

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
НАВЧАЛЬНО - НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ
ІНСТИТУТ
Кафедра технології машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ Олександр Охріменко
(підпис) (власне ім'я, прізвище)

“ _____ ” _____ 20__ р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Технології машинобудування»
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі
«Насадка нижня» _____

Виконав:
студент 4 курсу, групи МТ-91

Федотова Аліна Олександрівна _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник к.т.н, доцент Кореньков Володимир Миколайович _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних
посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2023 року

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

Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут

Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____Олександр ОХРИМЕНКО
«_»_____2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

студенту Федотовій Аліні Олександрівні

1. Тема проекту «Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Насадка Нижня» »

Керівник проекту: к.т.н, доцент Кореньков Володимир Миколайович

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

затверджені наказом по університету від «__» травня 2023 р. №

2. Термін подання студентом проекту «__» червня 2023р.

3. Вихідні дані по проекту: Креслення деталі та вимоги її виготовлення. Матеріал – Сталь 40ХНЛ. Кількість партії – 6500шт.

4. Зміст пояснювальної записки: 1) розділ загальних питань машинобудування – огляд процесу лиття в піщані форми та програми для симуляції лиття NovaFlow&Solid 2) технологічний розділ - Визначення методу отримання заготовки, вибір технологічних баз, розрахунок припусків,

режимів різання, норм часу аналоговими та аналітичними методами, вибір верстатів. 3) конструкторський розділ - проектування верстатних пристроїв (точностний та силовий розрахунки) 4) економічний розділ

Перелік графічного матеріалу: Кресленик деталі – 1 аркуш формату А1; Кресленик заготовки – 1 аркуш формату А1; Огляд ливникової системи і результатів процесу лиття у програмі «Novaflow & Solid» 1 аркуш формату А1; Графічне зображення виконання технологічних операцій – 2 аркуші формату А1; Креслення верстатних пристроїв 1 аркуш формату А1; програмування оброблення на верстатах з ЧПК 1 аркуш формату А1.

5. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз виданих даних. Розробка креслення деталі та її 3-д моделі. Вибір матеріалів	05.02-19.02	
2	Визначення виробництва, вибір технологічних баз	19.02-03.03	
3	Розроблення технологічних процесів.	03.03-30.03	
4	Розрахунок припусків, режимів різання, норм часу	30.03-14.04	
5	Розроблення креслень	14.04-26.04	
6	Вирішення загальних питань машинобудування	26.04-23.05	
7	Розробка верстатних пристроїв	23.05-04.06	
8	Розробка програми для ЧПУ	04.06-09.06	
9	Оформлення пояснювальної записки	09.06-12.06	

Студент:

Аліна Федотова

Керівник:

Володимир Кореньков

Анотація

Дипломний проект бакалавра містить в собі пояснювальну записку об'ємом 75 аркушів формату А4, 17 таблиць, 26 рисунків. При виконанні дипломного проекту було використано 12 джерел які включають в себе методичні матеріали, підручники.

Графічна частина складається із 7 аркушів А1. На самих аркушах міститься креслення деталі, креслення заготовки, огляд ливникової системи і результатів процесу лиття у програмі «Novaflow & Solid», графічне зображення виконання технологічних операцій для 005 та 010 операцій, лист програмування оброблення на верстатах з ЧПК, верстаний пристрій.

В самому дипломному проекті розглянуто:

- Конструкційні особливості та призначення деталі «Насадка нижня»;
- Розроблено креслення та 3д-моделі деталі
- Спроектовано конструкцію заготовки;
- Були проведені аналізи лиття заготовки та її ливникової системи «Novaflow & Solid»;
- Проаналізовано та обрано схема базування по ЗТБ і ТБ;
- Розроблений маршрутно-операційний технологічний процес;
- Розрахунок припусків та режимів різання;
- Було вибрано і спроектовано оснастку для операції 010;
- Було розроблено коди для верстата які було візуалізовано;
- Порахована собівартість деталі.

Ключові слова: лиття, корпус, насадка, технологічний процес, заготовка.

Бібліографічний опис:

Федотова А. О. Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Насадка нижня»: дипломний проект за напрямом 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технології машинобудування» / Федотова Аліна Олександрівна. – Київ, 2023. – 75 с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. ВИРІШЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ПИТАНЬ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	10
1.1 Лиття в піщані форми	10
1.2 Програма NovaFlow&Solid.....	11
1.2.1 Опис і користування програмою NovaFlow&Solid	12
1.3 Аналіз результатів	15
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	18
2.1. Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі	18
2. 1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація.....	18
2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі.....	20
2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу.....	20
2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	20
2.3. Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва	21
2.4. Визначення конструкції заготовки.....	23
2.5. Обґрунтування вибору технологічних баз для технологічного процесу виготовлення деталі	29
2.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз	29
2.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій.....	33
2.6. Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки	37
2.7. Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус».....	39
2.8. Короткий опис вибору верстатного обладнання	46
2.9. Визначення припусків для технологічних переходів.....	48
оброблення поверхонь заготовки	48
2.10. Визначення режимів різання.....	54

2.10.1	Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом	54
2.10.2	Визначення режимів різання аналоговими методами.....	57
2.11.	Нормування технологічного процесу	59
2.12.	Визначення кількості інструменту	61
3.	ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ.....	65
3.1	Обґрунтування системи верстатних пристроїв (для верстатів з ЧПК)	65
3.2	Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв	66
3.2.1	Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв ..	66
3.2.1.1	Вихідні дані для розроблення конструкції верстатного пристрою для операції 010	66
3.2.2	Послідовність розроблення конструкцій верстатних пристроїв	67
3.3	Теоретичні та методичні основи проектування верстатних пристроїв	68
3.3.1	Розрахунок похибок базування.....	68
3.3.1.1	Розрахунок похибки базування для операцій 010	68
3.3.2	Визначення похибок закріплення верстатного пристрою	69
3.3.2.1	Визначення похибки закріплення верстатного пристрою для операції 010.....	69
3.3.3	Послідовність проектного розрахунку верстатного пристрою	70
3.4	Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв	71
3.4.1	Розрахунок необхідної сили затиску Q.....	71
3.4.1.1	Розрахунок необхідної сили затиску Q для операцій 010.....	71
3.4.2	Силовий механізм пристрою	73
4.	ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	75
4.1	Визначення необхідного технологічного устаткування	75
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	83

ВСТУП

Машинобудування є невід'ємною та важливою галуззю, яка безсумнівно впливає на формування економіки та розвиток країни, її економічної незалежності. Тому її розвиток та укріплення в країні є наразі основним питанням. Підготовка спеціалістів прямим чином впливає саме на це.

В сучасному світі покращення й оптимізація способів виробництва що існують та пошук нових, більш економічно доцільних постає гострим питанням. Значно полегшує завдання використання нових програмних забезпечень, більш сучасних інструментів та обладнання, які допомагають досягти потрібних економічних показників та відповідність міжнародним сучасним стандартам.

Технології машинобудування охоплюють важливі аспекти машинобудування: впровадження нових енерго- та ресурсозаощаджувальних процесів виготовлення виробів, оптимізація та вдосконалення вихідних заготовок, що призводить до зменшення виробничих витрат, підвищення продуктивності виробництва та показників економічності тощо.

1. ВИРІШЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ПИТАНЬ МАШИНОБУДУВАННЯ

1.1 Лиття в піщані форми

Лиття в піщані форми використовується при виготовленні заготовок тисячі років. Протягом часу вдосконалювалися засоби керування процесом, варіанти матеріалів, допуски, тонкощі деталей і діапазон розмірів деталей. Результати досліджень, інновацій та розробок зробили лиття в піщані форми найбільш універсальним і широко використовуваним методом лиття металу.

Лиття в піщані форми - це виробничий процес, під час якого розплавлений метал заливають у піщану форму, що містить порожнину потрібної форми.

Процес виготовлення виливків у піщаних формах зазвичай має такий алгоритм: формування; плавка металу і заливка його у форму; вибивка і очищення виливків. Спочатку відбувається формування, цей етап описує ряд операцій по виготовленню форми: засипка формувальної суміші в форму, її ущільнення ручним або машинним способом, формування за допомогою попередньо виготовлення моделі, встановлення стрижнів, збірка форми і ін. . Процес плавки і заливки складається з завантаження печі потрібним металом, його плавлення, доведення і заливки в ливарну форму. Після затвердіння і охолодження отримані виливки вибивають з форми, очищають від залишків формувальної і стрижневої суміші, відокремлюють від них.

Як і кожен метод виготовлення заготовки лиття в піщані форми має певні переваги та недоліки.

Переваги:

- Гнучкість конструкції – розмір і вага деталей можуть коливатися від кількох міліметрів і грамів до метрів і багатьох тонн.
- Форми високої складності – лиття в піщані форми дозволяє виготовити деталі різної за складністю та конфігурації форм, роблячи цей метод універсальним та поширеним.
- Більш широкий вибір матеріалів.
- Низька вартість обладнання – витрати на обладнання низькі порівняно з іншими процесами виробництва заготовок.

- Короткий час виконання порівняно з іншими ідеально підходить для коротких виробничих циклів.
- Менше відходів.

Недоліки

- Низька міцність матеріалу – деталі мають низьку міцність матеріалу через високу пористість.
- Дефекти неминучі – як і в будь-якому іншому металургійному процесі, виникають дефекти або коливання якості, такі як усадка, пористість, дефекти металу при заливці. Пористість піщаних відливок вища, ніж в інших процесах лиття, таких як лиття під тиском і лиття за моделлю.
- Подальша обробка – часто потрібна додаткова механічна обробка, якщо необхідний більш жорсткий допуск для взаємодії з іншими складальними частинами.
- Вищий ризик – загроза безпеці людей і екологічні проблеми.
- Виробничі проблеми – видалення поверхневих недоліків з тонких і дрібних деталей є складним завданням.

Обрати метод виготовлення деталі можна зважаючи на переваги та недоліки різних методів, матеріал та конфігурацію деталі. Але в загальних випадках лиття в піщані форми є дешевим та достатньо простим, цей метод доступний як великим так і малим виробництвам.

1.2 Програма NovaFlow&Solid

Для виконання робіт прийнято використовувати розрахунок заготуванок за допомогою державних стандартів, формул та виведених табличних значень. Проблемою є те, що хоча багато дефектів що можуть виникнути після застигання заготовки можна передбачити, проте остаточно їх виявити можливо вже тільки після лиття, за допомогою вимірювання та поверхневого огляду.

NovaFlow&Solid програма в якій в тому числі доступний модуль симуляції литва, інтерфейс програми інтуїтивно зрозумілий. В даній прикладній програмі є майже всі бажані методи лиття, матеріали, тощо що використовуються на виробництвах. Програма була розроблена фахівцями, з практичним досвідом у ливарному виробництві, це робить програму

надійною та достатньо точною. Використання прикладного програмного забезпечення дозволяє заощадити час і матеріали під час перевірки складених та розрахованих за стандартами вступних параметрів. Таким чином, з'являється можливість оцінити можливі вихідні параметри до реального виконання робіт і скоригувати їх за необхідністю до отримання бажаного результату.

NovaFlow&Solid може зробити ливарне виробництво екологічним, дозволяючи досліджувати та отримувати підказки щодо збільшення виходу та оптимізації виробничого процесу. Це допоможе заощадити енергію, матеріали та, зрештою, використовувати менше ресурсів нашої планети.

1.2.1 Опис і користування програмою NovaFlow&Solid

Алгоритм роботи в програмі передбачає послідовне користування і перехід між модулями. Таким чином користувач уважно і послідовно керує та переходить на етапи проекту, такий алгоритм дозволяє попередити помилки людського фактору в елементарному алгоритмі, які могли би виникнути при наявності спільного інтерфейсу.

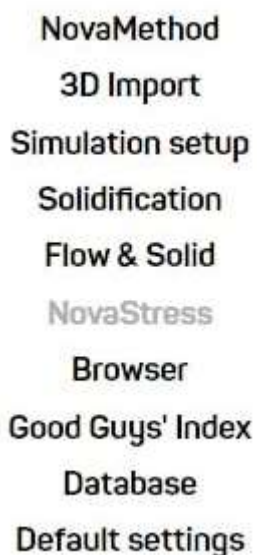


Рис 1.1 модулі програми NovaFlow&Solid

Перший модуль 3-D Import, в цей модуль ми завантажуюємо нашу заготовку з заздалегідь спроектованою ливниковою системою та зберігаємо її в форматі, який дозволить працювати нам в наступному модулі.

Програмне забезпечення автоматично створює на комп'ютері папку проекту, надалі зміни і робота з цим модулем буде зберігатись в даній папці, що дозволить при повторному відкритті нами не починати встановлення значень з нуля. В модулі ми можемо впливати на положення 3-D моделі, її візуальне відображення, тощо

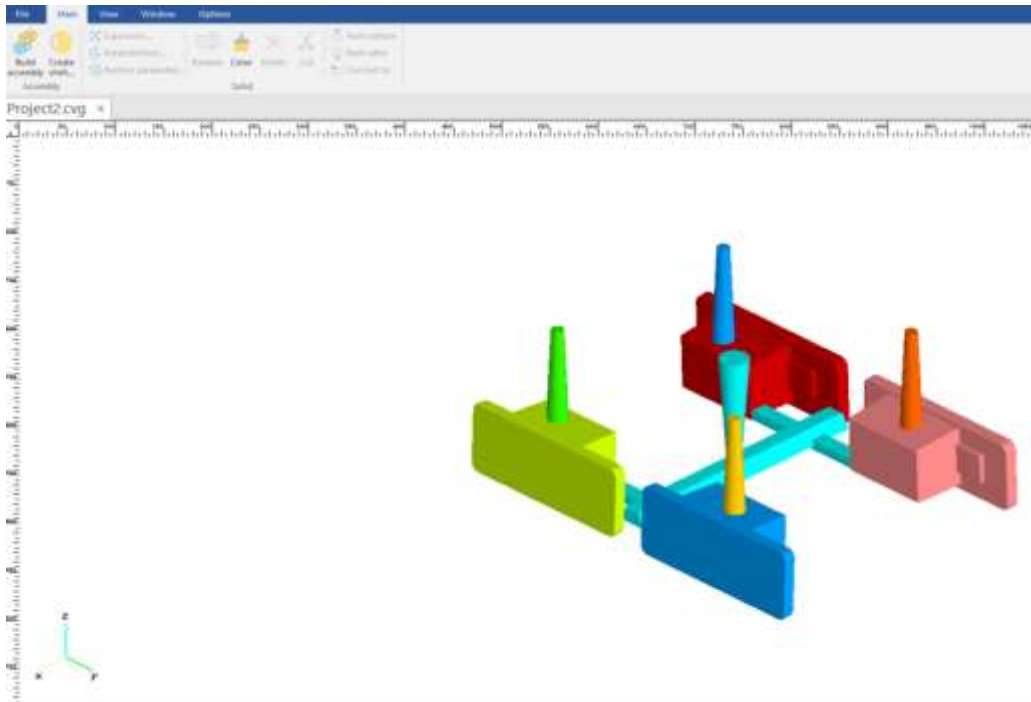


Рис 1.2 інтерфейс модуля 3-D Import

Далі ми відкриваємо другий модуль Simulation setup. З назви зрозуміло що в цьому модулі нам потрібно провести налаштування симуляції, тобто задати всі необхідні параметри нашої ливникової системи. Тут нам одразу пропонується налаштування ливникової системи, параметри ливникової суміші, метал, що використовується при литті, тощо. Всі ці данні користувач вводить вручну, в залежності від проведених користувачем попередніх розрахунків.

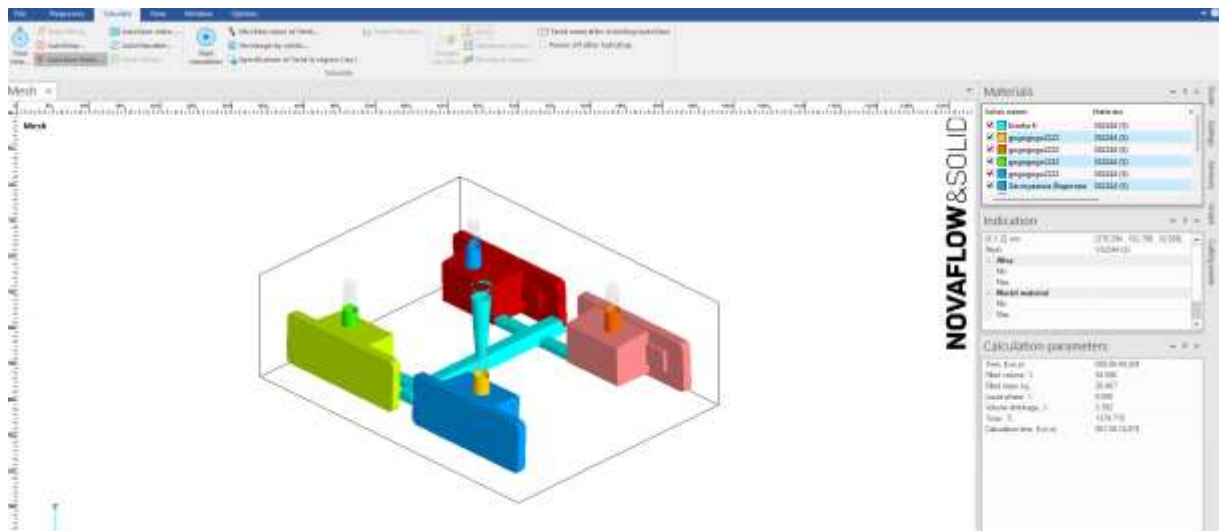


Рис 1.3 інтерфейс модуля Simulation setup

На головній панелі розташовані основні відомі нам параметри ливникової системи: живильники, ливарні точки, випори, шлаковловлювачі і так далі. Всі ці елементи ми вручну повинні призначити, натиснувши на команду і далі встановивши координати на моделі. Координати підказує сама програма при наведенні курсору мишки на ті точки або частини що нам потрібні. Також задаються користувачем параметри заливання металу, параметри температури при литті, тощо.



Рис 1.4 головна панель модулю Simulation setup

Модуль Solidification відтворює сам процес лиття, в ньому є можливість задати параметри самої симуляції, залежно від фінальної мети тобто які результати та висновки ми хочемо винести з програми, їх відображення. Процес відбувається первинно протягом певного часу, результатом є відображення кольором, кожному кольору відповідає певне значення на шкалі, користувач може редагувати показники шкали, також

можна зробити місцевий розріз щоб спостерігати внутрішні процеси, які відбуваються **В** заготовці.

