

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на тему:

«Автоматизована конструкторсько-технологічна підготовка
виробництва деталі «Корпус Д21»

Виконав: студент 4-го курсу, ММІ гр. МТ-61 Хавалюк В.І.

Керівник: доц. Войтенко В.І.

Київ 2020р.

ЗМІСТ		ПИТАНЬ
1. ВИРІШЕННЯ	ЗАГАЛЬНИХ	
МАШИНОБУДУВАННЯ		3
1.1. САПР. Загальні відомості про САПР ТП «Sapr_2020». Проектування принципової схеми		3
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. Аналіз характеристик якості поверхонь деталі.....		12
2.1.2. Аналіз умов роботи деталі у вузлі		13
2.2. Визначення типу виробництва		13
2.2.1. Традиційне визначення типу виробництва. Вплив на технологічне підготування сучасного машинобудівного виробництва		13
2.3. Проектування виду та методу виготовлення заготовки ..		15
2.3.1. Визначення виду та способу виготовлення заготовки.....		15
2.3.2. Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів		21
2.4. Узагальнений алгоритм обґрунтування вибору технологічних баз		23
2.4.1. Обґрунтування вибору загальних технологічних баз		23
2.4.2. Обґрунтування вибору баз для перших технологічних операцій.....		26
2.5. Проектування типових технологічних послідовностей оброблення поверхонь деталі		30
2.6. Проектування змісту технологічних операцій		31
2.7. Визначення припусків для оброблення поверхонь деталі		36
2.7.1. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом.....		36

					ДПБ.МТ61.Д21		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Хавалюк В.І.			<div>Літ.</div> <div>Арк.</div> <div>Аркуші</div> <div>НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського»</div>		
Перевір.		Войтенко В.І.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затв.							

2.7.2. Визначення припусків аналоговим методом.....	44
2.8. Визначення режимів різання	45
2.8.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом.....	45
2.8.2. Визначення режимів різання аналоговими методами	49
2.9. Нормування технологічних операцій	55
2.9.1. Розрахунок поштучного часу для операцій	55
3. ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ	61
3.1. Обґрунтування системи верстатних пристроїв	61
3.2. Розрахунки верстатних пристроїв	61
3.2.1. Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв.....	61
3.2.2. Послідовність розроблення конструкції пристрою	63
3.3. Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв	65
3.3.1. Розрахунок похибок установаження	65
3.4. Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв.....	67
3.4.1. Розрахунок сили затиску заготовки Q.....	67
4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	74
4.1 Розрахунок собівартості виробу	74
4.1.1 Сировина	74
4.1.2 Витрати на виготовленнязаготовки	74
4.1.3 Зворотні відходи	74
4.1.4 Паливо та енергія на технологічні цілі.....	74
4.1.5 Основна заробітна плата	75
4.1.6 Додаткова заробітна плата	75
4.1.7 Нарахування на заробітну плату.....	76
4.1.8 Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	76
4.1.9 Відшкодування зношеного інструменту, витрати на верстатні пристосування.....	77
Лещата «ALLMATIC CENTRO GRIPP 125»	79

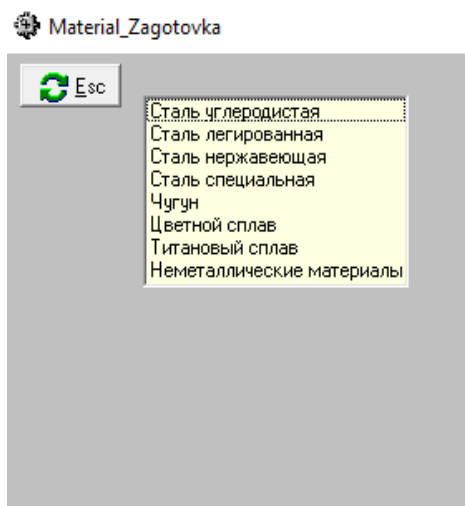
						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Література	84
ДОДАТКИ	85

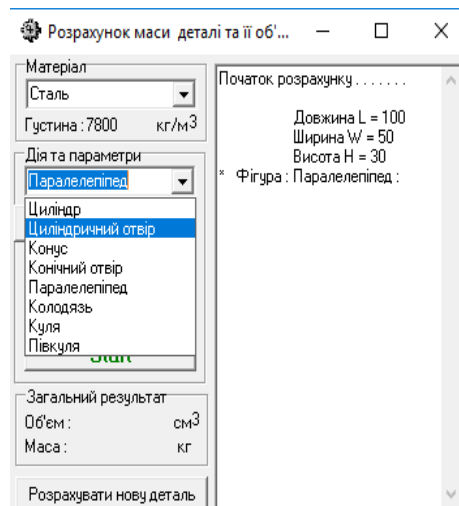
Лист

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

«Calc» ми можемо отримати масу та об'єм деталі чи заготовки, попередньо ввівши її параметри, матеріал та геометричну форму(рис.1.26).



a)



6)

Рис.1.2 – а) матеріал заготовки; б) вікно розрахунку характеристик деталі

У вікні «**Нова деталь**» задаємо назву деталі, розробника ТП, керівника та контролера. Після натискання на дану опцію програма автоматично видаляє записи результатів попередніх моделей оброблення поверхонь.

Також програмі можна задати курс деяких світових валют, адже у результатах проектування також вказується ціна інструменту в гривнях.

«Форма 3». Після закінчення проектування дана опція показує нам трудомісткість та собівартість як загальну, так для кожного переходу у вигляді діаграм. Ці дані також зберігаються у пам'яті комп'ютера. ТП у цьому документі описується по ГОСТ 3.1118-82.

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

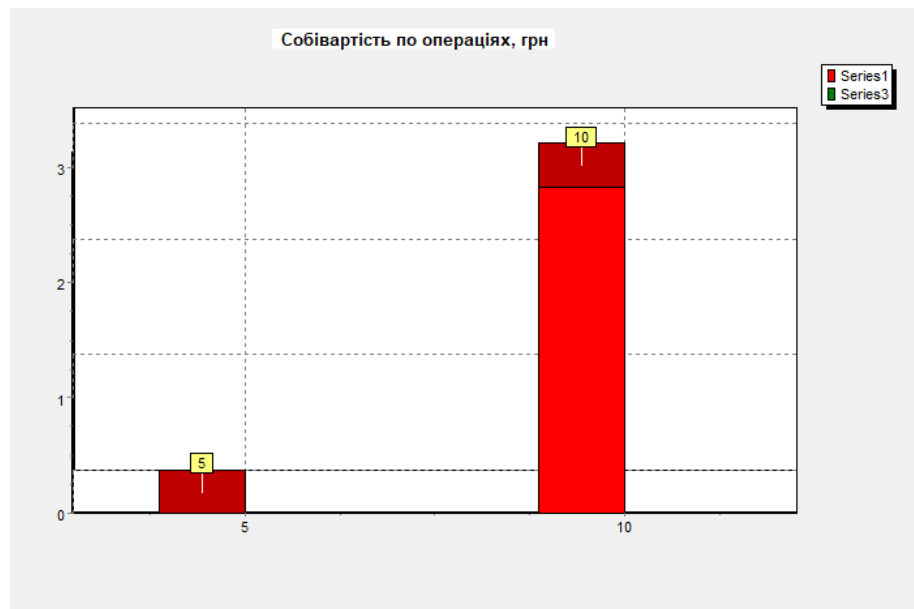


Рис. 1.3 – Діаграма собівартості

Forma_3

Esc

2 июня 2020 г.

Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ
М03	Отливка 125x110x71	1	2.04

В	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции
Г	Обозначение документа				
Д	Код, наименование оборудования				

Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
О 04 1. Підрізати торець Dmax= 100, Dmin= 50, L=25, Ra 3,2, О 05 забезпечуючи р-р 100 Т 06 2103-0017 різець , 16x10, Т15К6, ГОСТ 18879-73 Р 07 t= 1,5 мм, S= 0,85 мм/об, Sхв= 282,96мм/хв, V= 104,58 м/х Р 08 v, n= 332,9 об/хв Е 09 Тосн.= 0,09 хв ; С= 0,10 грн; О 10 2. Точити поверхню ф 50-0,1-0,2, L= 58,5, Ra 3.20 Т 11 MWLN2020 Різець прохідний з трьохграню пл., 20x20, ВК3 Т 12 , ТУ 2-035-892-82 Р 13 t= 2.00 мм, S= 0.120 мм/об, V= 78.54 м/хв, n= 500 об/ Р 14 хв, , N= 1.4 кВт Е 15 Тосн= 1.030 хв, А= 1.485 кВт*хв О 16 3. Підрізати торець Dmax= ф100, Dmin= ф50-0,1-0,2, L= 25,5, О 17 Ra3,2, забезпечуючи р-р 60 Т 18 MWLN2020 Різець прохідний з трьохграню пл., 20x20, КНТ Т 19 16, ТУ 2-035-892-82 Р 20 t= 1.50 мм, S= 0.823 мм/об, V= 50.65 м/хв, n= 161 об/											

УАН Close Діаграма

Рис.1.4 – Форма 3. Опис процесу по ГОСТ 3.1118-82

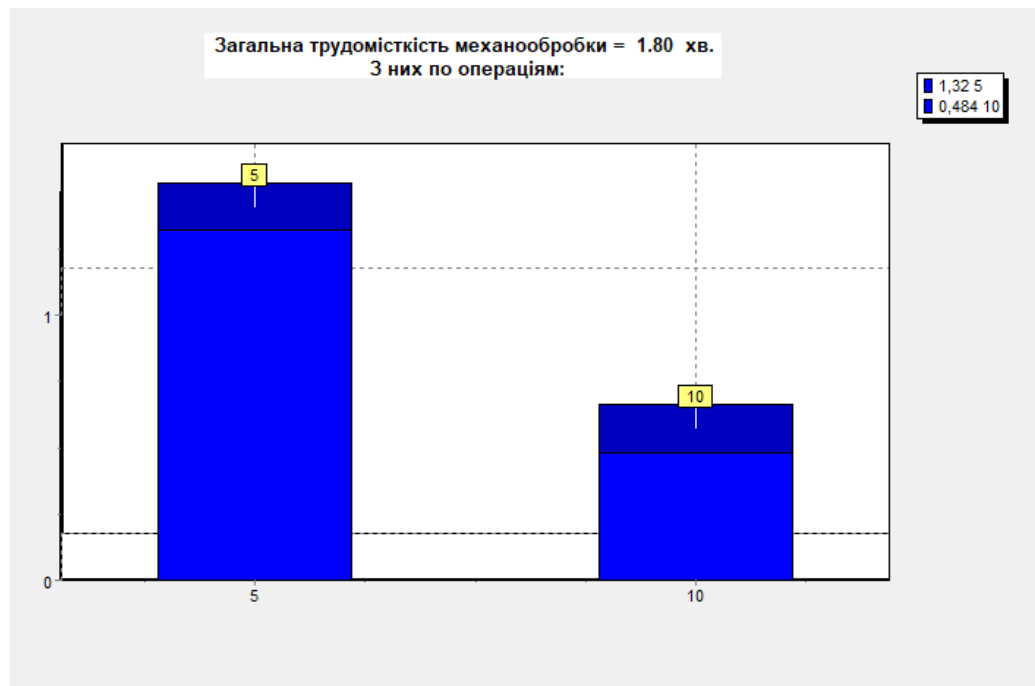
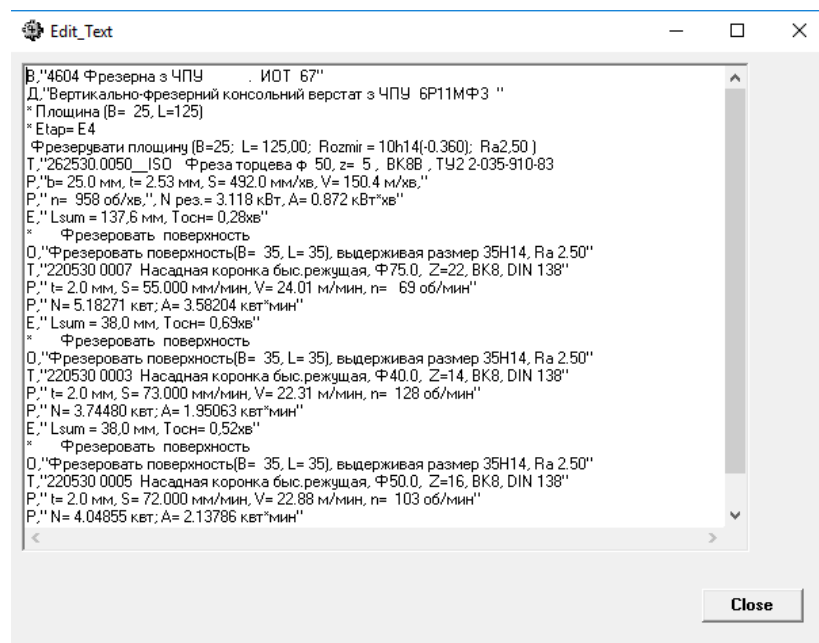


Рис. 1.5 – Діаграма трудомісткості

Опція «Edit» відображає нам результати проектування технологічного проекту. Показує нам оброблення поверхонь із всіма переходами, режимами різання для них та іншими параметрами, такими як довжина ходу інструменту, потужність різання та потужність обраного верстата, матеріал ріжучої частини. Ці дані зберігаються на комп'ютері. Ми також можемо вибрати формат документа, у якому вони будуть збережені, та змінити його назву.



					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Рис.1.6 – Результати проектування ТП

Відкривши опцію «Операція», ми бачимо всю різноманітність операцій, які використовуються в механообробці, включаючи методи зміцнення поверхні, мийні та контрольні операції.

