Под ред. А. Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1977.
2. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів з курсу технологія машинобудування/Укл.: доц. каф. ТМ, к.т.н., доц. Данилова Л.М. , доц. каф. ТМ, к.т.н., доц. Фролов В.К. , ст.викладач каф. ТМ Задерій О.М. – К.:ММІ НТУУ «КПІ», 2015. - 109 с.
3. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Вышэйшая шк., 1983.- 256 с.
4. Справочник: Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
5. Технологічні основи машинобудування та технологія машинобудування. Методичні вказівки до виконання курсової роботи (проекту) і самостійної роботи для студентів інженерно-хімічного факультету та механіко-машинобудівного інституту / уклад.: С.С. Добрянський, В.К. Фролов, Ю.М. Малафеев. – К.:ММІ НТУУ «КПІ», 2015. - 79 с.
6. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
7. Справочник технолога-машиностроителя: Т.1, 2 /под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985-1986.
8. Рекомендации по подборке инструмента Seco Suggest <https://www.secotools.com/dashboard/Suggest/Suggest> .
9. Розробка креслення та технології виготовлення литої заготовки.Методичні вказівки до лабораторних занять та самостійної роботи з дисципліни “Проектування та виробництво заготовок” для студентів спеціальност 7.090202 “Технологія машинобудування”.Частина I./Укл.С.С. Добрянський,Ю.М.Малафеев – К.:НТУУ “КПІ”,2016.-70с.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		106

10. Каталог продукції HAAS HMC
<https://www.haascnc.com/ru/machines/horizontal-mills.html> .
11. Каталог продукції Gerardi SPA
<http://www.gerardispa.com/media/documents/F90-13-13L.pdf>
12. ГОСТ 3.1108-73. Единая система технологической документации. Степень детализации технологических процессов в зависимости от типа и характера производства.
13. ГОСТ 14733-69. Прихваты Г-образные. Конструкция.
14. Терликова Т. Ф., Мельников А. С., Баталов В.И. Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение. 1980. – 118 с.
15. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т./Ред. совет: Б.Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984. – Т.1/Под. ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, 1984. 592 с.
16. Каталог продукції FixtureWorks
<https://www.fixtureworks.net/store/pc/home.asp> .
17. Методические указания к выполнению экономической части дипломного проекта для студентов специальности 7. «Технология машиностроения» всех форм обучения. / Сост.: Бачевский Б.Е., Решетняк Е.А. – Луганск: Изд – во ВНУ им. В. Даля., 2006. – 49 с.

					ДПБ.МТ-51.2019.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Підпис	Дата		107