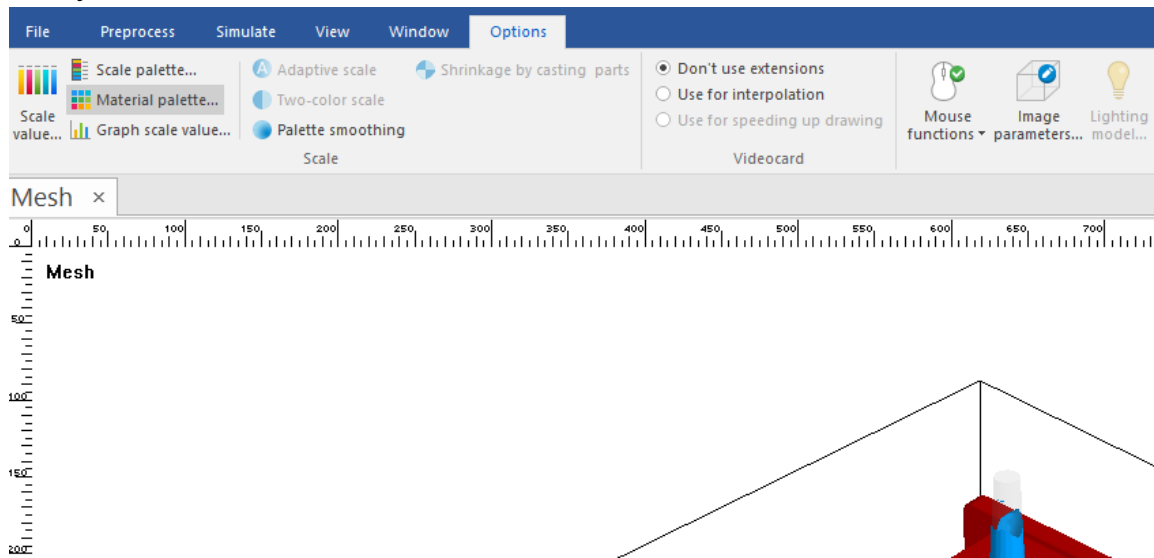


Рис 1.5 інтерфейс модуля Solidification

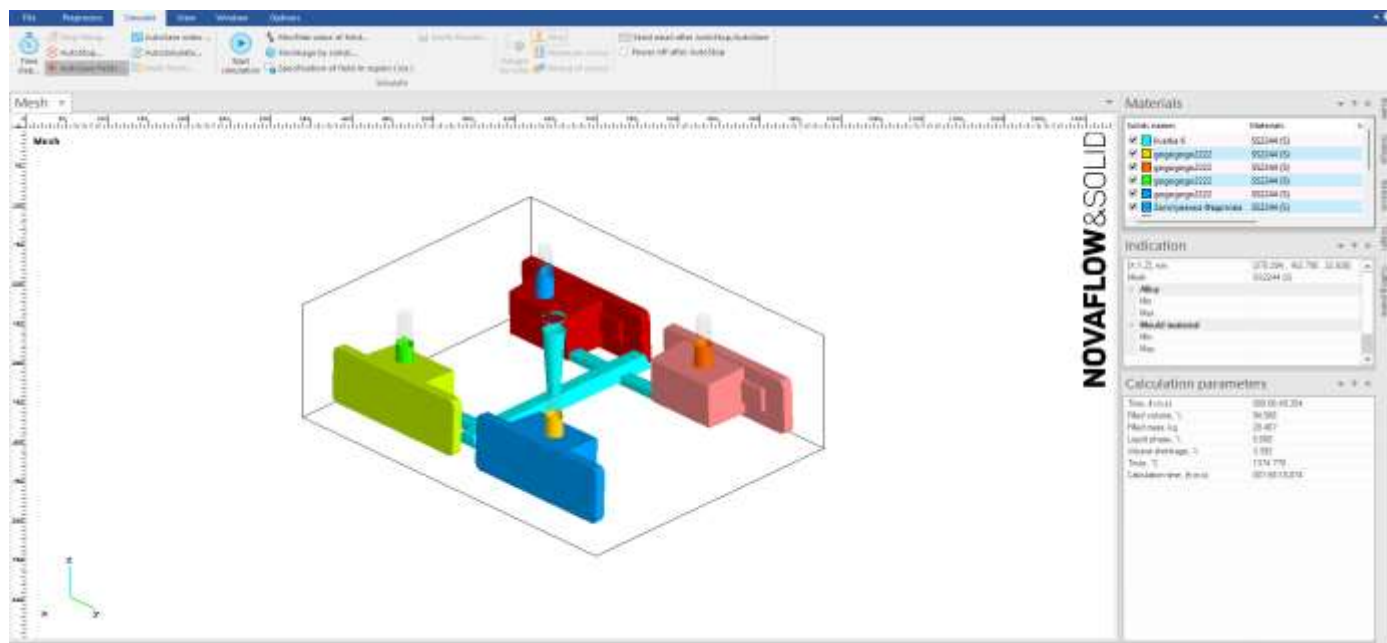


Рис 1.6 інтерфейс модуля Solidification

1.3 Аналіз результатів

Після виконання всіх пунктів програма показує результат нашого лиття. По цим результатам виконується аналіз.

Важливим пунктом є час затвердіння після заливки металу, на рисунку за допомогою кольорового маркування показано час застигання ділянок

заготовки. Час затвердіння важливий критерій який потім впливає на якість відливки і дозволяє відстежувати можливі дефекти.

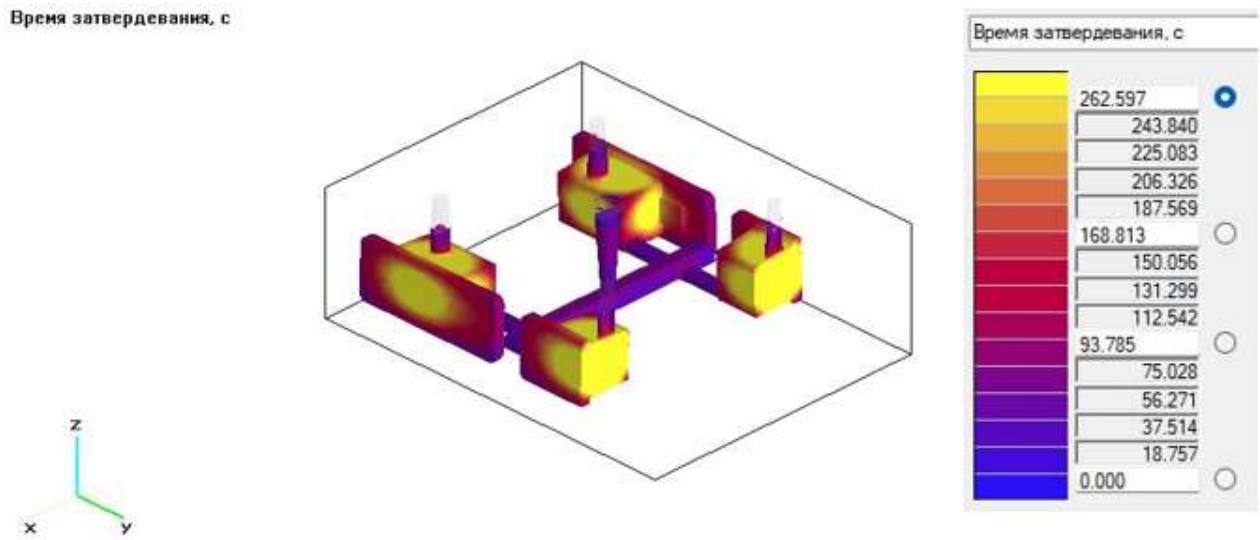


Рис 1.7 час затвердіння металу.

З результатів усадки бачимо що по всій поверхні вона в межах норми (1%), проте утворилася локальна усадка аж близько 20-25%, що вже є дефектом, який потрібно аналізувати для подальшого усунення

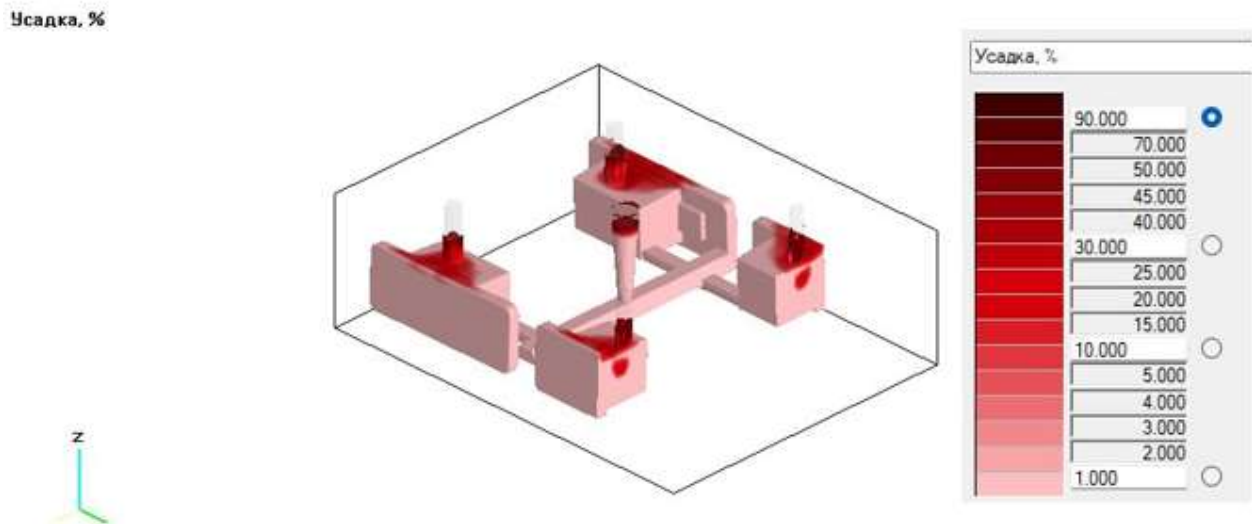


Рис 1.8 усадка

Критерій Ніяма, даний критерій показує вірогідність виникнення мікропористості в відливках. Чим менший критерій Ніяма тим вища вірогідність виникнення пористості. Пористість є дефектом поверхні, впливає на її якість та необхідність подальшої обробки.

Критерій Ніяма, $\sqrt{K \cdot c} / \text{мм}$

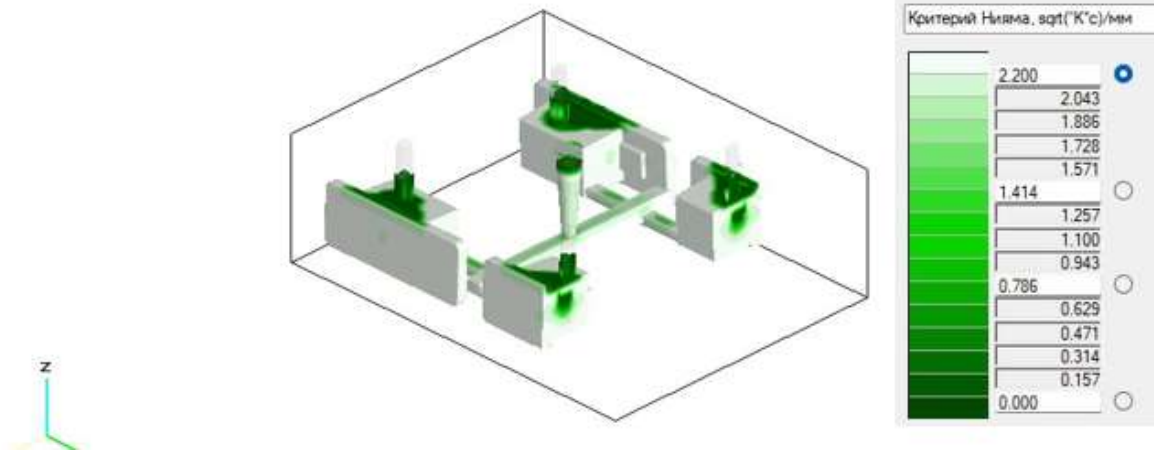


Рис 1.9 критерій Ніяма

Проаналізувавши результати які ми отримали від програми ми можемо зробити висновки, роботу над помилками та оптимізувати ливникову систему. Для уникнення утворення ливникової лінійної усадки та значної пористості в данному випадку потрібно переглянути і внести зміни до розрахункових та проектувальних даних: самої ливникової системи, її розташування в формі, також проаналізувати чи достатня швидкість або напор заливання, подача металу, температурні параметри лиття тощо. Завдяки даній прикладній програмі провести аналіз та оптимізацію можна не витрачаючи ресурсів виробництва та значно зменшити потрібний час на оптимізацію.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі

2. 1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація

Складальне креслення вузла, в який входить "Насадка нижня" – відсутнє, це створює труднощі щодо точного визначення призначення деталі.

Дивлячись на конфігурацію та габарити деталі, можна припустити, що він є деталлю середнього машинобудування. "Насадка нижня" відноситься до корпусних деталей.

Конструкція корпусу передбачає 2отв. Ø5Н8 і сім отворів, що містять нарізь. В деталі два кріпильні отвори М5-7Н, і 5 отворів з наріззю: (за допомогою них інші деталі вузла кріпляться до корпусу) 4отв. М8-7Н , М6-7Н, також є отвори в які встановлюються осі обертання.

Деталь містить поверхні на які встановлюється жорстка вимога щодо їх положення, позиційний допуск. Вимоги до точності розмірів робочих поверхонь узгоджені з вимогами до параметрів шорсткості.

2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі

Деталь "Насадка нижня" призначена для установки у ньому осей обертання. Тому можна зробити висновок, що деталь працює в умовах знакозмінних навантажень. Також в процесі експлуатації корпус працює в нормальних умовах, не зазнає впливу агресивних середовищ. Верхня поверхня умовно призначена для встановлення на неї деталі або деталей збірки.

2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Заготовка деталі виготовляється з Сталі 40ХНЛ ГОСТ 977-88, цей матеріал здатний забезпечити довготривалу роботу в заданих умовах експлуатації.

Таблиця 2.1

Сортамент	Размер	Напр.	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	КСУ	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Отливки, КТ45, ГОСТ 977-88			672	481	12	25	383	Закалка 830 - 870 ° С, Отпуск 550 - 650 ° С

Хімічний склад Сталі 40ХНЛ

Таблиця 2.2

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
0.35 - 0.45	0.2 - 0.5	0.4 - 0.9	1 - 1.5	до 0.04	до 0.04	0.5 - 0.8

2.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність – це властивість виробу, яка забезпечує найбільш просту реалізацію технологічного процесу [1].

Відпрацювання деталі на технологічність представляє собою комплекс заходів по забезпеченню необхідного рівня технологічності конструкції по встановленим показникам, направлена на підвищення продуктивності праці, зниженню витрат і скорочення часу на виготовлення виробу з забезпеченням належного рівня якості[1].

Оцінка технологічності може бути двох видів:

- якісна;
- кількісна.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції узагальнено на основі досвіду і допускається на усіх етапах проектування як попередня.

Кількісна оцінка технологічності виробу виражається числовими показниками і раціональна у тому випадку коли ці показники значно впливають на технологічність виробу.

Нетехнологічними слід вважати елементи, які на даному етапі або заданих умов виробництва не можуть бути оброблені з використанням наявного обладнання та інструментального забезпечення. Сучасні верстати з ЧПК практично знімають проблему технологічності конструкції виробу, оскільки їх технологічні можливості в сукупності з системою керування верстатом практично не мають обмежень на конструктивні особливості деталей машин [1]

Заготовка деталі "Корпус" технологічна. Конструкція деталі складається з простих поверхонь, оброблення яких не потребує використання складного спеціального різального інструменту, забезпечує вільний доступ різального та вимірювального інструменту. Достатня жорсткість деталі допускає роботу з використанням високих режимів різання.

Технологічні можливості верстатів з ЧПК та їх інструментальне забезпечення дозволяє обробляти практично всі конструктивні елементи деталей.

Умови технологічності деталі:

- допускається оброблення поверхонь деталі на прохід;
- для оброблення використовуються стандартні різальні і вимірювальні інструменти;
- оброблення всіх поверхонь забезпечує зручне підведення стандартного різального інструменту.

2.3. Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготування виробництва

Тип виробництва – це класифікаційна категорія виробництва, що виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності, та обсягу випуску виробів [1].

Тип виробництва визначає структуру технологічних процесів, форму їх організації, вибір металорізальних верстатів, інструментів, організацію виробництва. Визначення типу виробництва виконується за допомогою

довідникових даних. Враховуючи тенденції розвитку промислової галузі вплив типу виробництва на технологічний процес значно знижується, оскільки при розробці управляючої програми для верстатів з числовим програмним управлінням використовується тільки операційний технологічний процес [1].

Однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій ($K_{з.о}$), який визначається як відношення кількості всіх операцій, що виконуються або повинні виконуватися протягом базового відрізка часу до загальної кількості робочих місць [1].

Коефіцієнт закріплення операції розраховується за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^n ОП_i}{\sum_{j=1}^n РМ_j} \quad (1.1)$$

де $K_{з.о}$ - коефіцієнт закріплення операції, розрахований на місяць; $ОП$ - загальна кількість операцій, які виконуються на дільниці на протязі місяця; $РМ$ - кількість робочих місць на дільниці, які виконують відмінні технологічні операції.

Враховуючи, що у нас відсутні дані по технологічному виготовленню такої деталі, ми не можемо використовувати цю формулу. Тому тип виробництва визначається за масою деталі та обсягом випуску продукції [1].

Оскільки відомо що маса деталі складає 3,907 кг (рис. 1), а річний обсяг випуску – 6500 деталей на рік, то призначимо тип виробництва згідно наступної таблиці.

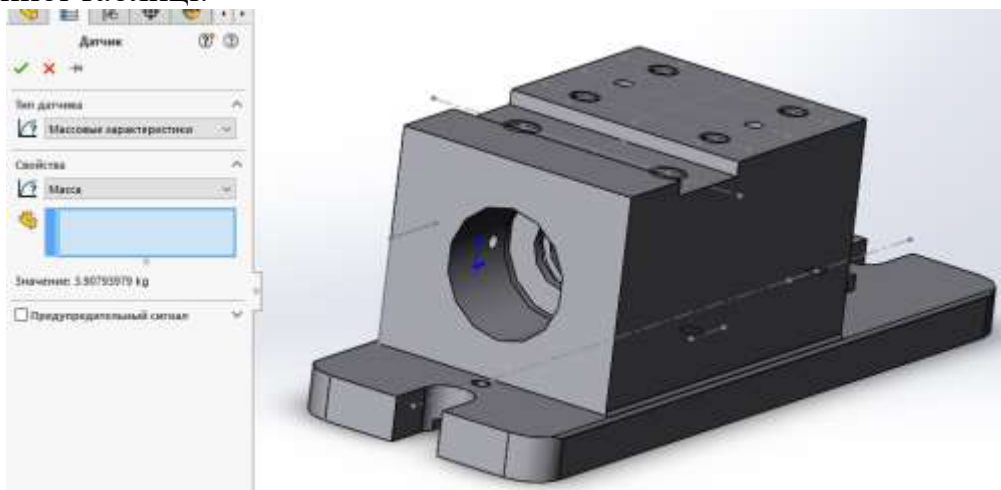


Рисунок 2.2 Визначення маси заготовки

Таблиця 2.3 Визначення типу виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт		
	легкі, масою до 20 кг.	середні, масою 20...30 кг.	важкі, масою більше 30 кг
Одиничне	до 100	до 10	1...5
Мало серійне	101...500	11...200	6...100
Середньосерійне	501...5000	201...1000	101...300
Великосерійне	5001...50000	1001...5000	301...1000
Масове	більше 50000	більше 5000	більше 1000

Отже, для зазначених вище умов, приймаємо великосерійний тип виробництва.

Великосерійне виробництво – тип виробництва, що характеризується випуском продукції постійної номенклатури у великих кількостях протягом тривалого періоду (ДСТУ 2960-94).

Для великосерійного типу виробництва встановлено, що коефіцієнт закріплення операцій визначається наступним діапазоном $1 < K_{zo} < 20$. Для подальшого вирішення завдань технологічного підготовки виробництва, приймаємо величину коефіцієнта закріплення операцій $K_{zo} = 2$.

Тип виробництва для традиційного машинобудівного виробництва визначає вид верстатного обладнання, інструментального забезпечення, систему верстатних пристроїв та певну систему проектування технологічних процесів. Враховуючи що в сучасному машинобудівному виробництві все більше використовують верстатні системи числового програмного управління (ЧПУ), то вплив типу виробництва на технологічне проектування значно зменшується, оскільки такі верстати мають широкі технологічні можливості, високу гнучкість в використанні, тощо, відповідно вимагають проектування операційного технологічного процесу (управляючих програм) незалежно від типу виробництва.

Отже, технологічне підготовки виробництва будемо виконувати для великосерійного типу виробництва з коефіцієнтом закріплення операцій $K_{zo} = 2$.

2.4. Визначення конструкції заготовки

Важливим етапом підготовки до проектування технологічного процесу виготовлення деталей машин, який значною мірою визначає всі наступні рішення, є етап вибору виду та способу виготовлення заготовки. Вибір виду та способу виготовлення заготовки визначає величину припусків для оброблення поверхонь, особливості видалення поверхневих шарів матеріалу на етапі чорнового оброблення, величину залишкових напружень,

які будуть вимагати включення в технологічний процес операцій термічного оброблення для їх зменшення та вирівнювання в поперечних перерізах робочих поверхонь.

У сучасному машинобудівному виробництві освоєні технологічні процеси виготовлення заготовок наступними видами:

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

Разом з тим, необхідно брати до уваги, що до теперішнього часу практичну більшість заготовок для машинобудівного виробництва виготовляються литтям або пластичним деформуванням.