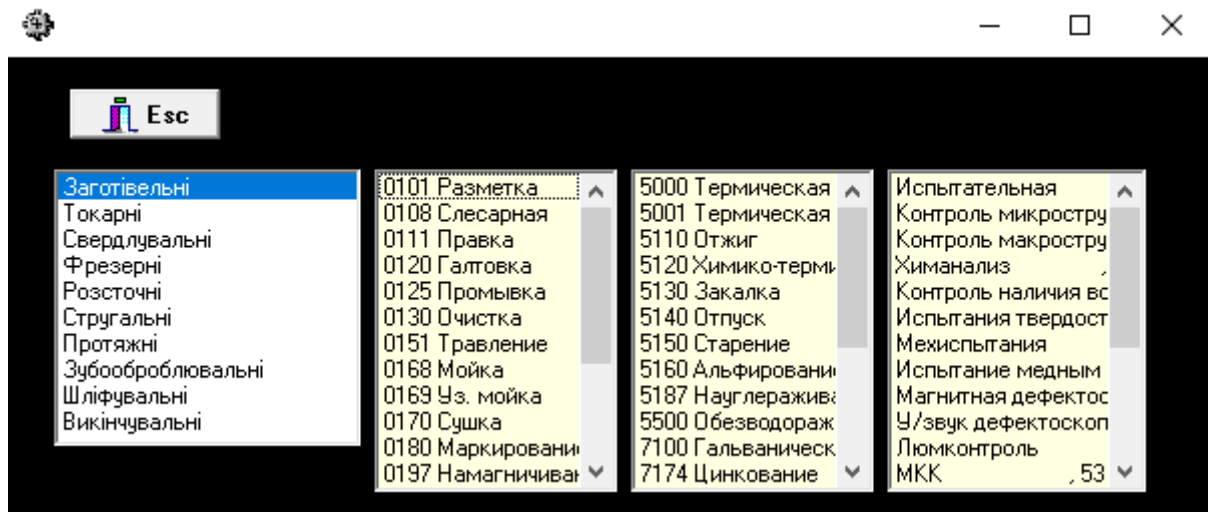
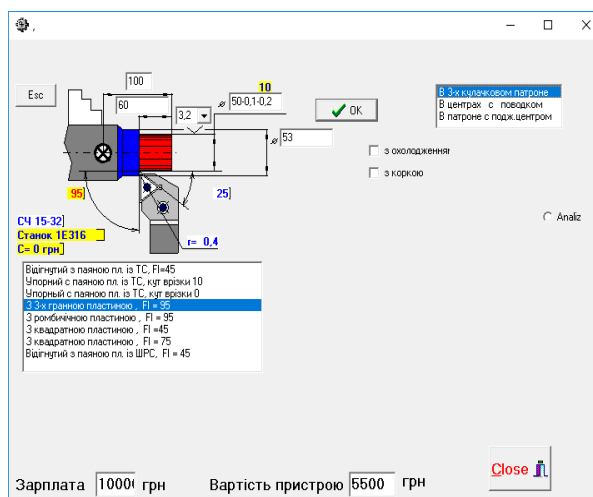
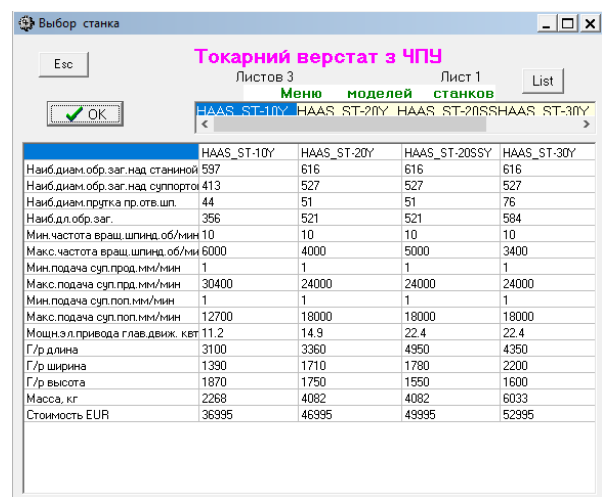


Рис.1.7 – Опція «Операція»

Після вибору методу та підвиду оброблення, отримуємо спрощену модель реальної установки, де потрібно ввести розміри заготовки, обробленої деталі, параметри якості поверхні, параметри ріжучої частини інструмента (рис. 1.8а). Далі нам надаються для вибору деякі моделі верстатів із їх технічними характеристиками (рис. 1.8б).



а)



б)

Рис.1.8 – а) параметри оброблюваної поверхні; б) вибір верстатного обладнання.

Після вибору верстата та введення всіх необхідних нам параметрів ми програма автоматично розраховує режими різання, його потужність та час обробки.

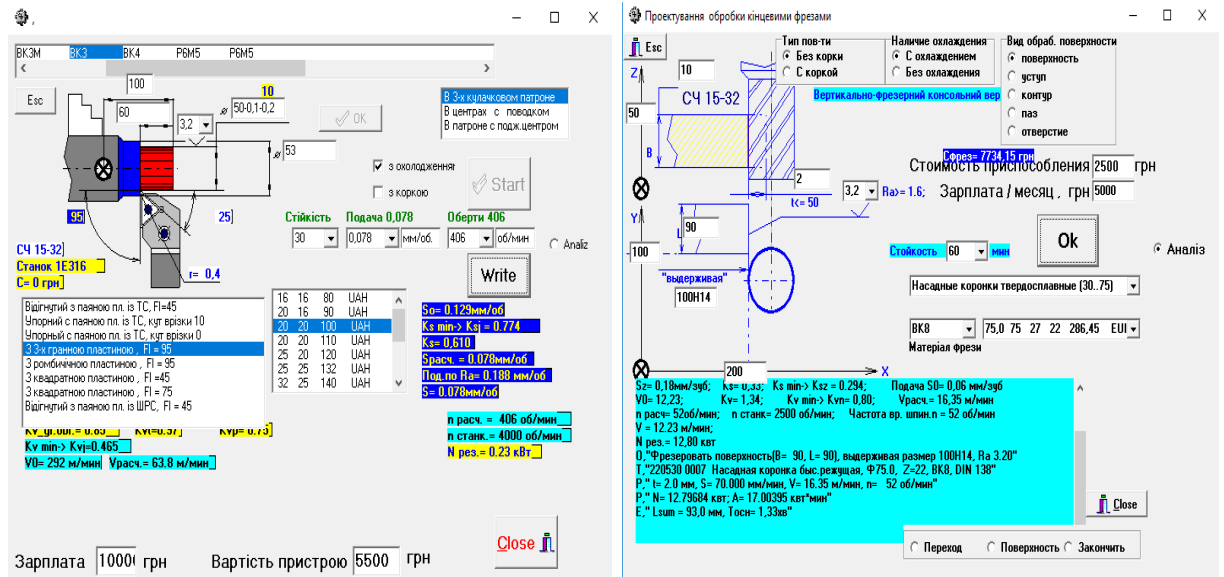
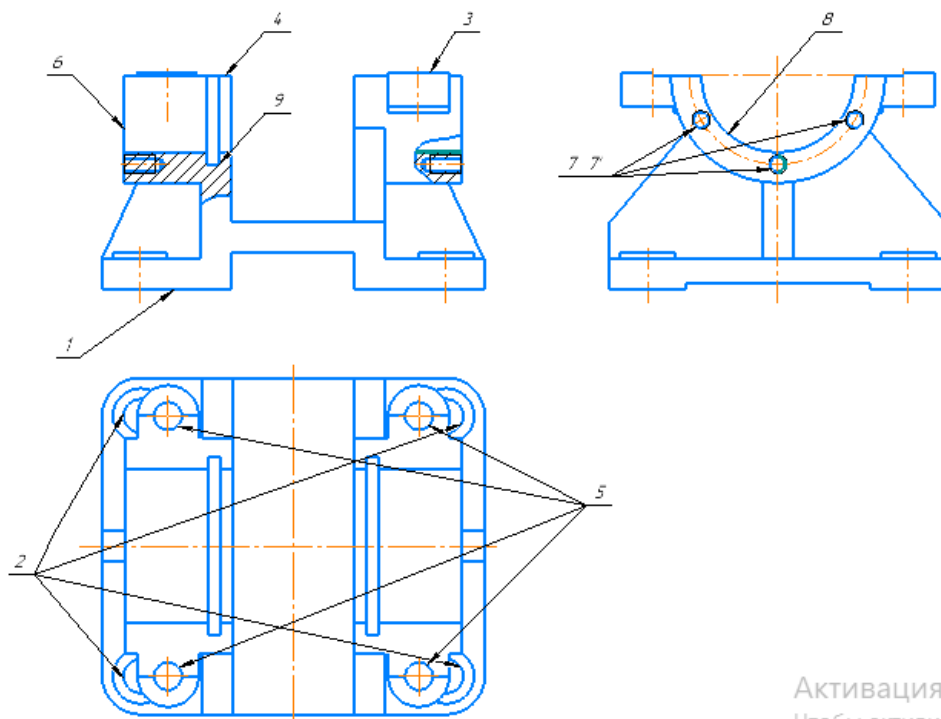


Рис.1.9 – Приклади результатів автоматизованого розрахунку

Останньою функцією, яку можна побачити на головному інтерфейсі програми, є перелік простих поверхонь. По-суті, це є спрощений варіант опції «Операція», адже алгоритм роботи із даною функцією є аналогічним до алгоритму роботи опції «Операція». Спочатку обираємо тип поверхні, задаємо параметри вихідної та обробленої поверхонь, їх якісні показники, вбираємо обладнання та різальний інструмент і отримуємо розраховані режими різання. Єдиною відмінністю є можливість розрахунку режимів для нарізання нарізі як зовнішньої, так і внутрішньої.



Активация V
Чтобы активиро

Рис.1.11 – Декомпозиція деталі «Корпус Д21» на елементарні поверхні

Далі наведена принципова схема для деталі «Корпус Д21», спроектована за допомогою програми «Sapг_2020».

Таблиця 1.1. Принципова схема для деталі «Корпус Д21»

№ по в	Розмір, IT, Ra	Розм.з аг	E2	E4	E8	E11
1	10x125x11 0 Ra 2,5	15	Фр ₁ 12,53 (- 0.430) Ra 5.0	Фр ₁ 10(-0.360) Ra 2,5		
2	Ø11 Ra6,3	0	Св ₂ Ø10.5 2 Ra12. 5	Зенк ₂ Ø 11(+0.430) Ra12.5		
3	71(-0,1) Ra3,2	75	Фр ₃	Фр ₃ 71(-0.1)		

			71.56 (- 0.740) Ra10. 0	Ra6.3		
4	1(-0.1-0.2) Ra3.2	1	Φp ₄ 1(- 0.1- 0.2) Ra3.2			
5	Ø 9 Ra 6.3	0	CB ₅ Ø 4.5 Ra12. 5	РозCB ₅ Ø 9(+0.36) Ra12.5		
6	35 Ra 2,5	37	Φp ₆ 37.72 (- 0.62) Ra5.0	Φp ₆ 35(-0.62) Ra2.5		
7	ØM6 Ra2.5	0		CB(M) ₇ M6x1-7H D2=5.35(+0. 19) Ra2.5		
7'	CB ₇ Ø4.92(+0. 3) Ra3.2					
8	Ø50 Ra 2,5	Ø47		РозТ ₈ Ø49H11(+0. 16) Ra6.3	РозТ ₈ Ø49.7H9(+0.0 62) Ra3.2	РозТ ₈ Ø50H7(+0.0 25) Ra2.5
9	Ø58x4 Ra10	Ø50		РозТ ₉ Ø58(+0.74) Ra10		

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Аналіз службового призначення та умови роботи деталі у вузлі

2.1.1. Класифікація конструкції деталі за конструктивними ознаками.

Аналіз характеристик якості поверхонь деталі

Деталь «Корпус Д21» за своїми конфігурацією та параметрами відноситься до класу корпусних деталей та є деталлю середнього машинобудування.