Правильний вибір виду заготовки здійснює значний вплив на трудомісткість виготовлення деталі, розхід матеріалу і собівартість процесу виготовлення деталі. Спосіб отримання заготовок повинен бути таким, щоб забезпечити можливість подальшої механічної обробки і забезпечити відповідність деталі вимогам робочого креслення, витримавши при цьому на виробництво мінімальні затрати.

Дану заготовку найбільш вигідно одержувати методом лиття. Порівняння технологічних можливостей, достоїнств та недоліків різних способів лиття показує, що у малосерійному виробництві такі виливки можна одержувати відцентровим литтям, литтям у металеві форми (кокілі), в оболонкові або піщані форми, литтям за моделями, що виплавляються і литтям в графітові форми.

Лиття за моделями, що виплавляються, дозволяє одержувати високоякісні виливки, але їх вартість у 4-5 разів перевищує вартість литва у піщані форми. Крім того, ускладнюється виготовлення виливків з внутрішніми наскрізними порожнинами. Цей спосіб найбільш придатний для виготовлення невеликих виливків високої точності та складної конфігурації з важкооброблюваних сталей.

Таким чином, найдоцільніше виготовляти виливки «Корпуса» литтям у разові піщані форми з машинним формуванням за металевими моделями.

Цей простий та дешевий спосіб лиття забезпечує досить високу точність, легко піддається механізації та автоматизації.

Для остаточно прийнятного способу виготовлення способу виготовлення виливка литтям у піщані форми з машинним формуванням за металевими моделями згідно з ГОСТ 26645-85 призначаємо:

1. Технологічний процес лиття – лиття у піщано-глинисті сирі форми з високовологих (більше 4,5%) низькоміцних (до 60 кПа) сумішей з низьким рівнем ущільнення до твердості нижчої 70 одиниць; клас розмірної точності виливка – 9;
2. При визначенні ступеня жолоблення елементів виливка враховуємо, що виливок не має тонких та довгих елементів, схильних до жолоблення, представляє собою жорстку конструкцію з відношенням найменшого розміру до найбільшого, яке приблизно дорівнює $75/210 = 0.36$; приймаємо ступінь жолоблення елементів виливка – 6;
3. Ступінь точності поверхонь виливків для прийнятих умов лиття приймаємо рівним 15;
4. Шорсткість поверхонь виливків для 15-го ступеня точності поверхонь дорівнює $Ra = 50\text{мкм}$;
5. Клас точності маси виливків для прийнятих умов лиття та маси виливка 4,7 кг приймаємо рівним 9;
6. Для виливка клапана з 14 ступенем точності поверхонь приймаємо ряд припусків на обробку виливка рівним 8, а для верхніх, при заливанні, поверхонь – рівним 9;
7. Згідно з розділом 5 ГОСТ 26645-85 точність виливка позначається: Точність виливка 9-6-15-9 зм.6,4 ГОСТ 26645-85.

Допуски, припуски та технологічні напуски визначимо для основних оброблюваних поверхонь. Граничні відхилення розмірів деталі при обробці різанням призначимо за 14 квалітетом СТ СЕВ 145-75, тобто Н14 для отворів і h14 для валів. Допуски на розміри виливка визначаємо за табл.2.4 ГОСТ 26645-85

Табл. 2.4 . Допуски на розміри виливка

№		12h14	35h14	70h14	75h14
		Ra 10	Ra 2,5	Ra 2,5	Ra 6,3
		зовнішній	зовнішній	зовнішній	зовнішній

1	Допуск на розмір виливка	1,4($\pm 0,7$)	1,8($\pm 0,9$)	2,2($\pm 1,1$)	2,2($\pm 1,1$)
2	Вид остаточної механічної обробки, необхідної для забезпечення точності розмірів деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова
3	Вид остаточної механічної обробки для забезпечення заданої шорсткості поверхні	Чорнова Напівчистова	Чорнова Напівчистова	Чорнова Напівчистова	Чорнова Напівчистова
4	Прийнята остаточна обробка для забезпечення заданої якості деталі	Чорнова Напівчистова	Чорнова Напівчистова	Чорнова Напівчистова	Чорнова Напівчистова
5	Загальний припуск на сторону	2,9	3,0	3,4	3,4
6	Технологічний напуск на сторону,				

	внаслідок формувальних уклонів	-	-	-	-
7	Остаточний розмір виливка	16,3(±0,7)	31,2(±0,9)	75,6(±1,1)	80,6(±1,1)

Табл. 2.4 продовження. Допуски на розміри виливка

№		140h14 Ra 10 зовнішній	175h14 Ra 6,3 зовнішній	210h14 Ra 6,3 зовнішній	16h14 Ra2,5 Зовнішній
1	Допуск на розмір виливка	2,4(±1,2)	2,8(±1,4)	2,8(±1,4)	1,4(±1,4)
2	Вид остаточної механічної обробки, необхідної для забезпечення точності розмірів деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова	Чорнова
3	Вид остаточної механічної обробки для забезпечення заданої шорсткості поверхні	Чорнова Напівчистова	Чорнова Напівчистова	Чорнова Напівчистова	Чорнова Напівчисто ва

4	Прийнята остаточна обробка для забезпечення заданої якості деталі	Чорнова Напівчистова	Чорнова Напівчистова	Чорнова Напівчистова	Чорнова Напівчисто ва
5	Загальний припуск на сторону	3,8	4,1	4,1	2,9
6	Технологічний напуск на сторону, внаслідок формувальних уклонів	-	-	-	-
7	Остаточний розмір виливка	146,2(±1,2)	181,9(±1,4)	216,9(±1,4)	20,3(±1,4)

Ескіз заготовки наведено на рис.2.3

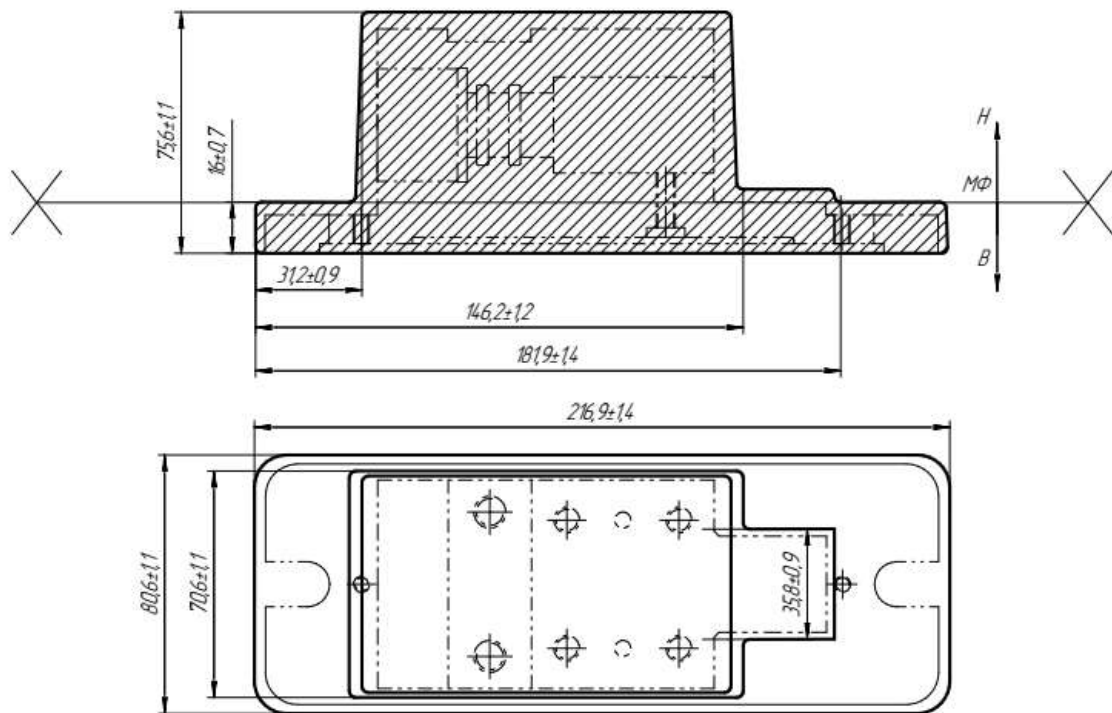


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки

2.5. Обґрунтування вибору технологічних баз для технологічного процесу виготовлення деталі

Алгоритм обґрунтування вибору технологічних баз передбачає послідовне виконання таких етапів:

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

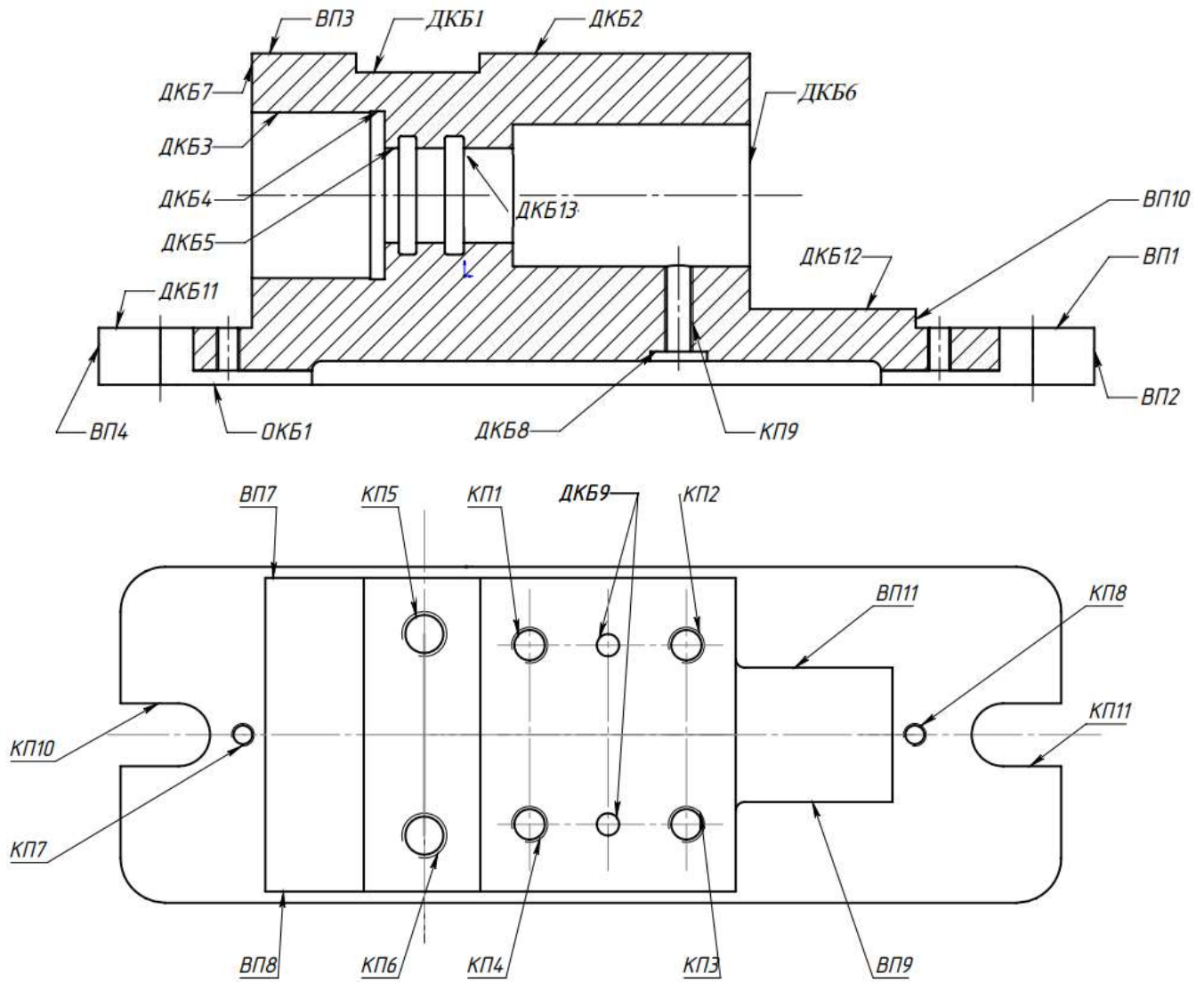
2.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

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.



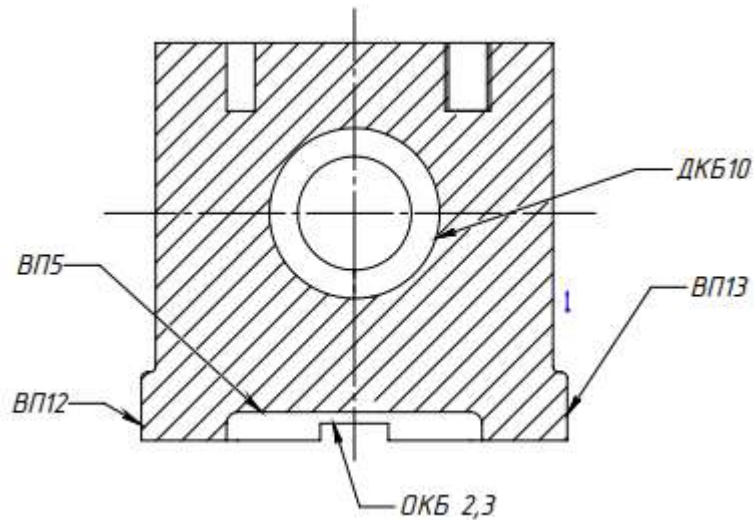


Рисунок 2.4- Класифікація поверхонь деталі «Корпус» за службовим призначенням

Основними конструкторськими базами деталі «Корпус» є плоска поверхня ОКБ1 та пази ОКБ2,3.

- ОКБ - поверхні деталі, які визначають положення даної деталі в складальній одиниці або вузлі

- ДКБ – поверхні деталі, які визначають положення приєднаних до неї деталей ДКБ1-12.

- КП - поверхні деталей, які забезпечують фіксацію положення деталей, що приєднуються КП1-11.

- ВП – додаткові поверхні деталі, які створюють єдиний геометричний образ деталі ВП1-13.

У відповідності до алгоритму обґрунтування технологічних баз, перевіряємо можливість використання поверхонь основних конструкторських баз в якості загальних технологічних баз (ЗТБ). Аналіз конструкції деталі «Корпус» свідчить, що в якості загальних технологічних баз можна використати поверхні основних конструкторських баз. Теоретична схема базування по загальним технологічним базам наведено на рис.2.5.

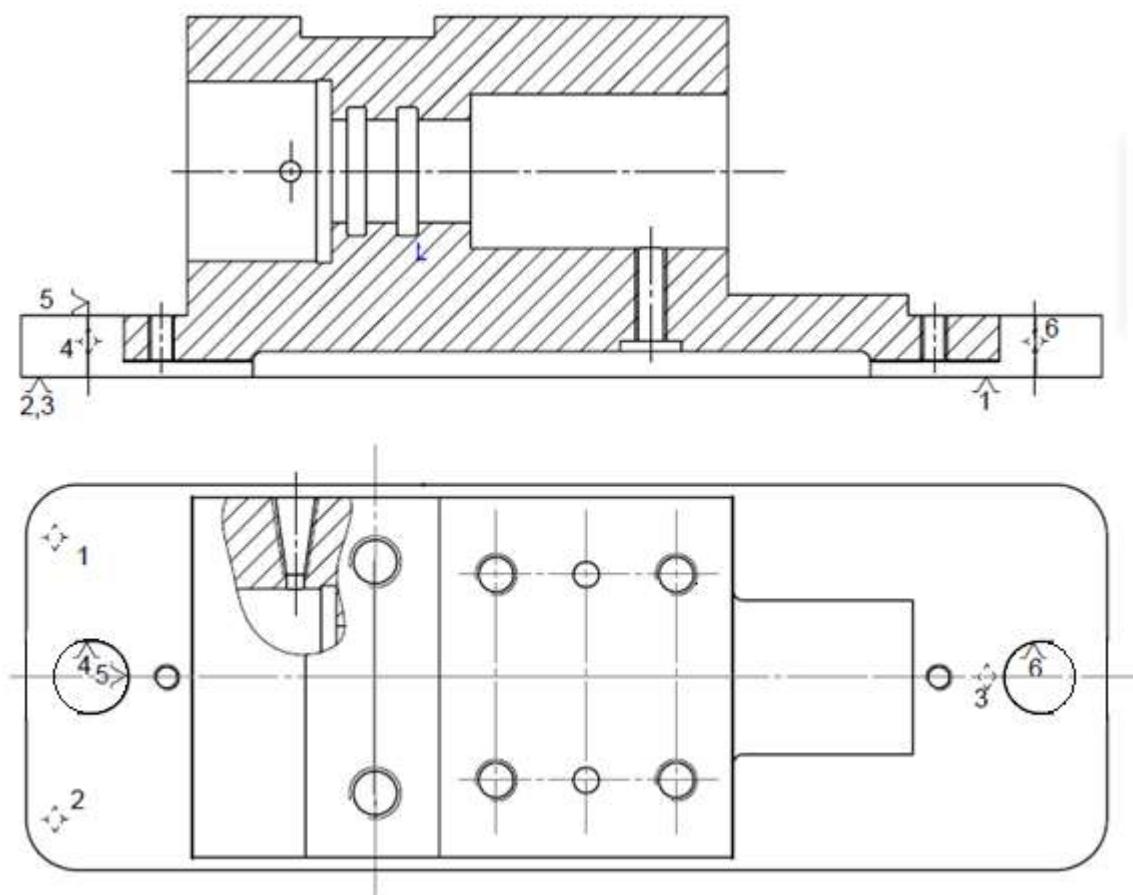


Рисунок 2.5- Теоретична схема базування по загальним технологічним базам деталі «Корпус»

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 площини $У(3)$, подвійна опорна база $ПО(2)$ реалізується циліндричним коротким пальцем та опорна база $О(1)$ упором. Після вибору схеми базування по загальній технологічній базі необхідно перевірити можливість її незмінного використання для більшості технологічних операцій. Є очевидним, що наведена схема базування не забезпечує оброблення більшості обробних поверхонь заготовки.

2.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій

На другому етапі вибору технологічних баз необхідно визначити схему базування для перших технологічних операцій. Загальною вимогою до всіх можливих схем базування є забезпечення оброблення комплексу поверхонь загальних технологічних баз. Вихідним документом для вибору технологічних баз для перших операцій є кресленик заготовки.

Розглянемо реалізацію базування по технологічним базам для деталі «Корпус». Теоретична схема базування по технологічним базам наведено на рис.5.3.

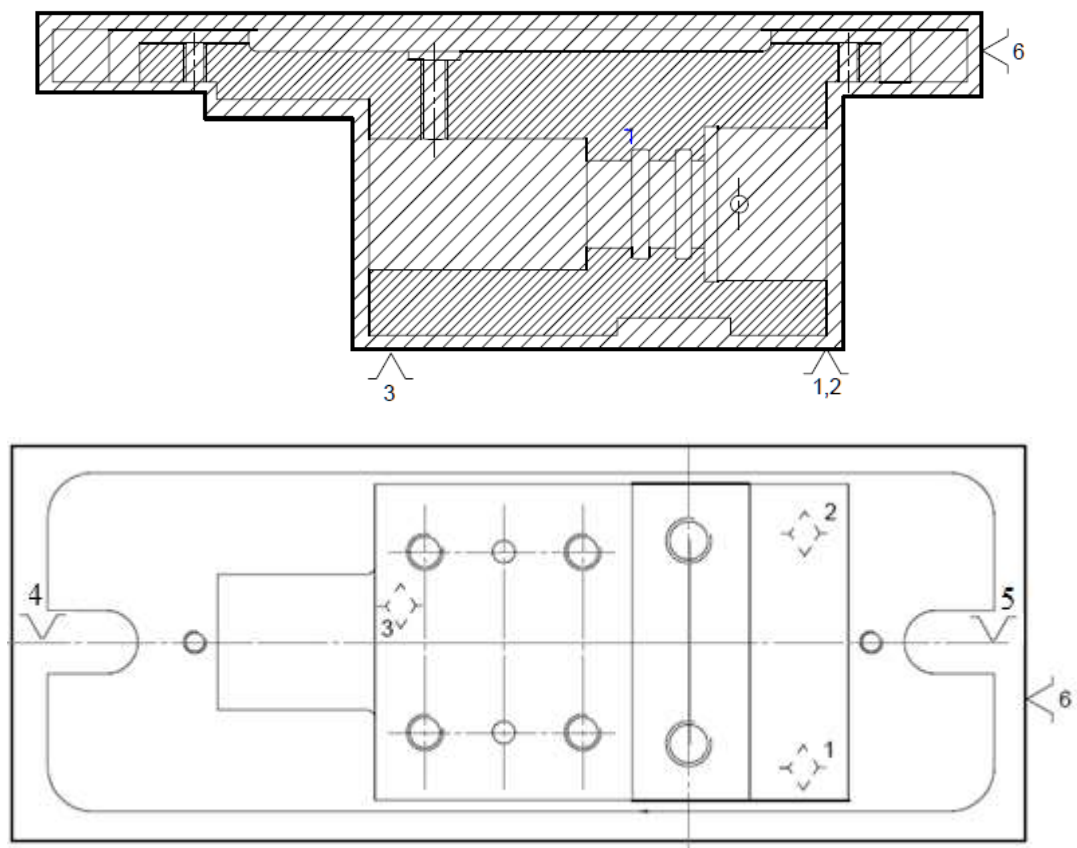


Рисунок 2.6-Теоретична схема базування по технологічним базам деталі «Корпус»

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид: $СБ_{ТБ} \Rightarrow У(3) + ПО(2) + О(1)$

Схема базування реалізується за допомогою самоцентрівних лещат. Забезпечує надійність базування, перпендикулярність оброблюваних площин. Недоліками є закритість заготовки з 3-х сторін та нерівномірність розподілу припуску площини фланцю.