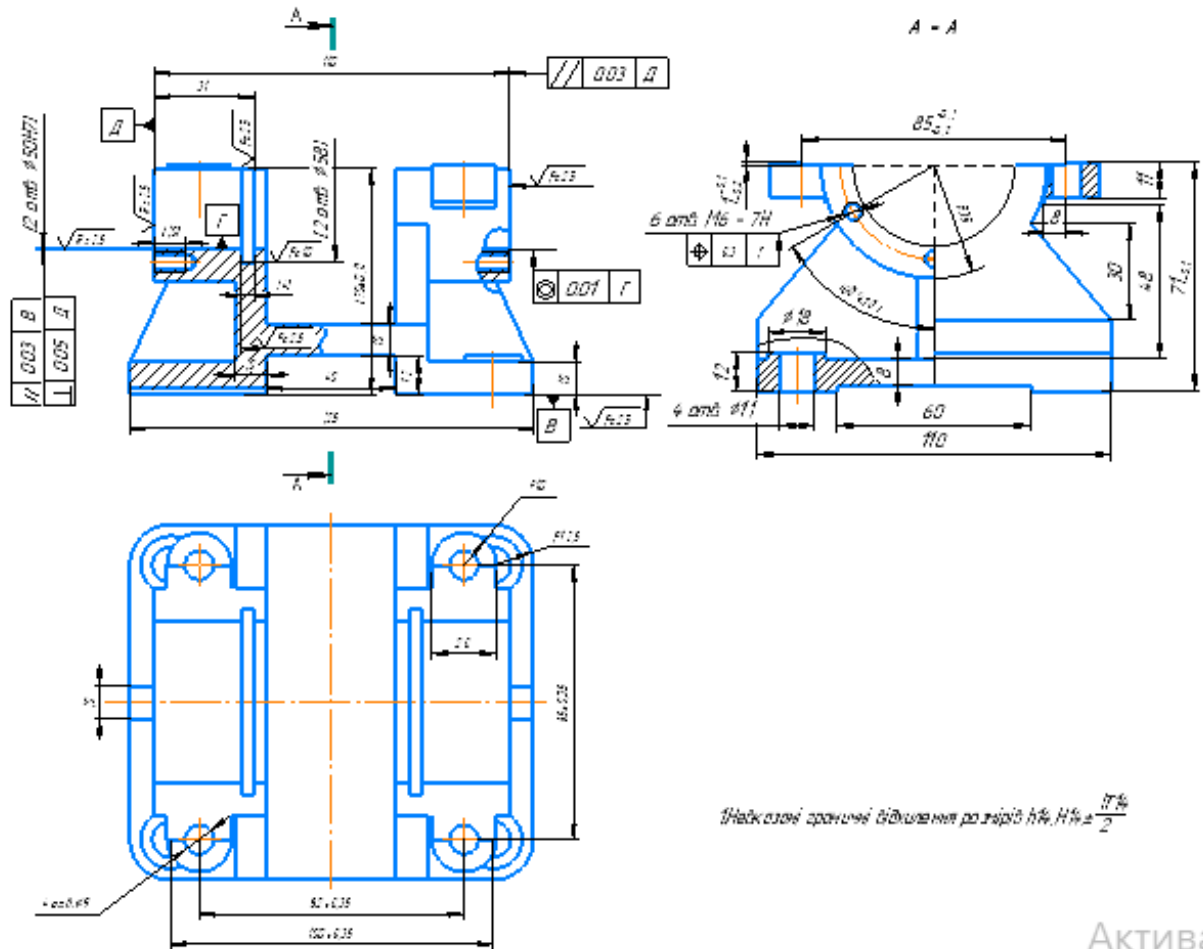


Рис.2.1 – Креслення деталі «Корпус Д21»

До корпусних деталей завжди висуваються високі вимоги по точності та якості поверхонь. Аналізуючи кресленик деталі, можна побачити, що деталь має багато взаємопов'язаних поверхонь допусками площинності, перпендикулярності, тощо. На це необхідно звернути увагу в процесі виготовлення і намагатися використовувати якомога меншу кількість установів по необроблених поверхнях.

У вузлі корпус базується по чисто обробленій поверхні O1 та за допомогою 4-ох отворів O2-O5. На корпус також встановлюються кришки та кришки

Активна

					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

підшипників по начисто оброблених поверхнях Д3, Д4. Для цього також виконуються отвори Д-Д та кріпильні отвори К1-К6.

2.1.2. Аналіз умов роботи деталі у вузлі

Наявність складального креслення дозволяє краще зрозуміти в яких умовах працює даний вибір, які сприймає навантаження.

Проаналізувавши кресленик, робимо висновок, що корпус відіграє у вузлі основну роль. Наявність 4-ох ребер жорсткості вказують на те, що деталь сприймає на себе радіальні та осьові навантаження від валу через підшипники, що встановлюються у отворах Д, Д. Для продовження терміну експлуатації, робочі поверхні мають підвищені вимоги до якості та точності оброблення.

2.2. Визначення типу виробництва

2.2.1. Традиційне визначення типу виробництва. Вплив на технологічне підготування сучасного машинобудівного виробництва

Тип виробництва – це класифікаційна категорія виробництва, що визначається за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності, обсягу випуску. Однією з основних кількісних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій K_{zo} (ГОСТ 3.1108 - 74, ЄСТД; ГОСТ 14.004 - 74, ЄСТПП).[2]

Коефіцієнт закріплення операцій — це відношення числа всіх різних технологічних операцій, які виконано чи належить виконати протягом місяця, до числа робочих місць. (ДСТУ 2974-95).

Операція — це закінчена частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці, над однією деталлю, одним або кількома інструментами, одним або групою робітників (ДСТУ 2391-94).

Робоче місце — це елементарна одиниця виробничої структури, що містить частину простору виробничого підрозділу, яка потрібна для здійснення трудової операції та оснащена матеріально-технічними засобами, використовуваними в процесі праці (ДСТУ 2960-94).

Коефіцієнт закріплення операції розраховується за формулою:

$$K_{zo} = \frac{\sum_{i=0}^n OP_i}{\sum_{j=0}^n PM_j} \quad (2.1)$$

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Для визначення типу виробництва даним методом потрібно мати реальну виробничу дільницю. Тому ми не можемо використати його у дипломній роботі

Отже, використаємо аналоговий метод визначення типу виробництва. Для цього нам потрібно дізнатися річний обсяг випуску та масу деталі.

Масу деталі знаходимо за допомогою CAD-системи «SolidWorks», попередньо побудувавши тривимірну модель деталі «Корпус Д21» (рис 2.2).

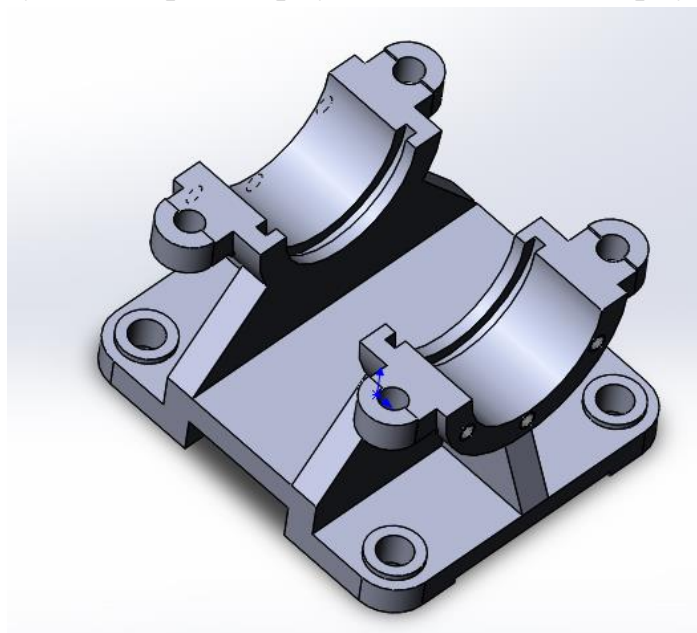


Рис. 2.2 – 3-D модель деталі «Корпус»

У відповідності до виконаних розрахунків визначили, що маса деталі складає

$m = 2,044$ кг; обсяг випуску $N_p = 5000$ штук на рік.

Відповідно до вихідних даних тип виробництва визначаємо за даними табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Аналогові дані для визначення типу виробництва

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

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

Для маси деталі $m = 2,044$ кг та річного обсягу випуску $N_p = 5000$ штук на рік тип виробництва буде середньосерійне.

Серійне виробництво — тип виробництва, що характеризується одночасним виготовленням на підприємстві обмеженої номенклатури однорідної продукції, випуск якої періодично повторюється протягом тривалого періоду (ДСТУ 2960-94).

При середньосерійному виробництві спеціалізація заводу обмежується меншою, у порівнянні із великосерійним, номенклатурою виробів. Виробничі лінії мають технологічну спеціалізацію, а конструкторсько-технологічна підготовка виробництва виділяється із основного виробничого процесу. До середньосерійного виробництва відносять виробництво двигунів, багато видів кольорових та чорних металів і сплавів, тощо.