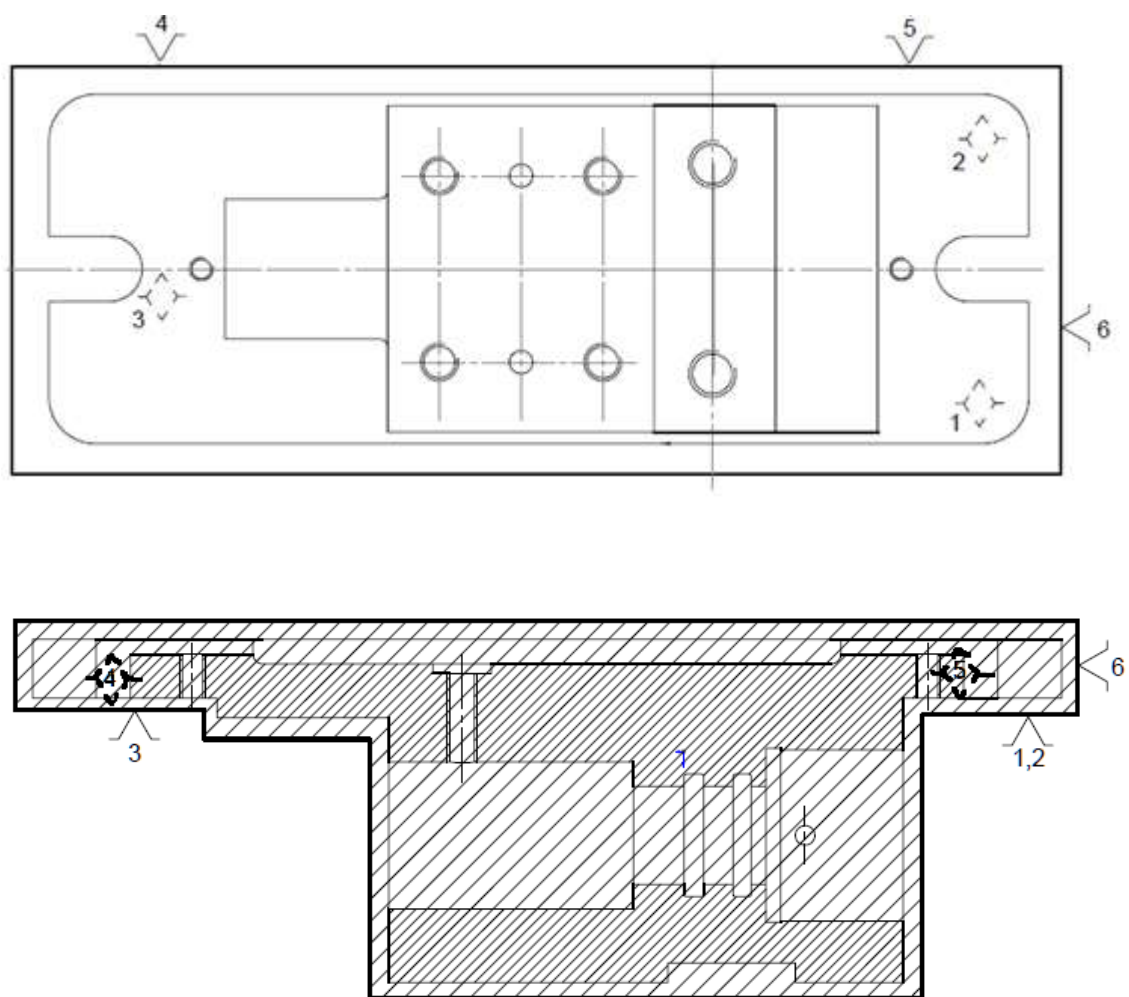


Рисунок 2.7-Теоретична схема базування по технологічним базам деталі «Корпус»

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$СБ_{ТБ} \Rightarrow Y(3) + H(2) + O(1)$$

Данна схема характеризується простотою реалізації, і забезпечує перпендикулярність поверхонь ОКБ, але не формує нерівномірний припуск для оброблення ОКБ, закриває заготовку з 3-х сторін.

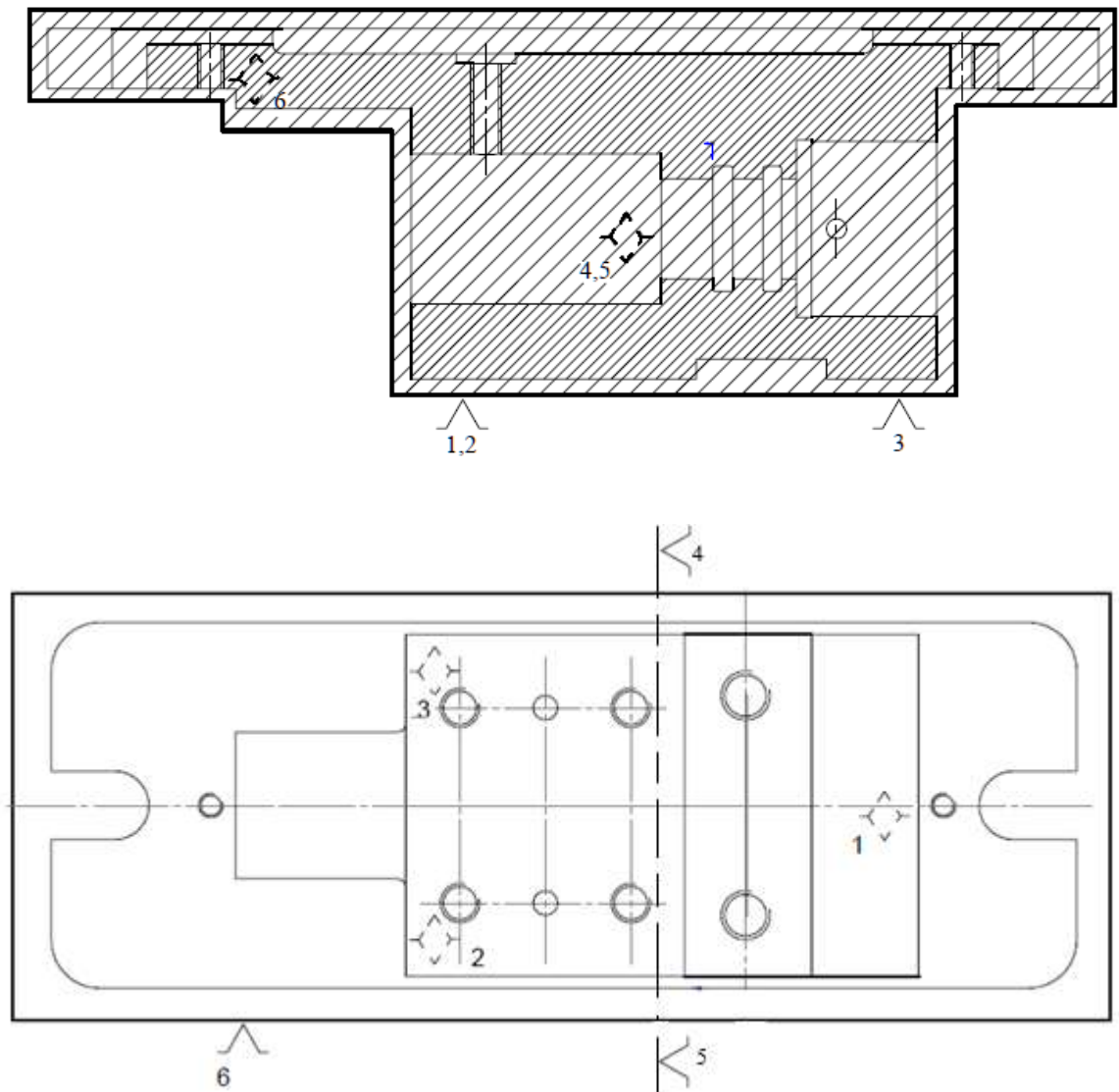


Рисунок 2.8-Теоретична схема базування по технологічним базам деталі «Корпус»

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

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

Схема базування реалізується за допомогою самоцентрівних лещат. Забезпечує надійність базування ,перпендикулярність оброблюваних площин. Недоліками є закритість заготовки з 3-х сторін.

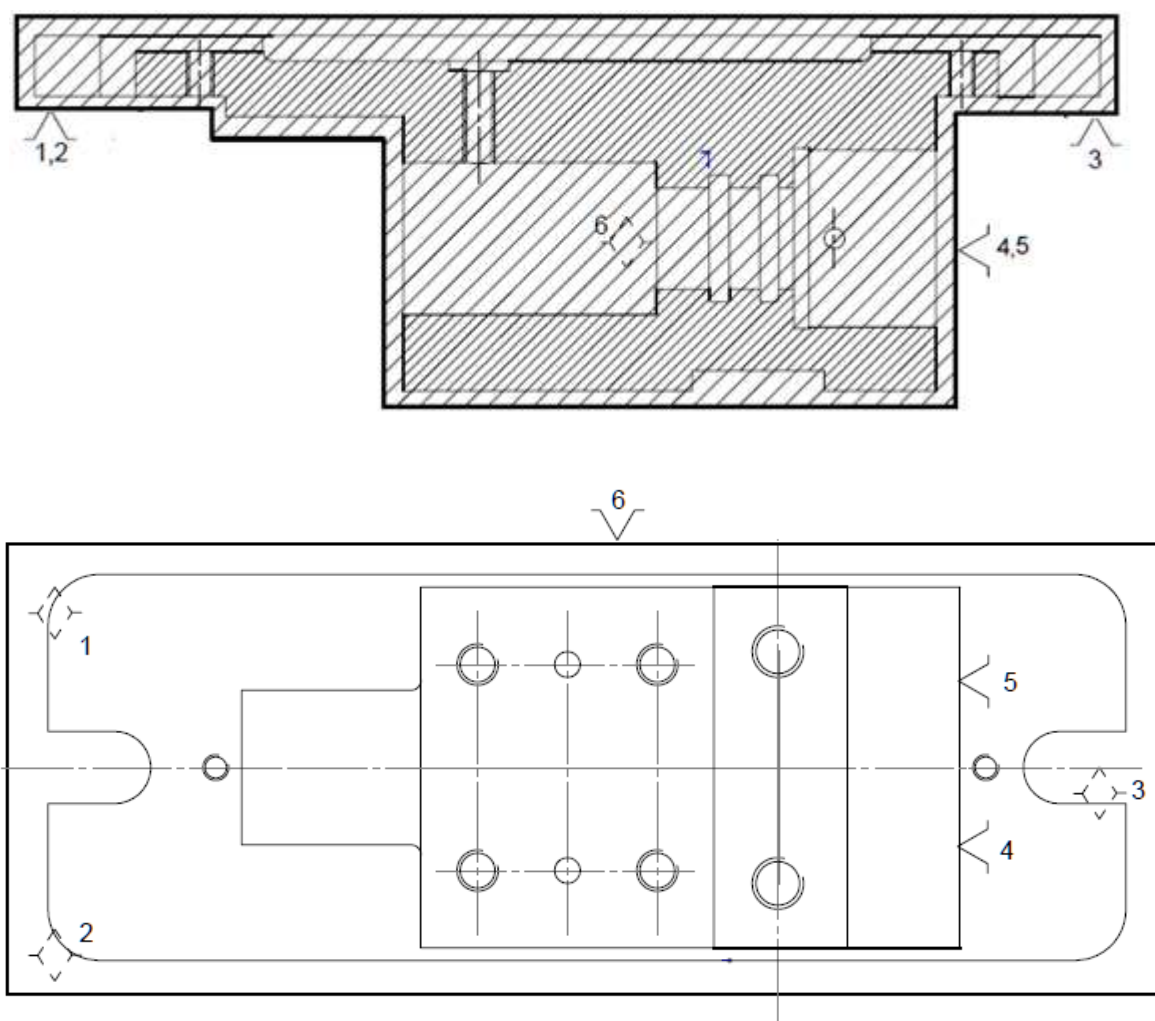


Рисунок 2.9-Теоретична схема базування по технологічним базам деталі «Корпус»

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$СБ_{ТБ} \Rightarrow Y(3) + H(2) + O(1)$$

Данна схема характеризується простотою реалізації, і забезпечує перпендикулярність поверхонь ОКБ, але не формує нерівномірний припуск для оброблення ОКБ, закриває заготовку з 3-х сторін.

2.6. Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки

На попередньому етапі проектування технологічного процесу оброблення необхідно визначити типові послідовності оброблення поверхонь. Для всіх обробних поверхонь заготовки визначаємо типові послідовності оброблення з урахуванням, що оброблення будемо виконувати на багатоцільових верстатах з ЧПК на базі фрезерно-розточувальних верстатів. Визначені типові послідовності оброблення наведено в табл. 2.5

Таблиця 2.5-Технологічна послідовність оброблення поверхонь деталі
«Корпус»

№ поверхні	За кресленням		Послідовність оброблення	Після оброблення	
	ІТ	Ra;мкм.		ІТ	Ra;мкм.
ОКБ1	14	2,5	фрезерування чорнове фрезерування чистове	14 12	5,0 2,5
ОКБ2,3	14	2,5	фрезерування чорнове фрезерування напівчистове фрезерування чистове	14 12 10	10 5 2,5
ДКБ1	14	2,5	фрезерування чорнове фрезерування чистове	14 10	5,0 2,5
ДКБ2	14	2,5	фрезерування чорнове фрезерування чистове	12 10	10 2,5
ДКБ3	14	5,0	фрезерування чорнове фрезерування чистове	12 10	10 5,0
ДКБ4	14	10	розточування чорнове	12	10
ДКБ5	14	0,63	свердління чорнове розточування чистове	12 10	10 2,5

			розточування тонке	8	0,63
ДКБ6	14	10	фрезерування чорнове	12	10
ДКБ7	14	2,5	фрезерування чорнове	14	10
			фрезерування чистове	10	2,5
ДКБ8	14	10	свердління чорнове	12	10
ДКБ9	14	1,25	центрування	-	-
			свердління	12	10
			зенкерування	10	5,0
			розвертання чистове	8	1,25
ДКБ10	14	2,5	свердління чорнове	12	5
			розточування чистове	8	2,5
ДКБ11	14	10	фрезерування чорнове	14	10
ДКБ12	14	2,5	фрезерування чорнове	14	5,0
			фрезерування чистове	12	2,5
ДКБ13	14	2,5	розточування чорнове	12	5,0
			розточування чистове	10	2,5
КП1-4	7Н	5,0	свердління чорнове	14	15
			зенкерування	12	10
			нарізання нарізі	7	5,0
КП5,6	7Н	5,0	свердління чорнове	14	15
			зенкерування	12	10
			нарізання нарізі	7	5
КП7,8	7Н	5,0	свердління чорнове	14	15
			зенкерування	12	10

			нарізання нарізі	7	5,0
КП9	7Н	5,0	свердління чорнове	14	15
			зенкерування	12	10
			нарізання нарізі	7	5,0
КП10,11	14	5,0	свердління чорнове	14	10
			фрезерувати начорно	12	5,0

Деталь «Корпус» буде оброблятися двох верстатах з ЧПК:

- 1) Горизонтально оброблюючий центр HAAS EC-400
- 2) Вертикально фрезерному верстаті HAAS VF-2

2.7. Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус»

Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі корпус вимагає визначення послідовності виконання технологічних переходів на кожній технологічній операції.

005.Вертикально-фрезерна з ЧПК

А.Установити,закріпити,зняти.

005.01 Фрезерувати поверхню ОКБ1, витримуючи розміри 1,2;

005.02 Фрезерувати поверхні ОКБ2-3, витримуючи розміри 1,10,11;

005.03 Фрезерувати напівчисто поверхні ОКБ2-3 ,витримуючи розміри 1,10,11;

005.04 Фрезерувати начисто поверхні ОКБ2-3, витримуючи розміри 1,10,11;

005.05 Центрувати положення осей отворів ДКБ8 та КП7,8,10,11 та обробити фаски витримуючи розміри 5,12,3,6,7;

005.06 Свердлити отвори послідовно КП10-11, витримуючи розміри 5,8,12;

005.07 Свердлити отвори послідовно КП7-8, витримуючи розміри 3,4,13;

005.08 Свердлити отвір ДКБ8, витримуючи розміри 6,7,14;

005.09 Свердлити отвір КП9, витримуючи розміри 6,9,15;

- 005.10 Зенкерувати отвори послідовно КП7-8, витримуючи розміри 3,4,13;
- 005.11 Зенкерувати отвір КП9, витримуючи розміри 6,9,15;
- 005.12 Нарізати різьби отворів КП7-8, послідовно, витримуючи розміри 3,4,13;
- 005.13 Нарізати нарізь в отворі КП9 витримуючи розміри 6,9,15.

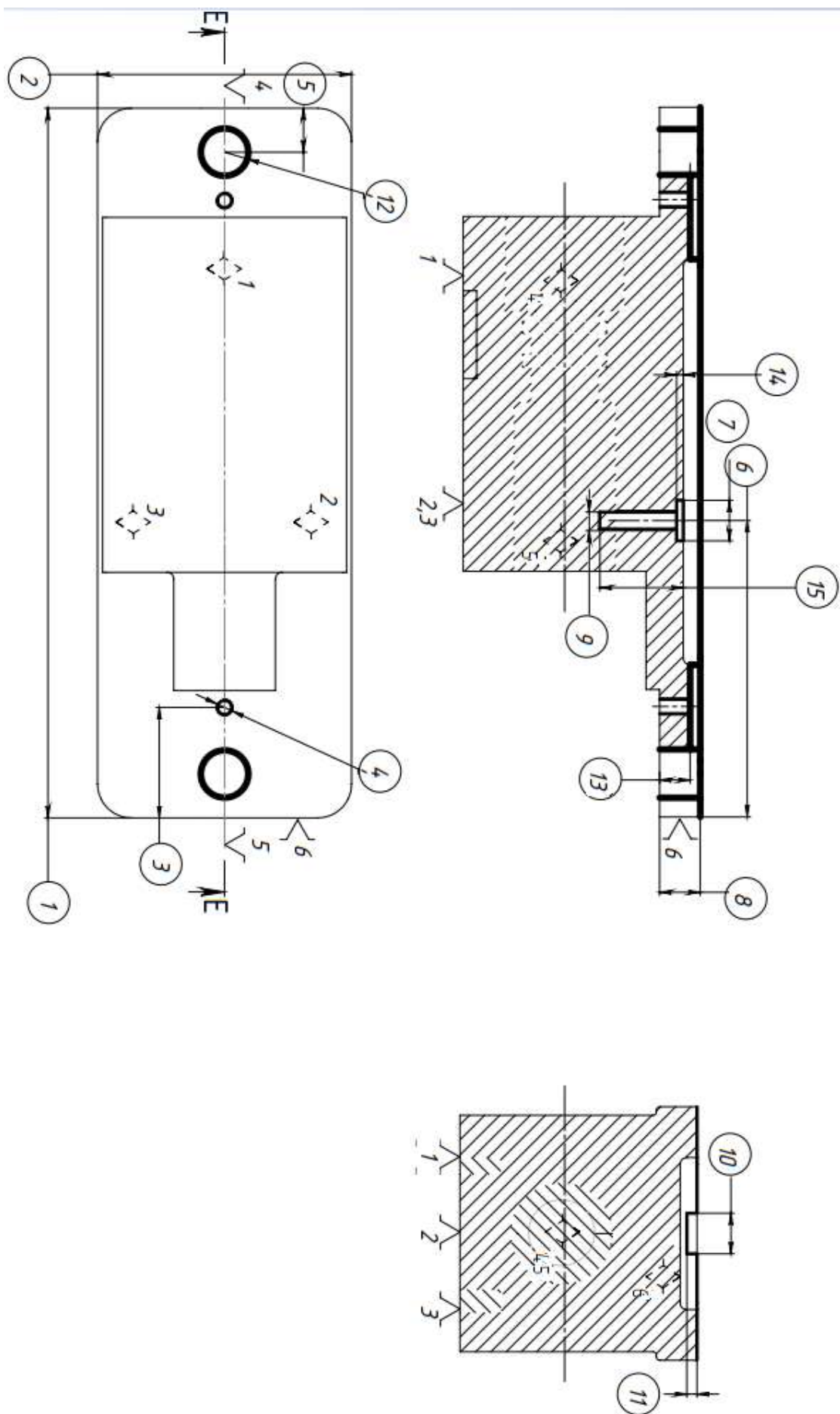


Рисунок 2.10 – Операція 005. Багатоцільова з ЧПК

010. Горизонтально-фрезерна з ЧПК

А. Установити, закріпити, зняти.

010.01 Фрезерувати поверхню ДКБ6, витримуючи розмір 6;

010.02 Свердлити отвір ДКБ5, витримуючи розміри 1,2;

010.03 Розточити ДКБ10 начорно, витримуючи розміри 3,4;

010.04 Розточити ДКБ10 начисто, витримуючи розміри 3,4;

Б. Повернути поворотний стіл навколо вертикальної осі на 180°;

010.05 Фрезерувати начорно поверхню ДКБ7, витримуючи розмір 5;

015.06 Фрезерувати начисто поверхню ДКБ7, витримуючи розмір 5;

010.07 Розточити ДКБ3 начорно, витримуючи розміри 5,6;

010.08 Розточити ДКБ3 начисто, витримуючи розміри 5,6;

010.09 Розточити ДКБ4, витримуючи розміри 8,9;

010.10 Розточити ДКБ13 начорно, витримуючи розміри 7,10,11;

010.11 Розточити ДКБ13 начисто, витримуючи розміри 7,10,11.

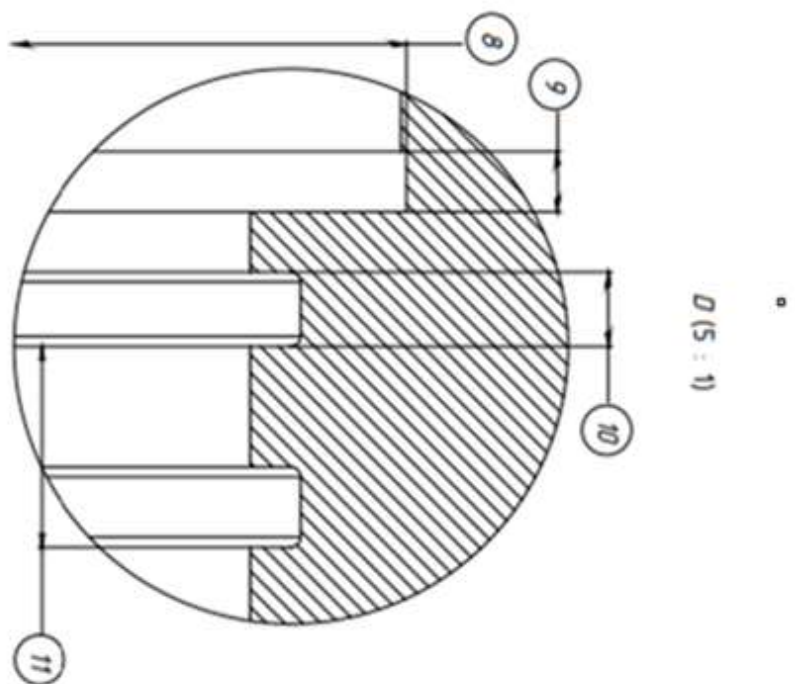
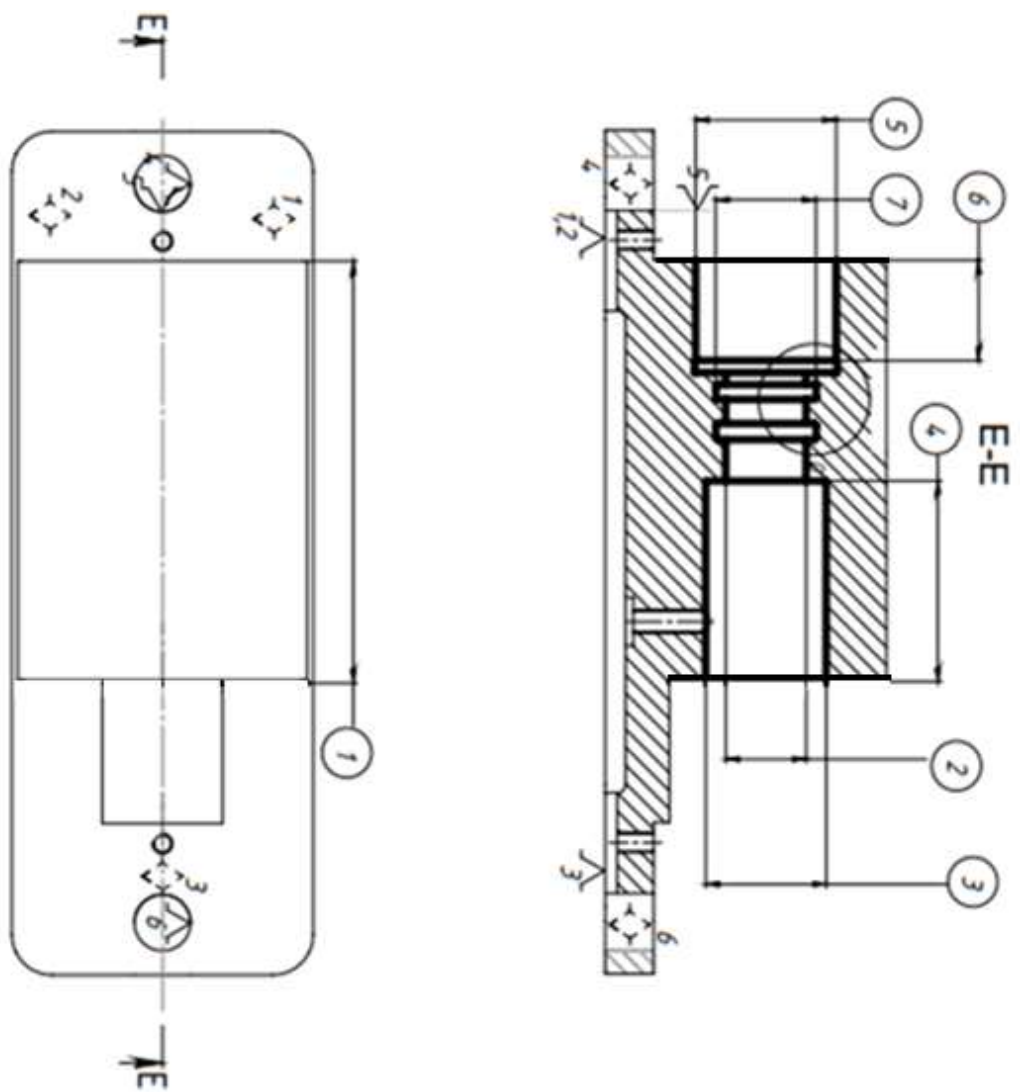


Рисунок 2.11 Операція 010. Багатоцільова з ЧПК

015. Вертикально-фрезерна з ЧПК

015.01 Фрезерувати начорно поверхню ДКБ12, витримуючи розміри 1,2,4;

015.02 Фрезерувати начисто поверхню ДКБ12, витримуючи розміри 1,2,4;

015.03 Фрезерувати поверхню ДКБ11, витримуючи розмір 3;

015.04 Фрезерувати начорно поверхню ДКБ2, витримуючи розміри 7,8;

015.05 Фрезерувати начисто поверхню ДКБ2, витримуючи розміри 7,8;

015.06 Фрезерувати начисто поверхню ДКБ1, витримуючи розміри 9,10;

015.07 Фрезерувати поверхні КП10-11 послідовно, витримуючи розміри 11,12,13;

015.08 Центрувати положення осей отворів ДКБ9 та КП1-6 та обробити фаски витримуючи розміри 14-29;

015.09 Свердлити отвори КП5-6 послідовно, витримуючи розміри 14-18;

015.10 Свердлити отвір ДКБ9 витримуючи розміри 19-23;

015.11 Свердлити отвори КП1-4 послідовно, витримуючи розміри 24-29;

015.12 Зенкерувати начисто поверхні КП5,6 витримуючи розміри 14-18;

015.13 Зенкерувати начисто поверхні КП1-4 витримуючи розміри 24-29;

015.13 Розвертати начорно поверхню ДКБ9 витримуючи розміри 19-23;

015.14 Нарізати різьбу КП5-6 мітчиком, витримуючи розміри 14-18;

015.15 Нарізати різьбу КП1-4 мітчиком, витримуючи розміри 24-29.

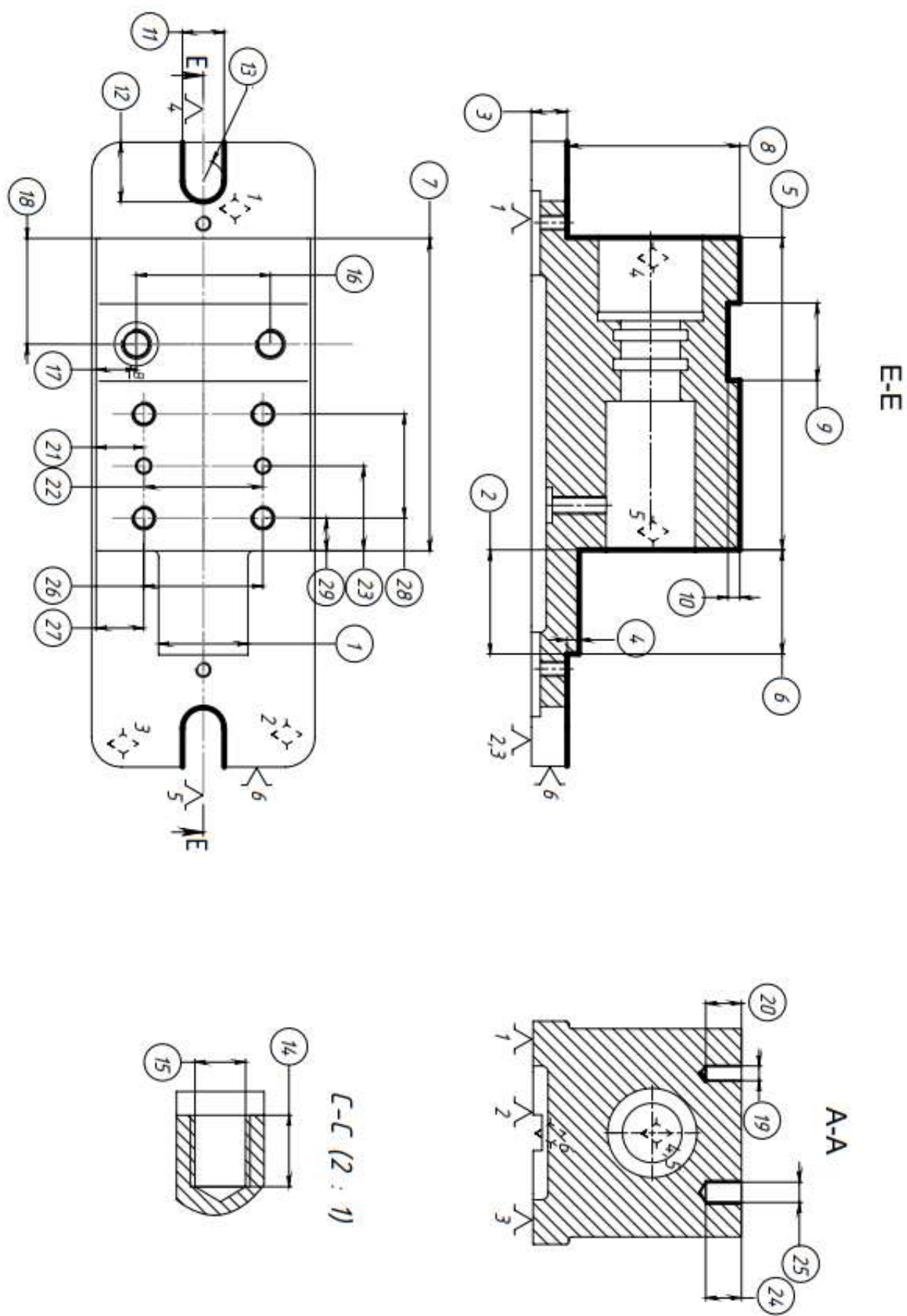


Рисунок 2.12 Операція 015. Багатоцільова з ЧПК

2.8. Короткий опис вибору верстатного обладнання

1) Для реалізації операцій 005 та 015 обираємо вертикально-фрезерний оброблюючий центр Haas VF-2.



Рис. 2.14 – Вертикально-фрезерний оброблюючий центр Haas VF-2

(Джерело -<https://www.haascnc.com/ru/shop/packages/VF-2.html>)

Таблиця 2.6 – Характеристики верстата HAAS VF-2

Переміщення по осях:		
Вісь X,мм		762
Вісь Y,мм		406
Вісь Z,мм		508
Стіл		
Довжина,мм		914
Ширина,мм		356
Максимальна вантажопідйомність столу,кг		1361
Шпиндель		

Максимальна потужність,кВт	22,4
Максимальна швидкість обертання,об/хв	8100
Ємність магазину інструментів,шт.	30

2) Для реалізації операції 010 обираємо горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS EC 400.



Рис. 2.15 – Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК HAAS EC-400

(Джерело -<https://www.haascnc.com/ru/shop/packages/EC-400.html>)

Таблиця 2.2 – Характеристики верстата HAAS EC-400

Переміщення по осях:	
Вісь X, мм	559
Вісь Y, мм	635
Вісь Z, мм	559
Стіл	
Довжина, мм	400
Ширина, мм	400
Максимальна вантажопідйомність столу,кг	454

Шпиндель	
Максимальна потужність, кВт	22,4
Максимальна швидкість обертання, об/хв	8100
Ємність магазину інструментів, шт.	30

2.9. Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на оброблення базується на аналізі факторів, які впливають на припуски попереднього та переходу, що виконується технологічного процесу оброблення поверхні. Величина припуску визначається методом диференційованого розрахунку по елементам, які утворюють припуск на оброблення. Розрахунково-аналітичний метод передбачає розрахунок припусків по всіх послідовно виконуваним технологічним переходам оброблення даної поверхні деталі (проміжні припуски). Їх послідовним додаванням визначають загальний припуск для оброблення певної поверхні, а також розраховують проміжні розміри, які визначають положення поверхонь і розміри заготовки при виконанні кожного технологічного переходу [1].

Вихідними даними для розрахунку припусків для кожної робочої поверхні є робочий кресленик деталі з заданими вимогами до характеристик якості обробних поверхонь, визначена технологічна послідовність оброблення заданої поверхні, реалізація якої забезпечує формування поверхні з заданими креслеником характеристиками якості, теоретична схема базування та її конструктивна реалізація в пристрої при виконанні кожного етапу оброблення, надійна довідникова література, яка містить необхідні дані для виконання розрахунків складових мінімального припуску [1].

2.9.1. Розрахунок припусків на отвір ДКБ10 Ra2,5

Мінімальний припуск для оброблення поверхонь обертання визначається за формулою:

$$2Z_{imin} = 2 \left((R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right),$$

де R_z – висота нерівностей профілю; h – глибина дефектного поверхневого шару; Δ_Σ – сумарне просторове відхилення поверхні; ε – похибка установки заготовки.

Визначаються елементи припуску. Середня висота мікронерівностей $R_z = 300$ мкм, глибина дефектного поверхневого шару $h = 400$ мкм.

Отже, сумарне значення R_z та h , які характеризують якість литих заготовок, складає 700 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для отворів визначається за формулою:

$$\Delta_{\text{заг}} = \sqrt{\Delta_{\text{зігн}}^2 + \Delta_{\text{екс}}^2}$$

Похибка ексцентричності литих заготовок $\Delta_{\text{екс}} = 2$ мм; похибка зігнутості литих заготовок $\Delta_{\text{зігн}} = 1,5$ мм.

$$\Delta_{\text{заг}} = \sqrt{1,5^2 + 2^2} = 2,5 \text{ мм} = 2500 \text{ мкм}$$

Остаточна величина сумарної похибки відхилення після:

- свердління складає $\Delta_{\text{свердл}} = 0,25 \cdot \Delta_{\text{заг}} = 0,25 \cdot 2500 = 625$ мкм;
- чорного розточування $\Delta_{\text{чорн}} = 0,2 \cdot \Delta_{\text{заг}} = 0,2 \cdot 2500 = 500$ мкм;
- чистового розточування $\Delta_{\text{чист}} = 0,18 \cdot \Delta_{\text{заг}} = 0,18 \cdot 2500 = 450$ мкм.

Похибка установки заготовки ε вважається рівна нулевій, оскільки за допомогою щупа вимірювальні бази співпадають з технологічними.

Визначаються розрахункові мінімальні припуски для кожного переходу:

$$2Z_{\text{свердл min}} = 2 \left((R_z + h)_{\text{заг}} + \sqrt{\Delta_{\text{заг}}^2 + \varepsilon_{\text{узенкер}}^2} \right) = 2(400 + 2500) = 5800 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{чорн min}} = 2 \left((R_z + h)_{\text{зенкер}} + \sqrt{\Delta_{\text{зенкер}}^2 + \varepsilon_{\text{учорн}}^2} \right) = 2((50 + 50) + 625) = 1450 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{чист min}} = 2 \left((R_z + h)_{\text{напівчист}} + \sqrt{\Delta_{\text{напівчист}}^2 + \varepsilon_{\text{учист}}^2} \right) = 2((30 + 35) + 500) = 1130 \text{ мкм}$$

Визначаються розрахункові припуски для кожного переходу.

$$d_{\text{р чист}} = d_{\text{чист max}} = 30,033 \text{ мм}$$

$$d_{\text{р чорн}} = d_{\text{р чист}} - 2Z_{\text{чист min}} = 30,033 - 1,130 = 28,903 \text{ мм}$$

$$d_{\text{р свердл}} = d_{\text{р чорн}} - 2Z_{\text{чорн min}} = 28,903 - 1,450 = 27,453 \text{ мм}$$

$$d_{\text{р заг}} = d_{\text{р свердл}} - 2Z_{\text{свердл min}} = 27,453 - 5,8 = 21,653 \text{ мм}$$

Визначаються допуски для кожного переходу за ГОСТ 25346-89.

$$T_{\text{заг}} = 520 \text{ мкм (IT14)}$$

$$T_{\text{свердл}} = 210 \text{ мкм (IT12)}$$

$$T_{\text{чорн}} = 84 \text{ мкм (IT10)}$$

$$T_{\text{чист}} = 33 \text{ мкм (IT8)}$$

Визначаються граничні розміри для кожного переходу.

$$d_{\text{чист max}} = d_{\text{дет max}} = 30,033 \text{ мм};$$

$$\text{Приймається } d_{\text{р чорн}} = 28,903 \text{ мм};$$

$$\text{Приймається } d_{\text{р свердл}} = 27,458 \text{ мм};$$

$$\text{Приймається } d_{\text{р заг}} = 21,658 \text{ мм}.$$

$$d_{\text{чист min}} = d_{\text{дет min}} = 30 \text{ мм}$$

$$d_{\text{чорн min}} = d_{\text{чорн max}} - T_{\text{чорн}} = 28,903 - 0,084 = 28,819 \text{ мм}$$

$$d_{\text{свердл min}} = d_{\text{свердл max}} - T_{\text{свердл}} = 27,458 - 0,210 = 27,248 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг min}} = d_{\text{заг max}} - T_{\text{заг}} = 21,658 - 0,520 = 21,138 \text{ мм}$$

Визначаються граничні значення припусків для кожного переходу.

$$2Z_{\text{чист min}} = d_{\text{чист max}} - d_{\text{чорн max}} = 30,033 - 28,903 = 1,130 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чорн min}} = d_{\text{чорн max}} - d_{\text{свердл max}} = 28,903 - 27,458 = 1,445 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{свердл min}} = d_{\text{свердл max}} - d_{\text{заг max}} = 27,458 - 21,658 = 5,8 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чист max}} = d_{\text{чист min}} - d_{\text{чорн min}} = 30,0 - 28,819 = 1,181 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чорн max}} = d_{\text{чорн min}} - d_{\text{свердл min}} = 28,819 - 27,248 = 1,571 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{свердл max}} = d_{\text{свердл min}} - d_{\text{заг min}} = 27,248 - 21,138 = 6,11 \text{ мм}$$

Виконується перевірка вірності проведених розрахунків:

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

$$8,862 - 8,367 = 0,520 - 0,033$$

$$0,495 = 0,487$$

Отже, розрахунки правильні.