Коефіцієнт закріплення операцій знаходиться в межах від 10 до 20, оскільки робочі місця обмежені кількістю виконуваних операцій, тому що партії виробів стабільно повторюються.

Висновок: Вибираємо середньосерійний тип виробництва.

2.3. Проектування виду та методу виготовлення заготовки

2.3.1. Визначення виду та способу виготовлення заготовки

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

- пластичним деформуванням;
- литтям;

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

	або перпендикулярна до площини рознімання, які мають одну або більше базових поверхонь, а також ребра, заглиблення та виступи	швидкостей, коробок подач
33	Деталі закритої та частково відкритої циліндричної і коробчастої форми. Зовнішні поверхні можуть мати плоску та криволінійну форму з кронштейнами, фланцями, патрубками та іншими елементами. Внутрішні поверхні найчастіше мають складну форму з значними виступами та заглибленнями	Станини металорізальних верстатів, столи верстатів, супорти, блоки циліндрів двигунів внутрішнього згоряння, корпуси газових та водяних насосів, корпуси електродвигунів

- код маси заготовок (KB);

Кожен спосіб виготовлення заготовок використовує відповідне технологічне обладнання, яке має обмеження за розмірами технологічної зони, габаритними розмірами заготовок, максимальним зусиллям робочого органу та інше. Узагальнюючим показником наведених обмежень є маса заготовки. Для визначення коду маси заготовки (KB) доцільно використовувати рекомендації, які наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5— Визначення коду маси заготовки

Код маси заготовки (KB)	Маса заготовки, M_z , кг	Код маси заготовки (KB)	Маса заготовки, M_z , кг
1	до 20	5	501-1000

За визначеними характеристиками заготовки, які виражаються чисельними кодами, визначаються коди доцільних способів виготовлення заготовки.

Проаналізувавши рекомендації, доходимо висновку, що можна використати декілька способів отримання заготовки. Подальше рішення

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

Далі наведено основні характеристики традиційних процесів отримання заготовок литтям.

Ко д	Вид та способи виготовлення заготовок	Точність розмірів, ІТ	Параметр шорсткості, R_a , мкм
1	<i>Литтям</i>		
11	<i>Лиття в піщано-глинисті форми</i>		
111	ручне формування за дерев'яними моделями	17	80-20
112	ручне формування за металевими моделями	16-17	40-10
113	машинне формування за металевими моделями	14-16	20-5
12	<i>Лиття в оболонкові форми</i>	13-14	10-5
13	<i>Лиття в кокіль</i>	12-15	20-5
14	<i>Відцентрове лиття</i>	12-14	40-10
15	<i>Лиття під тиском</i>	9-12	10-2,5
16	<i>Лиття за моделями, що виплавляються</i>	11-12	10-2,5

- код конструкційного матеріалу (KM) — 11;
- код серійності виготовлення заготовок (KC) — 3;
- код конструкційної форми ($K\Phi$) — 32;
- код маси заготовок (KB) — 1;

Виходячи із отриманих показників, визначаємо коди способів виготовлення заготовок для деталі. Такими кодами є 112;113;

112 – лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням за металевими моделями.

113 - лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за металевими моделями

Обираємо лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за металевими моделями (код 113), адже тут ми виграємо у часі.

Економічну точність розмірів (ІТ) та параметри шорсткості поверхонь (R_a) заготовки визначаємо за даними табл. 2.6:

Точність розмірів ІТ (14–16); параметри шорсткості поверхонь $R_a = 20\text{--}5$ мкм.

Клас точності виливка – 10;

Ступінь короблення – 7;

Ступінь точності поверхні виливка 14;

Клас точності маси – 11т;

Ряд припусків 7;

Таблиця 2,7 - Припуски і допуски для виливка

Параметри	10 мм; Зовн. $R_a 2.5$	71 мм Зовн. $R_a 6.3$	Ø 50H7 Внутр. $R_a 2.5$	35 Зовн. $R_a 2.5$
Допуск на розмір виливка (на один клас точніше), мм	4.6(±1.0)	5.6(±2.2)	5.1(±1.8)	5,6(±2.0)
Вид остаточної механічної обробки, необхідної для забезпечення точності розмірів деталі	чорнова	чорнова	чорнова напівчистова чистова	чорнова
Вид остаточної механічної обробки, необхідної для	чорнова чистова	чорнова	чорнова напівчистова	чорнова чистова

забезпечення заданої шорсткості			чистова	
Прийнята остаточна обробка для забезпечення заданої якості деталі	чистова	чорнова	чистова	чистова
Загальний припуск на сторону, мм	0,5	1,3	1,5	1,0
Технологічний напуск на сторону внаслідок формувальних уклонів	-----	-----	-----	-----
Остаточний розмір вилівка, мм	14,6±1,0	77,6±2.2	39,8±1.8	40,6±2.0

2.3.2. Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів

Для остаточно прийнятого 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 або 0,6 кГс/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 не дуже жорстку конструкцію з відношенням найменшого розміру до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка), яке дорівнює
 $10 / 110 = 0,091$; приймаємо ступінь жолоблення елементів виливка: 7;
3. Ступінь точності поверхонь виливків: 14;
4. Шорсткість поверхонь виливків: Ra = 40 мкм,
5. Клас точності маси виливків: 11 т;

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

6. Ряд припусків на обробку вилівка: 7;
7. Згідно з ГОСТ 26645-85 точність вилівка позначається: 10-7-14-11т ГОСТ 26645-85.

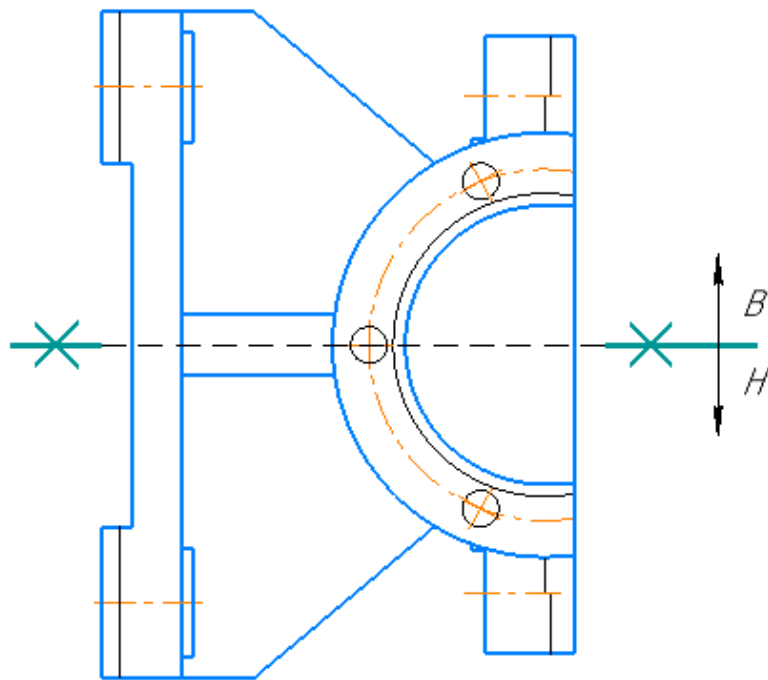


Рис. 2.3 — Ескіз заготовки

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

Для обґрунтування необхідно виконати класифікацію поверхонь деталі за службовим призначенням.