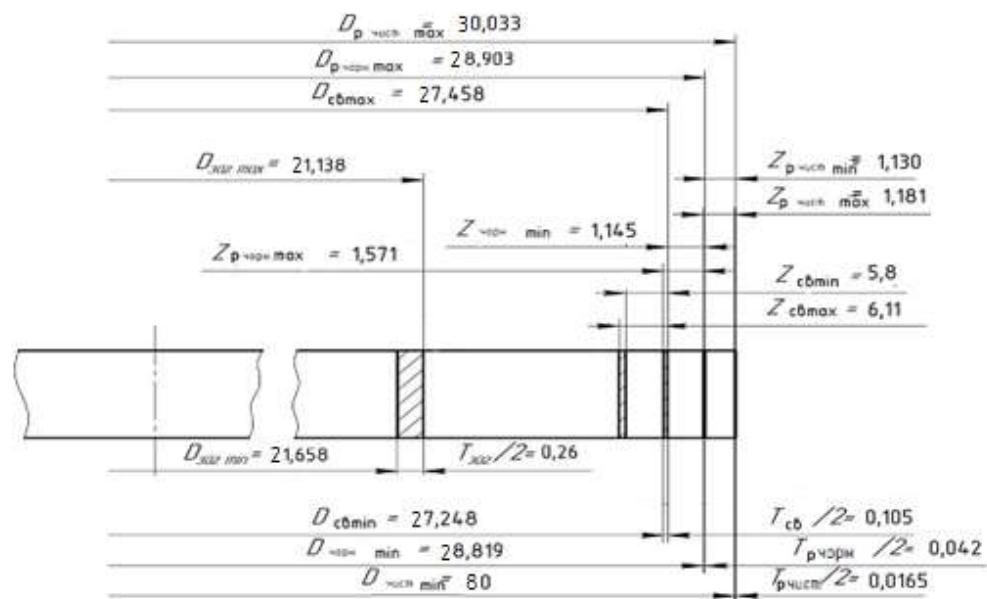
Усі розраховані значення зводяться до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8. Елементи припуску, граничні відхилення та допуски

Технологічні переходи при оброблення внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 30\text{H}8(+0,033)$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_i$ мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск T_i , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мм	
	R_z	h	Δ_Σ	ε				d_{imin}	d_{imax}	$2Z_{imin}$	$2Z_{imax}$
Заготовка	300	400	2500	0	-	21,65 8	520	21,138	21,65 8	-	-
Свердління	50	50	625	0	5800	27,45 8	210	27,248	27,45 8	5,8	6,110

Чорнове розточування	40	45	500	0	1450	28,90 3	84	28,819	28,90 3	1,14 5	1,571
Чистове розточування	20	25	450	0	1130	30,03 0	33	30	30,03 3	1,13 0	1,181
									$2Z_3$	8,07 5	8,799

Схема розташування припусків та допусків для оброблення отвору $\varnothing 30H8 Ra2,5$ показана на рис. 2.16.



2.9.2. Визначення припусків аналоговими методами

Згідно з ГОСТ 26645-85 визначаємо:

- клас розмірної точності виливка – 9;
- ступінь жолоблення елементів виливка – 6;
- ступінь точності поверхонь виливка – 15;
- клас точності маси виливка – 9;
- шорсткість поверхонь виливка $Ra\ 16,0$ мкм ;
- ряд припусків на обробку виливка – 6.

Таким чином: точність виливка 9-6-15-9 за ГОСТ 26645-85.

Визначаємо допуски, припуски та технологічних напуски для лінійних розмірів виливка деталі «Корпус» згідно ГОСТ 26645-85:

Таблиця 2.9 - Визначення допусків, припусків на оброблювані поверхні

№	Параметр	70-0,1 Ra2,5	40±0,1 Ra2,5	Ø5H8 Ra1,25	M8-7H Ra10	26^{+0.1}_{-0.2} Ra2,5	12h7 Ra2,5
1	Допуск на розмір виливка	2,20	1,80	1,10	1,20	1,80	1,40
2	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення точності розмірів деталі	Чорнова Напівчист т Чистова	Чорнова	Чорнова Напівчист т	Чорнова Напівчист т	Чорнова Напівчист Чистова	Чорнова Напівчист Чистова
3	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення необхідної шорсткості поверхонь деталі	Чорнова Напівчист т Чистова	Чорнова	Чорнова Напівчист т Чистова	Чорнова Напівчист т	Чорнова Напівчист Чистова	Чорнова Напівчист Чистова
4	Прийняте остаточне оброблення для забезпечення заданої якості поверхонь деталі	Чорнова Напівчист т Чистова	Чорнова	Чорнова Напівчист т Чистова	Чорнова Напівчист т	Чорнова Напівчист Чистова	Чорнова Напівчист Чистова
5	Загальний припуск на сторону	4,4 7,7	3,9 5,1	6,3 4,9	6,7 3,2	5,8 6,6	5,3 5,9

6	Остаточний розмір	77,7	45,1	-	-	32,6	-
---	-------------------	------	------	---	---	------	---

Продовження таблиці 2.9

№	Параметр	M10-7H Ra10	Ø35H8 Ra0,63	Ø30H8 Ra2,5	M6-7H Ra10	M5-7H Ra10	Ø20H9 Ra2,5
1	Допуск на розмір вилівка	1,20	1,80	1,80	1,10	1,10	1,60
2	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення точності розмірів деталі	Чорнова Напівчист	Чорнова Напівчист Чистова	Чорнов а Напівч ист Чистова	Чорнова Напівчист	Чорнова Напівчист	Чорнова Напівчист Чистова
3	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення необхідної шорсткості поверхонь деталі	Чорнова Напівчист	Чорнова Напівчист Чистова	Чорнов а Напівч ист Чистова	Чорнова Напівчист	Чорнова Напівчист	Чорнова Напівчист Чистова
4	Прийняте остаточне оброблення для забезпечення заданої якості поверхонь деталі	Чорнова Напівчист	Чорнова Напівчист Чистова	Чорнов а Напівч ист Чистова	Чорнова Напівчист	Чорнова Напівчист	Чорнова Напівчист Чистова
5	Загальний припуск на сторону	3,2	6,6	8,1	3,0	3,0	4,8 6,4

6	Остаточний розмір	-	Ø28,4	Ø21,9	-	-	Ø13,6

2.10. Визначення режимів різання

2.10.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом

Розрахунок режиму різання для свердління отвору Ø20H12 Ra10

Вихідні дані:

- Оброблюваний матеріал – сталь легована 40ХНЛ;
- Устаткування –Горизонтальний оброблюючий центр HAAS EC-400;
- Інструмент –свердло з кутом при вершині $2\varphi = 140^\circ$, кутом нахилу гвинтових канавок $\varphi = 22,5^\circ$, кутом нахилу поперечної кромки $\psi = 55^\circ$ та твердосплавною ріжучою частиною зі сплаву ВК8. Діаметр свердла $D = 20$ мм.

Глибина різання h під час свердління дорівнює половині діаметра D обробленого отвору:

$$h = \frac{D}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ мм}$$

Призначаємо подачу користуючись рекомендаціями методологічної літератури:

$$S = 0,3 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання при свердлінні:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{17,1 \cdot 20^{0,4}}{20^{0,2} \cdot 0,3^{0,5}} \cdot 0,644 = 39,13 \text{ м/хв}$$

де значення коефіцієнта $C_v = 17,1$, показники степенів $q = 0,4; m = 0,2; y = 0,5$;

D – діаметр свердла, мм; $T = 20$ – період стійкості свердла, хв;

S – подача, мм/об; K_v – поправочний коефіцієнт, що враховуємо зміну умов обробки по відношенню до табличних та розраховується за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 1,11 \cdot 0,83 \cdot 0,7 = 0,644$$

де K_{mv} - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу: $K_{mv} = 1,11$

K_{uv} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{uv} = 0,83$;

K_{lv} - коефіцієнти, який враховує глибину просвердлюваного отвору, $K_{lv} = 0,7$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 39,13}{3,14 \cdot 20} = 633 \text{ об/хв}$$

Крутний момент та осьову силу різання, при свердлінні розраховують за наступними формулами:

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_p = 10 \cdot 0,034 \cdot 20^{2,0} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,845 = 43,78 \text{ Нм}$$

$$P_o = 10 \cdot C_P \cdot D^{q_P} \cdot S^{y_P} \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 20^{1,0} \cdot 0,3^{0,7} \cdot 0,845 = 4941,5 \text{ Н}$$

$$\text{Визначаємо потужність різання: } N = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{43,78 \cdot 633}{9750} = 2,84 \text{ кВт}$$

$$\text{Визначаємо час оброблення: } T_o = \frac{L}{S_o} = \frac{L}{S_o \cdot n} = \frac{105}{0,3 \cdot 2354} = 0,14 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 10.2

Таблиця 2.10 – Розраховані режими різання для чорнового фрезерування

h , мм	S , мм/об	V , м/хв	n , об/хв	P_o , Н	M , Н·м	N , кВт	T_o , хв
10	0,3	39,13	633	4941	43,78	2,84	0,14

Розрахунок режиму різання для розточування отвору Ø30H8 Ra2,5

Вихідні дані:

- оброблюваний матеріал – сталь легована 40ХНЛ;
- обладнання – горизонтально-обробляючий центр з ЧПК HAAS EC-400;
- інструмент – розточувальний різець зі змінною багатогранною пластиною з твердого сплаву ($\varphi = 93^\circ$; $\varphi_1 = 27^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $r = 1$);
- глибина різання приймається рівною припуску на сторону $h = 2,2$ мм;

- за глибиною різання та типом оброблення із довідкових матеріалів обирається подача $S = 0,15$ мм/об.

Відповідно до умов оброблення, швидкість різання, яка допускається характеристиками різального інструмента для токарного оброблення та прийнятого періоду стійкості інструмента, визначається за формулою:

$$[V]_i = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot h^x \cdot S^y},$$

де C_v – коефіцієнт пропорційності, який враховує вплив всіх факторів процесу оброблення за винятком глибини різання, подачі та періоду стійкості інструмента, а саме: фізико-механічних характеристик оброблюваного матеріалу, фізико-механічних характеристик інструментального матеріалу, геометричних параметрів різальної частини інструмента; наявності ЗМОТС при обробленні для стандартних умов проведення досліджень при встановленні його чисельного значення, $C_v = 420$;

K_v – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив всіх наведених параметрів для конкретних умов оброблення, $K_v = 1,53$;

T – період стійкості різального інструмента, $T = 40$ хв;

h – глибина різання, $h = 1,5$ мм;

S – подача інструмента, $S = 0,15$ мм/об.;

x, y – показники степеню, що виражають вплив глибини різання та подачі відповідно на допустиму швидкість різання, $x = 0,15$; $y = 0,20$;

m – показник відносної стійкості, $m = 0,20$.

Поправочний коефіцієнт K_v дорівнює $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi_{1v}} \cdot K_{rv}$, де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки (для алюмінієвих сплавів $K_{mv} = 1,19$); K_{nv} – коефіцієнт, що враховує характер поверхні заготовки (для сталевих литва $K_{nv} = 0,85$); K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента ($K_{uv} = 2,5$); $K_{\varphi v}$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані φ ($K_{\varphi v} = 0,7$); $K_{\varphi_{1v}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив допоміжного кута в плані φ_1 ($K_{\varphi_{1v}} = 0,92$); K_{rv} – коефіцієнт, що враховує вплив радіуса вершини різця ($K_{rv} = 0,94$).

$$K_v = 1,19 \cdot 0,85 \cdot 2,5 \cdot 0,7 \cdot 0,92 \cdot 0,94 = 1,53$$

Тоді

$$[V]_i = \frac{420 \cdot 1,53}{40^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} = 426 \text{ м/хв}$$

Визначається розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot [V]_i}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 426}{\pi \cdot 30} = 4522 \text{ об./хв.}$$

Приймається $n = 4500$ об./хв.

Уточнюємо дійсну швидкість різання $V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 847,8$ м/хв.

Визначається час оброблення:

$$T_0 = \frac{L}{S_{\text{хв}}} = \frac{l_{\text{х.і.}} + l_{\text{вріз.}} + l_{\text{перебігу}}}{S \cdot n} = \frac{60}{0,15 \cdot 4500} = \frac{60}{675} = 0,1 \text{ хв.}$$

Визначається головна складова сили різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot h^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

де K_{mp} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки (для сталей $K_{mp} = 0,8$); $K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – коефіцієнти, що враховують геометричні параметри різальної частини: $K_{\varphi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 0,93$.

$$K_p = 0,8 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,66$$

Тоді

$$P_z = 10 \cdot 400 \cdot 1,5^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 426^0 \cdot 0,66 = 445,5 \text{ Н}$$

Потужність різання визначається за наступною формулою:

$$N = P_z \cdot V / (1020 \cdot 60) = 3,10 \text{ кВт}$$

Результати заносяться до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11. Режими різання для оброблення отвору ДКБ10.

h , мм	S , мм/об.	V , м/хв	n , об./хв.	T_0 , хв	P_z , Н	N , кВт
1,5	0,15	426	4522	0,1	455,5	3,10

2.10.2 Визначення режимів різання аналоговими методами

Таблиця 2.12 – Режими різання на технологічних переходах

№ Опер.ії	№ Перех.	h , мм	S_z , мм / зуб	S_o , мм / об	$S_{хв}$, мм / хв	V , м/хв	n , об/хв
1	2	3	4	5	6	7	8
005	01	5,1	0,2	0,2	564	310	3100
	02	4,62	0,4	0,17	1620	375	1190
	03	1,925	0,5	0,25	2440	377	1200
	04	1,155	0,41	0,125	1970	375	1190
	05	2,5	-	0,01	80	17	950
	06	7	-	0,3	1400	176	4660
	07	1,5	-	0,18	2160	150	7900
	08	2,5	-	0,3	1400	176	4660

	09	2	-	0,18	2160	151	8000
	10	2,5	-	0,3	565	40	1500
	11	2,5	-	0,3	565	40	1500
	12	2,5	-	1	250	4,71	250
	13	3	-	1	250	4,71	250
010	01	3	0,45	2,25	3690	275	1630
	02	10	-	0,3	190	40	633
	03	1,5	-	0,15	678	426	4522
	04	1	-	0,2	800	425	4000
	05	4	0,4	2	3700	275	1850
	06	1	0,25	1,25	2000	300	1600
	07	5,73	-	0,3	1200	350	4000
	08	1,76	-	0,16	625	430	3900
	09	0,5	-	0,1	225	250	2250
	10	3	-	0,08	265	200	3300
	11	0,7	-	0,12	400	200	3300

Продовження таблиці 2.12

№ Опер.іі	№ Перех.	h , мм	S_z , мм / зуб	S_o , мм / об	$S_{xв}$, мм / хв	V , м / хв	n , об / хв
1	2	3	4	5	6	7	8
015	1	2,5	0,33	2,31	3500	330	1500
	2	0,5	0,22	1,54	2500	340	1600
	3	7	0,03	0,12	1150	185	11000
	4	2,5	0,33	2,31	3500	330	1500

	5	0,5	0,22	1,54	2500	340	1600
	6	4	0.35	3.5	1350	375	800
	7	12	0.08	0.4	1650	180	4000
	8	2,5	-	0,01	80	17	950
	9	4.5	-	0.3	1890	200	6300
	10	2	-	0.2	2400	150	7900
	11	3.5	-	0.2	1800	200	8000
	12	4,5	-	0,3	565	40	1500
	13	3,5	-	0,25	390	42	1550
	14	4.5	-	0,3	750	100	2500
	15	5	-	0,35	440	70	1750
	16	4	-	0,25	500	50	2250

2.11. Нормування технологічного процесу

Визначимо норму часу, що приходить на операцію 005 «Вертикально-фрезерна з ЧПК» при обробленні деталі «Корпус».

Норма часу штучного визначається за наступною формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обс} + T_{пп},$$

де $T_{оп}$ - оперативний час оброблення, хв.;

$$T_{оп} = T_o + T_{доп},$$

де T_o - основний час оброблення, хв.;

$T_{доп}$ - допоміжний час роботи, хв., визначається за формулою :

$$T_{доп} = T_{в.з} + T_{з.р} + T_{уп} + T_{вим} + T_{ц}$$

де $T_{обс}$ - час на обслуговування робочого місця, хв.; визначається за формулою ;

$T_{пп}$ - час планових перерв, хв.;

$T_{вз}$ - час на установку та зняття деталі, хв.;

$T_{з.р}$ - час на закріплення та розкріплення деталі, хв.;

$T_{уп}$ - час на прийом керування обладнанням, хв.;

$T_{вим}$ - час на контрольні виміри, хв.;

$T_{ц}$ - час на зміну інструмента:

зміна інструмента відбувається за 0,2 хв;

Допоміжний час для всієї операції:

$$T_{доп.} = 0,15 + 0,2 + 0,01 + 0,18 + 0,2 = 0,74 \text{ хв},$$

де $T_{в.з}$ - 0,15 хв.; $T_{зр}$ = 0,2 хв; $T_{уп}$ = 0,01 хв; $T_{вим}$ = 0,18 хв; $T_{ц}$ = 0,2 хв.

Основний час оброблення для всієї операції: $T_o = 4,72$ хв Отже, оперативний час складає:

$$T_{оп} = 4,72 + 0,74 = 5,46 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{обс} = T_{ех.} + T_{орг}$$

де $T_{ех}$ - час на технічне обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{орг}$ - час на організаційне обслуговування робочого місця, хв.

$$T_{обс} = 2 + 0,076 = 2,076 \text{ хв},$$

де $T_{тех.}$ = 2 хв; $T_{орг}$ = 1,4% від $T_{оп}$.

Час планових перерв $T_{пп}$ визначається як 8% від T_o , тобто він становить 0,37 хв.

$$T_{шт} = 5,46 + 2,076 + 0,37 = 7,89 \text{ хв}$$

Для решти операцій норми часу розраховуються за тим же самим принципом. результати нормування зведемо до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 - Зведена таблиця технічної норми часу для технологічного процесу виготовлення деталі “Кришка”

Операція	T_o	$T_{доп}$					$T_{оп}$	$T_{обс}$		$T_{пп}$	$T_{шт}$
		$T_{вз}$	$T_{зр}$	$T_{уп}$	$T_{вим}$	$T_{ц}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$		
005	4,72	0,15	0,2	0,01	0,18	0,2	5,46	2	0,076	0,37	7,89
010	2,04	0,15	0,2	0,01	0,18	0,2	2,78	2	0,038	0,16	4,98

015	4,65	0,15	0,2	0,01	0,18	0,2	5,39	2	0,075	0,37	7,83
-----	------	------	-----	------	------	-----	------	---	-------	------	------

2.12. Визначення кількості інструменту

За допомогою онлайн-калькулятора CoroPlus ToolGuide Sandvik Coromant

було проведено онлайн дослідження та визначено стійкість інструменту в процесі

обробки.

The screenshot displays the input section of the CoroPlus ToolGuide calculator. It includes a top navigation bar with tabs for 'Условия обработки' (Processing conditions), 'Стабильность крепления' (Clamping stability), 'Состояние поверхности заготовки' (Workpiece surface condition), and 'Плохие условия' (Poor conditions). The main input area contains:

- Плоская поверхность** (Flat surface) icon.
- Материал** (Material): Низколегированная сталь P2.1.ZAN • 175 HB, with a material code 'P' in a blue box.
- Многоцелевой станок 02 - Боль...** (Multi-purpose machine 02 - Large...), with specifications: 45 kW, 1000 1/min and 30 kW, 8000 1/min.
- Параметры обработки** (Processing parameters): DEPTH/ГЛУБИНА 5,1 mm, WIDTH/ШИРИНА 75 mm, LENGTH/ДЛИНА 210 mm, and DC/ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ Не установлено.
- A blue button labeled **Получить результаты** (Get results).

A 3D model of a rectangular workpiece is shown to the right of the input fields.

Рис 2.17. Задання умов обробки

The screenshot displays the output section of the CoroPlus ToolGuide calculator. It includes a dropdown menu for 'Тип операции' (Operation type) set to 'Черновая обработка' (Rough processing). Below this are input fields for 'Глубина элемента обработки' (Processing element depth) set to 5,1 mm, 'Ширина' (Width) set to 75 mm, and 'Длина' (Length) set to 210 mm. To the right, a 3D model of a rectangular workpiece is shown with a yellow highlight indicating the 'DEPTH' of the operation.

Рис 2.18. Вихідні дані

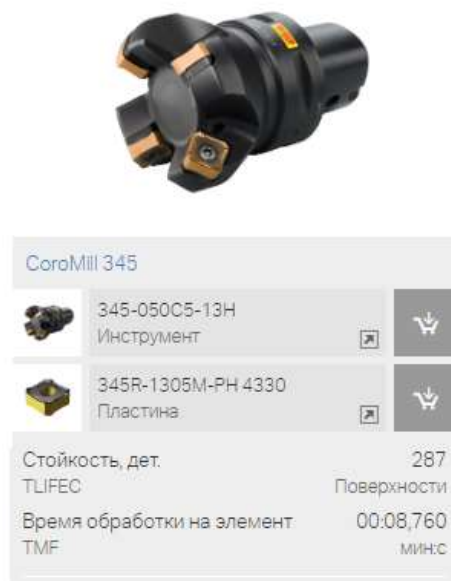


Рис 2.19. Результат

З рисунка видно, що стійкість даного інструменту складає $T = 287$ деталей.

Річна програма випуску деталей $N = 6000$ шт./рік.

Отже, отримуємо що необхідна к-сть інструменту (фрез) $Q = N/T = \frac{6000}{287} = 20,91 \sim 21$

Всі наступні розрахунки занесені в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 Стійкість інструменту для операції 005

№ інструм.	Найменування	T, дет.	Q, шт.
T01	Торцева фреза	287	210
T02	Канавкова фреза	55,6	1080
T03	Свердло	6040	10
T04	Свердло	4670	13
T05	Зенкер	6370	10
T06	Мітчик	25300	3

T07	Свердло	6022	10
T08	Свердло	4096	15
T09	Зенкер	6521	10
T10	Мітчик	21700	3

Таблиця 2.15 Стійкість інструменту для операції 010

№ інструм.	Найменування	T, дет.	Q, шт.
T01	Фреза для обробки прямокутних уступів	834	8
T02	Свердло	478	2
T03	Розточний різець	210	3
T04	Розточний різець	198	4
T05	Фреза для обробки прямокутних уступів	834	8
T06	Розточний різець	207	30
T07	Розточний різець	190	32
T08	Канавковий різець	10700	1
T09	Канавковий різець	6420	1

Таблиця 2.16 Стійкість інструменту для операції 015

№ інструм.	Найменування	T, дет.	Q, шт.
T01	Торцева фреза	362	166

T11	Кінцева фреза	37	1622
T01	Торцева фреза	100	600
T12	Канавкова фреза	883	68
T13	Кінцева фреза	495	122
T14	Свердло	8950	7
T15	Свердло	3970	16
T16	Свердло	10400	6
T17	Зенкер	6350	10
T18	Зенкер	5200	12
T19	Розвертка	4850	13
T20	Мітчик	2730	22
T21	Мітчик	2720	23

3. ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

3.1. Обґрунтування системи верстатних пристроїв (для верстатів з ЧПК)

Верстатні пристосування (ВП) є одними з основних елементів оснащення металообробного виробництва, що дозволяють ефективно використовувати верстати у виробничому процесі. Використання пристосувань дає можливість спеціалізувати та налагодити верстати на задані процеси обробки, що забезпечують виконання технологічних умов та економічно рентабельну продуктивність. Пристосування з механічним керуванням в багатьох випадках дозволяють автоматизувати процеси закріплення та звільнення деталей, що наближає верстати з такими пристосуваннями до умов роботи спеціалізованого обладнання. Відповідно до вимог ЄСТПП розрізняють три види ВП:

- спеціальні (одноцільові, не переналагоджувані);
- спеціалізовані (вузькоцільові, обмежено переналагоджувані);
- універсальні (багатоцільові, широко переналагоджувані).

А також сім стандартних систем ВП:

- універсально – збірні (УЗП);
- збірно – розбірні (ЗРП);
- універсальні безналагоджувальні (УБП);
- нерозбірні спеціальні (НСП);
- універсальні налагоджувальні (УНП);
- спеціалізовані налагоджувальні (СНП);
- агрегатні засоби механізації затиску (АЗМЗ).

Трудомісткість і тривалість циклу технологічної підготовки виробництва, а також собівартість продукції можна зменшити за рахунок застосування стандартних систем ВП, скоротивши трудомісткість, терміни і витрати на проектування і виготовлення ВП. В умовах серійного виробництва найбільш вигідні системи УЗП, ЗРП, УНП, СНП і інші ВП багаторазового застосування.

Точність обробки деталей за параметрами відхилень розмірів, форми і розташування поверхонь збільшується в середньому на 20...40%, за рахунок застосування точних, надійних та таких ВП, що мають достатню власну жорсткість та контактну твердість, зі зменшеними деформаціями заготівель та стабільними силами закріплення. Застосування ВП дозволяє обґрунтовано знизити вимоги до кваліфікації верстатників основного

виробництва (у середньому на один – два розряд), об'єктивно регламентувати тривалість виконуваних операцій, розширити технологічні можливості устаткування

3.2 Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв

3.2.1 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв

3.2.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкції верстатного пристрою для операції 010

Пристрій призначений для базування і закріплення заготовки на операції 010. Передбачається встановлення пристрою на поворотний стіл багатоцільового верстату з ЧПУ верстат HAAS EC-400. Попередньо оброблена заготовка на операції 010 встановлюється на поворотний стіл на 2 пальці: циліндричний та зрізаний. Пристрій з ручним затиском.

Прийнята схема базування для операції 010 передбачає базування по площині та прилеглим до неї двом отворам. Така схема базування позбавляє заготовку 6 ступенів вільності.

Матеріал деталі – сталь 40ХНЛ.

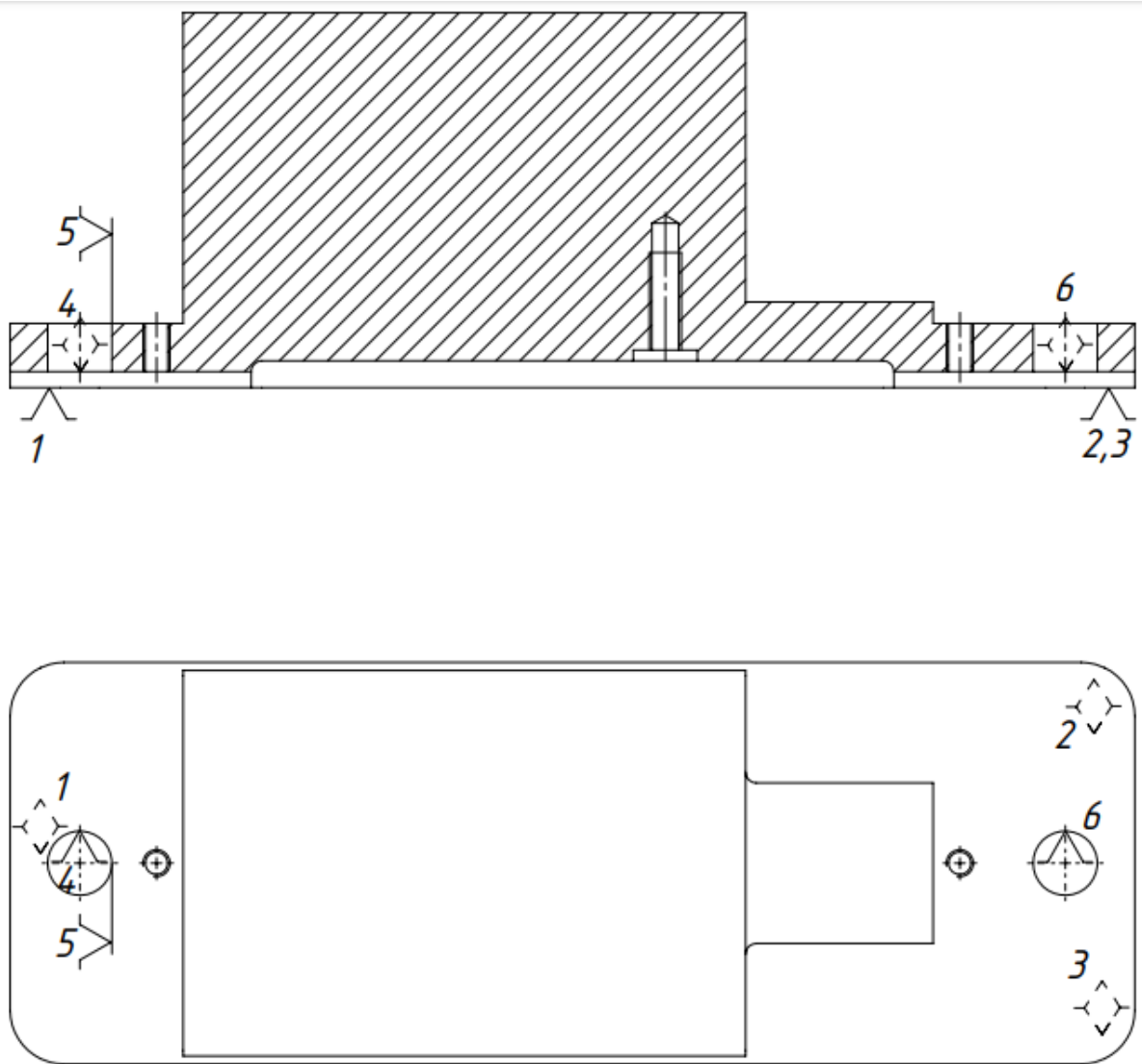


Рисунок 3.1- Схема базування деталі в пристрої

3.2.2 Послідовність розроблення конструкцій верстатних пристроїв

У відповідності до існуючих алгоритмів, проводимо розроблення конструкцій пристроїв: опрацьовуємо всі варіанти схем установки заготовок в пристрої і для найпростішої технічної реалізації обираємо конструкції установочних елементів пристрою; розроблюємо розрахункову схему сил і моментів, що діють на заготовку під час обробки, розраховуємо силу для гарантованого закріплення заготовки; розроблюємо схему затискного механізму і визначаємо його основні параметри; обираємо інші елементи пристрою; розробляємо ескіз загального виду пристрою, його принципову схему; виконуємо розрахунки пристрою на точність; розраховуємо на міцність (жорсткість) найслабші та найбільш навантажені ланки пристрою [2].

3.3 Теоретичні та методичні основи проектування верстатних пристроїв

3.3.1 Розрахунок похибок базування

3.3.1.1 Розрахунок похибки базування для операцій 010

Заготовка у пристрої устанавлюється на один циліндричний і один зрізаний установочні пальці. Заготовка встановлюється на пальці із зазором, через що може виникати похибка. Для визначення похибки базування необхідно визначити величину:

- граничного зсуву деталі;
- граничного повороту деталі;

Визначення граничного зсуву:

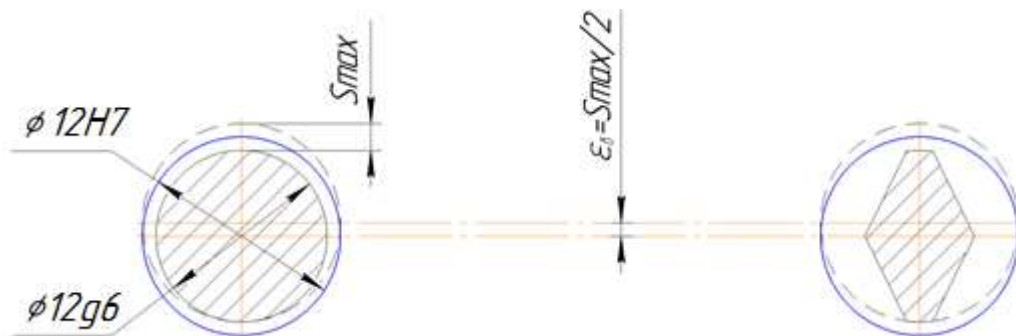


Рисунок 3.2- Схема визначення граничного зсуву деталі

Базування даної деталі виконується на площину і два пальці із посадкою $\phi 12 \frac{H7}{g6}$. Враховуючи спосіб базування, похибку базування можна визначити як:

$$\epsilon_{\delta} = \frac{S_{\max}}{2} = \frac{S_{\min} + IT_{\text{отв}} + IT_{\text{пальця}}}{2}$$

де $S_{\min}$ – мінімально можливий зазор в посадці;

Для по посадки $\phi 12 \frac{H7}{g6}$:

$$\epsilon_{\delta} = \frac{5+11+15}{2} = 15,5 \text{ (мкм)}$$

Визначення граничного повороту:

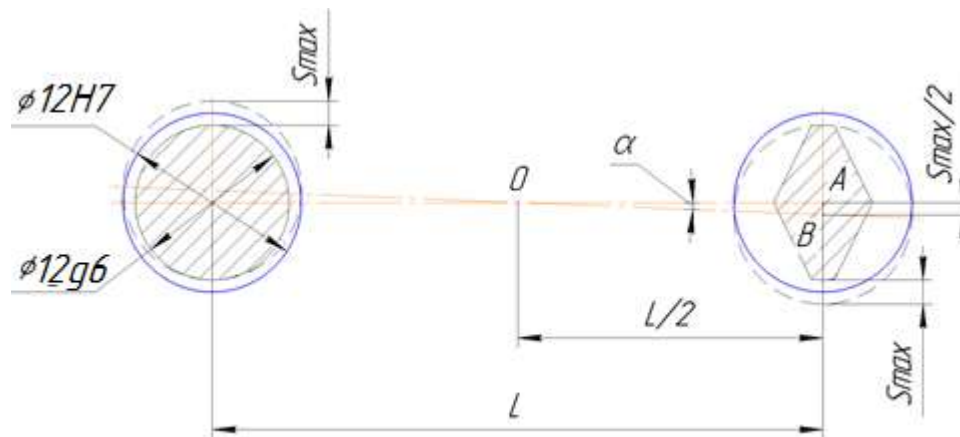


Рисунок 3.3- Схема визначення граничного повороту деталі

Із побудови отримуємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{AB}{AO} = \frac{\frac{S_{\max}}{2}}{\frac{L}{2}} = \frac{S_{\max}}{L} = \frac{0,031}{184} = 0,00015$$

Граничний кут повороту:

$$\alpha = 0^{\circ}0'1,11''$$

За такого кута повороту різьбові отвори, розташовані на відстані 184мм від центру повороту будуть зміщені на величину $184 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 184 \cdot 0,00015 = 0,0276$ мм, що менше допуску на просторове розташування отворів в деталі.

3.3.2 Визначення похибок закріплення верстатного пристрою

3.3.2.1 Визначення похибки закріплення верстатного пристрою для операції 010

Для установки на установочні штирі з плоскою головкою похибка закріплення розраховується за формулою:

$$\varepsilon_z = \left[(K_{R_z} \cdot R_z + K_{HB} \cdot HB) + 0,4 + 0,045F \right] \frac{Q^n}{F^m}$$

де HB - твердість матеріалу заготовки, $HB = 224 \text{ кгс} / \text{мм}^2$;

Q - сила, що діє по нормалі до опори, $Q = 193 \text{ кгс}$;

F - площа контакту опори з заготовкою, для установочних штирів діаметром 12мм, $F = 0,942 \text{ см}^2$;

R_z - шорсткість поверхні заготовки, $R_z = 2,5 \text{ мкм}$;

$n = m = 0,7$;

$K_{R_z} = 0,004$;

$K_{HB} = -0,0016$;

$$\varepsilon_3 = \left[(0,004 \cdot 2,5 - 0,0016 \cdot 224) + 0,4 + 0,045 \cdot 0,942 \right] \frac{193^{0,7}}{942^{0,7}} = 16,14 \text{ (мкм)}$$

3.3.3 Послідовність проектного розрахунку верстатного пристрою

Методика проектного розрахунку верстатних пристроїв включає в себе виконання наступних етапів:

1. Підготовку вихідних даних для проектування;
2. Розроблення компоновки пристрою;
3. Розрахунок пристрою на точність;
4. Розрахунок необхідної сили затиску;
5. Розрахунок силових механізмів;

Не дивлячись на лінійність викладеної методики, процес проектування і розрахунку часто таким не являється. Проектний розрахунок пристроїв це – ітераційний процес, в якому повернення до попередніх етапів може відбуватися, наприклад, для уточнення схеми установки, зміни вимог до елементів пристрою тощо.

3.4 Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв

3.4.1 Розрахунок необхідної сили затиску Q

3.4.1.1 Розрахунок необхідної сили затиску Q для операцій 010

Під час фрезерування під дією колової сили різання може відбуватися зміщення заготовки в напрямку дії цієї сили. Даній силі протидіють сила тертя в місці закріплення заготовки. Схема дії сил зображена на рисунку 2.3.