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

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

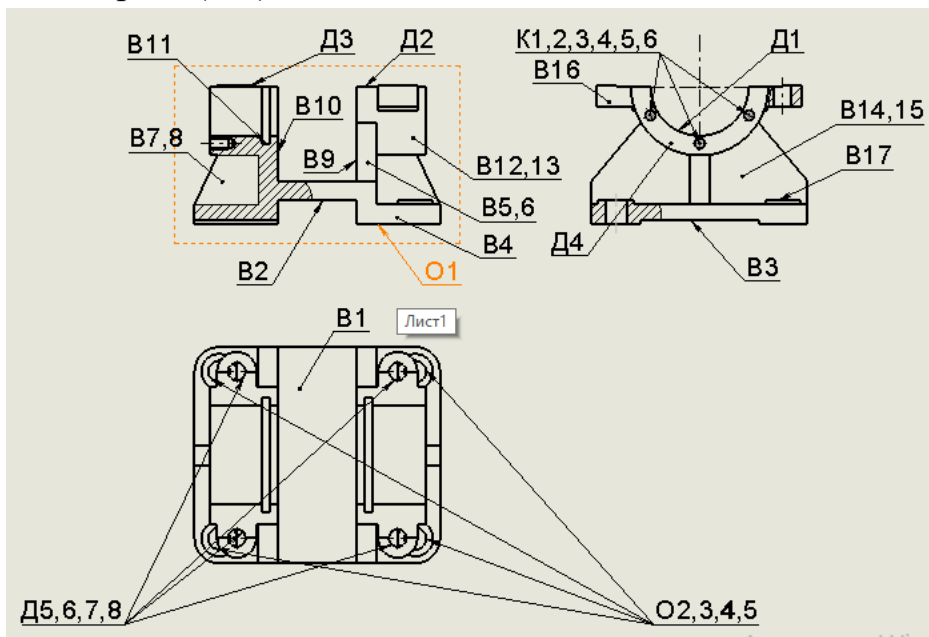


Рис. 2.5 — Класифікація поверхонь деталі «Корпус Д21» за службовим призначенням

Основною конструкторською базою деталі «Корпус» є площина основи О1 та чотири отвори Ø11 О2,3,4,5.

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

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- ВП — додаткові поверхні деталі, які створюють єдиний геометричний образ деталі.

Відповідності до алгоритму обґрунтування ТБ, перевіряємо можливість використання поверхонь основних конструкторських баз в якості загальних технологічних баз (ЗТБ).

Аналіз технологічних процесів виготовлення корпусних деталей свідчить, що в переважній більшості конструкцій в якості загальних технологічних баз використовуються поверхні основних конструкторських баз. Отже, поверхні основних конструкторських баз можуть бути використані в якості загальних технологічних баз. Теоретична схема базування по загальним технологічним базам наведено на рис.2.6

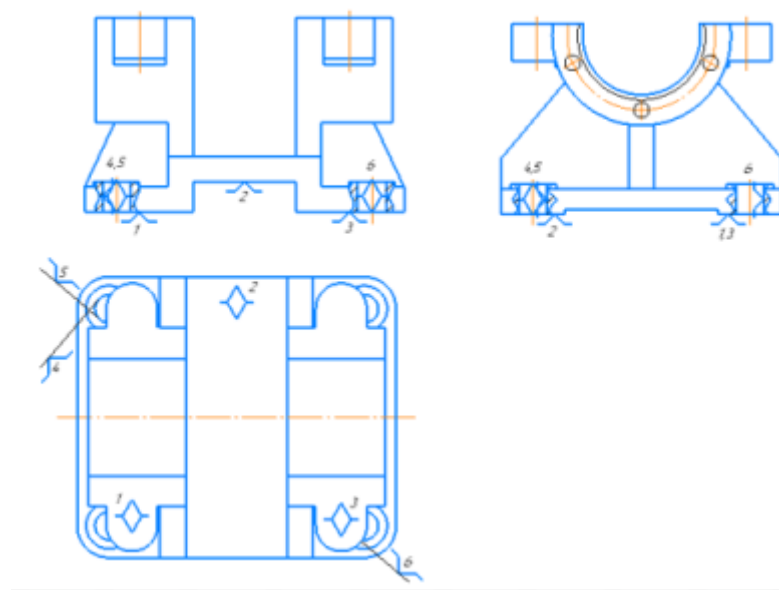


Рис. 2.6— Теоретична схема базування по загальним технологічним базам

Структурна формула схеми базування по загальним технологічним базам має вид:

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

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

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

Також можливою є схема базування із допомогою трьох ромбічних пальців. Тоді структурна формула базування по ЗТБ набуває наступного вигляду:

$$СБ_{ЗТБ} \Rightarrow У(3) + О(1) + О(1) + О(1) \quad (2.3)$$

Наведена схема базування забезпечує оброблення всіх обробних поверхонь і може бути використана незмінною на всіх операціях технологічного процесу оброблення заданої корпусної деталі.

2.4.2. Обґрунтування вибору баз для перших технологічних операцій

На другому етапі вибору ТБ необхідно визначити схему базування для першої технологічної операції. Загальною вимогою до всіх можливих схем базування є забезпечення оброблення комплекту поверхонь загальних технологічних баз.

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

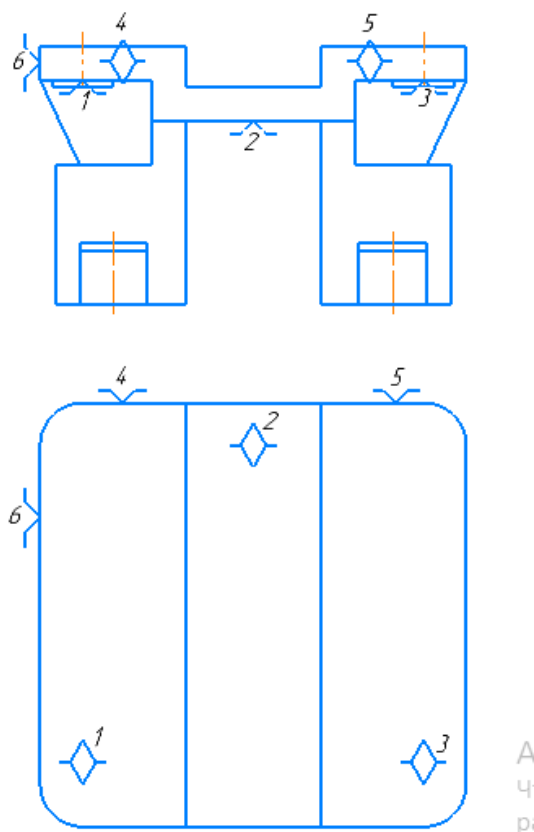


Рис. 2.7 — Теоретична схема базування по технологічним базам

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$СБ_{ТБ} \Rightarrow У(3)+Н(2)+О(1) \quad (2.4)$$

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

Дана схема проста в реалізації, забезпечує постійну товщину фланця.