Сила різання при фрезеруванні на даній операції:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 3^{0,86} \cdot 0,45^{0,72} \cdot 52^1 \cdot 3}{32^{0,86} \cdot 1630^0} \cdot 1 = 1254 \text{ Н}$$

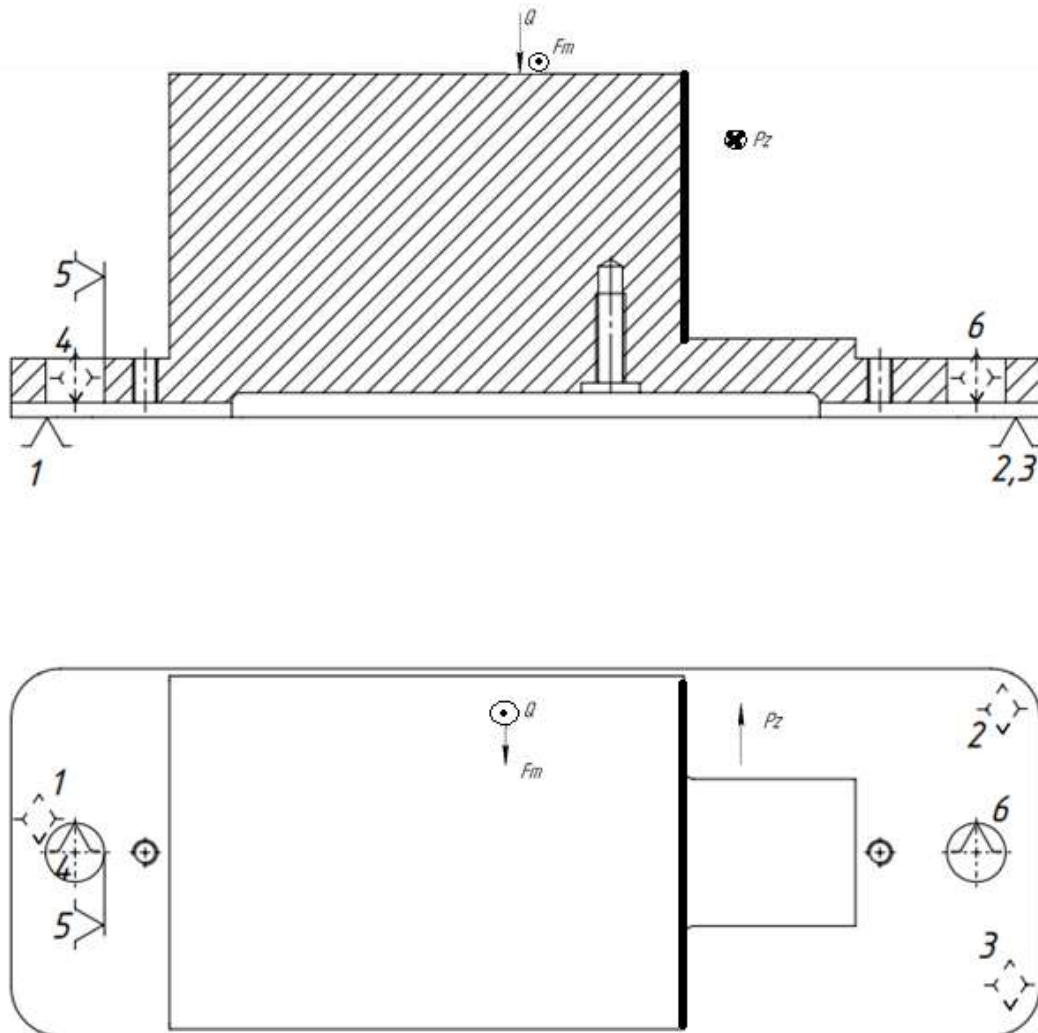


Рисунок 3.4- Схема дії сил

Для розрахунку приймаємо наступні припущення:

- Вагу заготовки не враховуємо;

- Всі елементи пристрою абсолютно жорсткі;
- Установочні елементи не сприймають силу різання;

З умови рівноваги визначаємо мінімальну силу затиску $Q_{\min}$ через силу тертя F_m :

$$\sum F_x = 0 \parallel F_m - P_z = 0$$

$$F_m = P_z$$

де F_m - сила тертя, $F_m = \mu \cdot Q_{\min}$;

μ - коефіцієнт тертя, для пари тертя сталь-сталь $\mu = 0,8$;

Маємо:

$$Q_{\min} = \frac{P_z}{\mu} = \frac{1254}{0,8} = 1567,5 \text{ Н}$$

Приймаємо: $Q_{\min} = 1570 \text{ Н}$

Для визначення сили, необхідної для надійного закріплення, вводимо 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 $k_5 = 1,0$;

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

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

$$Q = k \cdot Q_{\min} = 3,6 \cdot 1570 = 5625 \text{ Н}$$

3.4.2 Силовий механізм пристрою

В якості затискного пристрою використовується тримач поворотний (з ексцентриковим важелем). Тримач виготовлений з вуглецевої сталі.

Поворотні затискачі переважно використовуються там, де точки затиску повинні бути вільні для встановлення і зняття деталей.



Рис.3.5 Затискач поворотний (KIPP K0927)

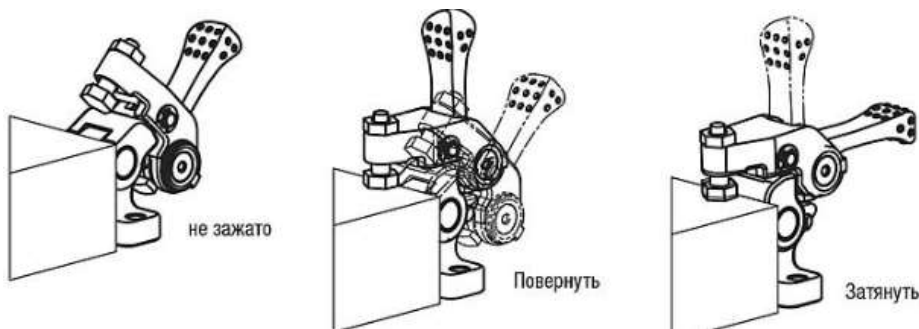
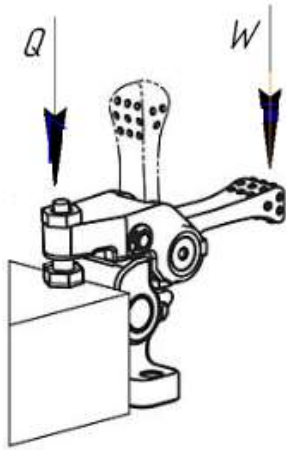


Рис.3.6 Схема затиску пристрою

Із специфікації KIPP «Тримач К 0927» знаходимо, що:

Допустиме зусилля, прикладене до важеля становить $W = F_{\text{доп}} = 150 \text{ Н}$.

Затиске зусилля становитиме: $Q = 1100 \text{ Н}$.



4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Розрахунок основних техніко-економічних показників

Початкові дані: Устаткування – НААС ЕС-400, Ціна = 7 644 000 грн.

Нуст=22.4 кВт, тшк= 12,87 хв.

Устаткування – НААС VF-2, Ціна = 2 080 000, Нуст=22.4 кВт, тшк= 7,83 хв

4.1 Визначення необхідного технологічного устаткування

В умовах малосерійного виробництва виробництва розрахункове число верстатів $n_{срі}$ по кожному виду визначається по формулі:

$$n_{срі} = \frac{A_{рік} \cdot t_{шт.к.і}}{60 F_d \cdot k_{вн}},$$

де $A_{рік}$ — річна програма випуску деталей: 6500 шт.;

$t_{шт.к.і}$ — штучно-калькуляційний час обробки деталей на i -ом виді устаткування, год;

F_d - дійсний річний фонд часу роботи устаткування, ч;

$k_{вн}$ — середній коефіцієнт виконання норм (приймається з діапазону 1,0...1,2). Дійсний річний фонд часу роботи одиниці устаткування визначається по формулі:

$$F_d = F_{реж} \cdot (1 - \alpha/100)$$

де $F_{реж}$ - режимний фонд часу роботи одиниці устаткування в рік, ч;

α - відсоток простою устаткування в планово - попереджувальному ремонті по відношенню до режимного фонду часу.,

Режимний фонд $F_{реж}$

$$F_{реж} = n_{зм} \cdot (t_{см} N_{дн.р.} - t_{п} N_{дн.г.})$$

де $n_{зм}$ — число робочих змін;

$$n_{см} = 1;$$

$t_{см}$ – тривалість робочого часу;

$t_{см} = 8$ годин;

$t_{п}$ – кількість неробочих годин в передсвяткові дні; $t_{п} = 1$ час;

$N_{дн.р.}$ – кількість робочих днів на рік;

$N_{дн.р.} = 254$;

$N_{дн.г.}$ – кількість передсвяткових днів;

$N_{дн.г.} = 4$

Підставляємо у формулу $F_{реж} = 1 \cdot (8 \cdot 254 - 1 \cdot 4) = 2028$ годин. Набутого значення підставляємо у формулу

$F_{д} = 2028 \cdot (1 - \alpha / 100)$ α приймаємо 5%, тоді $F_{д} = 2028 \cdot (1 - 5 / 100) = 1927$ годин.

Визначаємо розрахункову кількість верстатів по формулі :

$$n_1 = \frac{6500 \cdot 12,87}{60 \cdot 1927 \cdot 1,2} = 0.61$$

$$n_1 = \frac{6500 \cdot 7,83}{60 \cdot 1927 \cdot 1,2} = 0.37$$

Собівартість продукції є одним з найважливіших показників діяльності підприємства, який комплексно характеризує сутність використання усіх ресурсів, рівень технічного розвитку виробництва, досконалість системи управління та значною мірою визначає кінцеві результати діяльності підприємства – прибуток та рентабельність [4].

Сировина та матеріали

Витрати на придбання матеріалів обчислюються на підставі норм їх витрат і цін з урахуванням транспортно-заготівельних затрат:

$$C_{м} = k_{тз} \cdot q_{м} \cdot Ц_{м} = 1,08 \cdot 4,7 \cdot 44,60 = 226,40(\text{грн/шт}),$$

де $q_{м}$ – норма витрат матеріалу на одиницю продукції, $q_{м} = 4,7$ кг/шт;

$Ц_{м}$ – ціна 1 кг матеріалу, $Ц_{м} = 44,60$ грн;

$k_{мз}$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати.

Приймаємо для розрахунку $k_{мз}=1,08$.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 Витрати на матеріали

Матеріал	Стандарт	Одиниця виміру	Норма витрат на виріб	Ціна одиниці, грн	Сума, грн/шт
Сталь 40ХЛ	ГОСТ 4543-71	кг/шт	4,7	44,60	226,40
Транс.-заготів. витрати					72,7
Всього:					299,1

Зворотні відходи

Залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів та інших видів матеріальних ресурсів вираховуються із загальної суми матеріальних витрат:

$$C_B = q_B \cdot C_B = 1 \cdot 20 = 20(\text{грн/шт}),$$

де q_B – кількість зворотних на одиницю продукції, $q_B = 1$ кг/шт;

C_B – ціна одиниці зворотних відходів, $C_B = 20$ грн/кг.

Паливо й енергія на технологічні цілі

До цієї сатті відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються в процесі виробництва продукції.

Витрати на електроенергію та технологічні цілі $C_{\text{ен}}$ на рік розраховуються за формулою:

$$C_{\text{ен}} = \Pi_{\text{ен}} \cdot n_o \cdot N_{\text{в}} \cdot T_{\text{р}} \cdot k_{\text{ев}} \cdot k_{\text{еп}} = 1,72 \cdot 2 \cdot 22,4 \cdot 2000 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \\ = 104796,16(\text{грн}),$$

де $\Pi_{\text{ен}}$ – тарифи за одну кВт-год електроенергії, $\Pi_{\text{ен}} = 1,72$ грн;

n_{oi} – кількість встановленого обладнання i -го виду, де електроенергія використовується як технологічна, $n_{oi} = 2$;

$N_{\text{ві}}$ – встановлена потужність обладнання i -го виду, $N_{\text{ві}} = 22,4$ кВт;

$T_{\text{рі}}$ – річний корисний фонд часу роботи обладнання, $T_{\text{рі}} = 2000$ годин;

$k_{\text{вві}}$ – коефіцієнт використання електрообладнання за часом, $k_{\text{вв}} = 0,85$;

$k_{\text{впі}}$ – коефіцієнт використання електрообладнання за потужністю, $k_{\text{вп}} = 0,8$.

Розподіл цих витрат на одиницю продукції $C_{\text{вно}}$ розраховується за формулою:

$$C_{\text{вно}} = C_{\text{ен}} / Q = 104796,16 / 6500 = 16,1(\text{грн/шт}),$$

де Q – обсяг виробництва, $Q = 6500$ шт.

Основна заробітна плата

Витрати за цією статтею розраховуються за кожним видом робіт (операцій) залежно від норми часу та погодинної тарифної ставки робітників:

$$C_{\text{з.о}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{ті}} t_{\text{ші}} = +70 \cdot \frac{(74,2)}{60} = 86,56 (\text{грн/шт}),$$

де $C_{\text{ті}}$ – погодинна тарифна ставка для i -го виду робіт (операцій), грн;

$t_{\text{ші}}$ – норма часу для i -го виду робіт (операцій), н-годин. Приймаємо $C_{\text{т}} = 70$ грн для оператора багатоцільового верстату з ЧПК.

Додаткова заробітна плата

Витрати за цією статтею визначаються у відсотках до основної заробітної плати. Приймаємо норматив додаткової заробітної плати у розмірі 30%:

$$C_{з.д} = C_{з.о} \cdot 0,3 = 86,56 \cdot 0,3 = 25,97(\text{грн/шт}).$$

Нарахування на заробітну плату

Відповідно до Закону України «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування» підприємства, установи та організації є платниками єдиного внеску. Єдиний внесок нараховується на суму нарахованої заробітної плати за видами виплат, які включають основну та додаткову заробітну плату, інші заохочувальні та компенсаційні виплати, у тому числі в натуральній формі, що визначаються відповідно до Закону України «Про оплату праці» та суму винагороди фізичним особам за виконання робіт (надання послуг) за цивільно-правовими договорами [4].

Норматив єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування складає 38,11% (для 45 класу професійного ризику виробництва):

$$C_{стр} = (C_{з.д} + C_{з.о}) \cdot 0,3811 = (25,97 + 86,56) \cdot 0,3811 = 42,89(\text{грн/шт}).$$

Відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв цільового призначення та інші спеціальні витрати

Витрати на відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв $C_{ін}$ визначаються, виходячи з їх кількості, строків служби, або норм витрат:

$$C_{ін} = (\sum_{i=1}^n Z_{ін_i}) / Q = 795464 / 6500 = 122,37(\text{грн/шт}),$$

де $Z_{ін_i}$ – вартість спеціальних інструментів, пристроїв, i -го виду, грн.

Витрати на утримання та експлуатацію устаткування

Вартість верстатів HAAS EC-400 = 7 644 000 грн. HAAS VF-2, Ціна
= 2 080 000

Безперервний процес виробництва потребує постійного відтворення зношених основних засобів виробництва. Для поступового відновлення основних фондів здійснюється амортизація – процес перенесення авансованої раніше вартості усіх видів основних засобів на вартість продукції з метою її повного відшкодування [4].

Метод нарахування амортизації основного засобу (верстата) – виробничий. З допомогою цього методу найбільш повно забезпечується рівномірний розподіл вартості об'єкта основного засобу між видами виготовленої продукції. Застосування виробничого методу для нарахування амортизації економічно обґрунтовано щодо тих об'єктів основних засобів, які безпосередньо зайняті у виробництві (верстати, обладнання). Для забезпечення застосування цього методу необхідно, щоб на підприємстві були підготовлені дані по плановому випуску продукції, очікуваному з використанням основних засобів. Оскільки ці дані відсутні, то буде застосовуватися інший метод нарахування амортизації – кумулятивний. Його перевагою буде те, що в перші роки, коли інтенсивність використання об'єкта основного засобу (у даному випадку верстата) максимальна, амортизується більша частина його вартості [4].

В даному випадку сумарна амортизація за перший рік буде становити $(7\,644\,000 + 2\,080\,000) \cdot \frac{20}{100} = 1570400$. Оскільки протягом року на цих станках виконуватись буде не тільки деталь «Корпус», то частка амортизації не буде перевищувати 10%, отже амортизація на партію буде 157040

Тоді витрати на одиницю продукту:

$$C_y = \frac{157040}{6500} = 24,16 \text{ (грн/шт)}$$

Загальновиробничі витрати

Загальновиробничі витрати входять до собівартості одиниці продукції пропорційно витратам на основну заробітну плату та на утримання та експлуатацію устаткування [4]:

$$C_{зв} = k_{зв} \cdot (C_{з.о} + C_y) = 0,3 \cdot (86,56 + 24,16) = 33,21 \text{ (грн/шт)},$$

де $k_{зв}$ – норматив загальновиробничих витрат:

де $C_{зв.р}$ – річні загальновиробничі витрати, грн;

$C_{з.о.р}$ – річний фонд основної заробітної плати робітників, зайнятих виробництвом продукції, грн;

$C_{у.р}$ – річні витрати на утримання та експлуатацію устаткування, грн.

Загальногосподарські витрати

Ці витрати розподіляються між різними видами продукції аналогічно тому, як розподіляються загальновиробничі витрати:

$$C_{зг} = k_{зг} (C_{з.о} + C_{у}) = 0,8 \cdot (86,56 + 24,16) = 66,4 (\text{грн/шт}),$$

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

Інші виробничі витрати

Норматив інших виробничих витрат приймається 0,005 від виробничих витрат:

$$C_{ін} = 0,005 \cdot C_{зв} = 0,005 \cdot 33,21 = 0,16 (\text{грн/шт}).$$

Позавиробничі витрати

Норматив комерційних витрат прийнято рівним 0,05 від виробничих витрат:

$$C_{поз.вит..} = 0,05 \cdot C_{зв} = 0,05 \cdot 98,45 = 1,61 (\text{грн/шт}).$$

Результати розрахунків собівартості одиниці продукції зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 Калькуляція собівартості продукції

№ п/п	Найменування статей калькуляції	
1.	Сировина та матеріали	299,1
2.	Зворотні відходи	-20

3.	Паливо й енергія на технологічні цілі	16,1
4.	Основна заробітна плата	86,56
5.	Додаткова заробітна плата	25,97
6.	Відрахування на соціальне страхування	42,89
7.	Відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв цільового призначення та інші спеціальні витрати	122,37
8.	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	24,16
9.	Загальновиробничі витрати	33,21
	Виробнича собівартість	527,99
10.	Загальногосподарські витрати	66,4
11.	Інші виробничі витрати	0,16
12.	Позавиробничі	1,61
	Повна собівартість	594,55

Отже, повна собівартість виготовлення деталі «Кронштейн типу гусина шия» складає 594,55 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектування технологічних процесів. Методичні вказівки для виконання курсового проекту та самостійної роботи студентів за напрямом підготовки 6.0505-Інженерна механіка. Програма професійного спрямування Технології машинобудування усіх форм навчання. / Укладачі: В.Г. Біланенко, В.П. Приходько.-Київ: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». 2017.-151с.
2. Технологічне оснащення. Методичний посібник до виконання індивідуального конструкторського проекту при проектуванні затискних верстатних пристроїв для студентів напряму підготовки 6.050502 Інженерна механіка / Т.В. Біркіна, В.В. Зіль, В.І. Холоша. Д.: Національний гірничий університет, 2012 – 73 с.
3. Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи студентів з дисципліни «Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв» / Укладачі: Ю. А. Буренніков, Д. О. Лозінський. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 105 с.
4. Економіка та організація виробництва: Підручник / За ред. В. Г. Герасимчука, А. Е. Розенплентера. – К.: Знання, 2007. – 678 с. – (Вища освіта ХХІ століття)
5. Методичні вказівки і контрольні завдання з дисципліни "Теорія різання". Розрахунок режимів різання при точінні. Для студентів спеціальностей 12.01 і 12.02 усіх форм навчання, а також слухачів ФПК / Уклад. В.В. Коваленко, В.Г. Біланенко, А.М. Кислюк.- К.:КПІ,1993.-72с.
6. Безпека життєдіяльності та цивільний захист: підручник для студ. спеціальностей з природничих, соціально-гуманітарних наук та інженерно-комунікаційних технологій / О.Г.Левченко, О.В.Землянська, Н.А.Прахівник, В.В.Зацарний; КПІ ім.Ігоря Сікорського. – Київ: Каравела, 2019. – 268 с.
7. Технологічні основи машинобудування / І.І. Назаренко, А.Т. Свідерський, Лесько / Конспект лекцій. Київ, КНУБА, 2016. – 102 с.
8. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування: навчально-методичний посібник/О.У. Захаркін.– Суми: Вид-во СумДУ, 2004. – 98 с.
9. Корсаков В.С. Технологія машинобудування. Підручник.: ЖДТУ, Житомир, 2005. – 835 с.
10. Михайлов В.М. Технологічні основи машинобудування: Навчальний посібник: У 2 ч. Ч.1. / В.М. Михайлов, І.В. Бабкіна, Б.В. Ляшенко. Харків: ХДУХТ, 2009. – 202с.
11. Міренський І.Г. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 275 с

12. Якимов О.В., Марчук В.І., Якимов О.О., Ларшин В.П. Технологія машино-та приладобудування. Підручник: Луцьк, ЛДТУ, 2005. – 710 с.