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

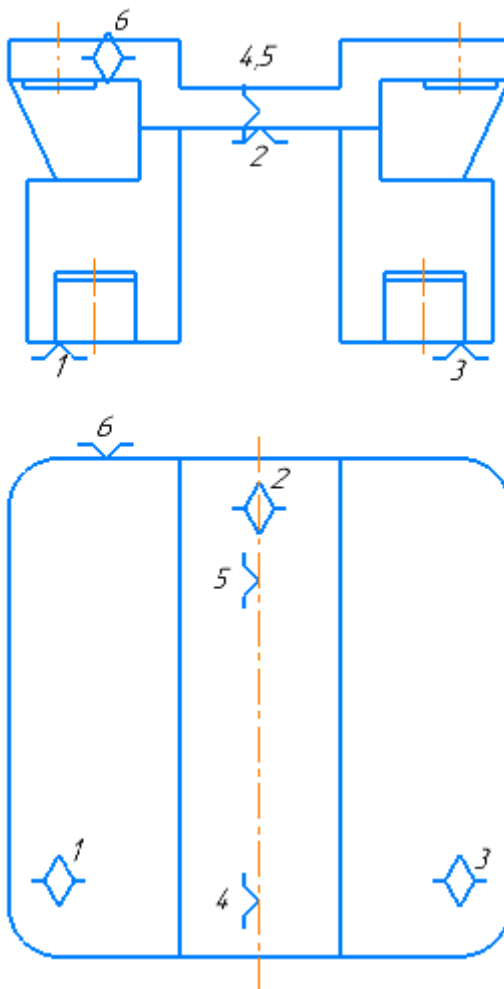


Рис. 2.8 — Теоретична схема базування по технологічним базам

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

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

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

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

Дана схема реалізується за допомогою самоцентрівних лещат.

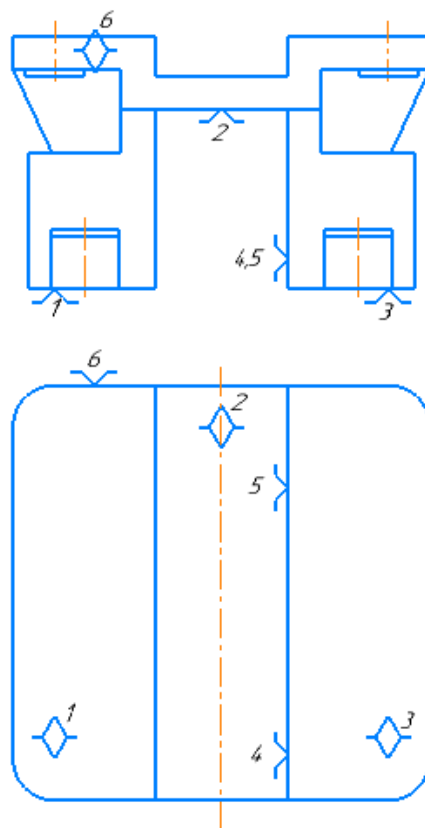


Рис. 2.9 — Теоретична схема базування по технологічним базам

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$СБ_{ТБ} \Rightarrow Y(3) + H(2) + O(1) \quad (2.6)$$

За даної схеми базування в якості технологічних баз прийняті необробні поверхні, що забезпечують після оброблення правильне просторове розташування необроблених поверхонь заготовки відносно оброблених., забезпечена відкритість для оброблення всіх поверхонь загальних технологічних баз.

Дана схема реалізується за допомогою опорної пластини.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

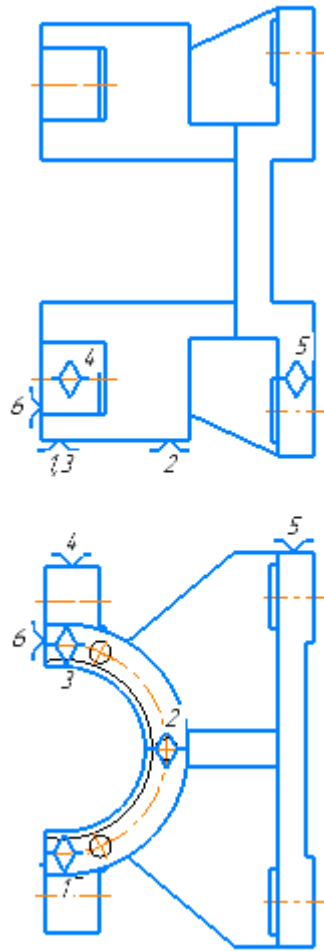


Рис. 2.10 — Теоретична схема базування по технологічним базам

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$\text{C}\text{B}_{\text{TB}} \Rightarrow \text{Y}(3) + \text{H}(2) + \text{O}(1) \quad (2.7)$$

За даної схеми базування в якості технологічних баз прийняті необробні поверхні, що забезпечують після оброблення правильне просторове розташування необроблених поверхонь заготовки відносно оброблених, забезпечена відкритість для оброблення всіх поверхонь загальних технологічних баз.

Необхідно зважати на те, що кожна схема базування вирішує певні технологічні завдання, тому, в залежності від найбільш важливих технологічних завдань визначається схема базування для перших ТО. Оскільки сучасні верстати з ЧПК мають широкі технологічні можливості

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок: Для оброблення заготовки на першій технологічній операції вибираємо схему, зображену на рис. 2.8. Дана схема забезпечує оброблення повного комплексу основних конструкторських баз.

На попередньому етапі проектування технологічного процесу оброблення потрібно визначити послідовності оброблення поверхонь. Для всіх оброблюваних поверхонь заготовки визначаємо типові послідовності оброблення з урахуванням, що оброблення будемо виконувати на багатоцільових верстатах з ЧПК. Визначені типові послідовності оброблення наведено в табл. 2.8

№	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Технологічна послідовність оброблення (можливі варіанти)	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості R _a , мкм		Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості R _a , мкм
1	2	3	4	5	6
О1	14	2,5	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	12,5 10	5 2,5
О2-О5	14	6,3	Центрування Свердління Зенкерування Розвертання	- 12 10 7	- 12,5 10 6,3
Д1	Н7	2,5	Розточування чорнове Розточування напівчистове Розточування чистове	11 9 7Н	6,3 3,2 2,5

Д2	14	3,2	Фрезерування чорнове	12	3,2
Д3	14	6,3	Фрезерування чорнове Фрезерування напівчистове	12 10	10 6,3
Д4	14	2,5	Фрезерування чорнове Фрезерування напівчистове	12 10	5,0 2,5
Д5, Д6, Д7,Д8	9	12,5	Центрування Свердління	- 12	- 12,5
К1 – К6	7Н	2,5	Центрування Свердління Нарізання різьби	- 10 7Н	- 3,2 2,5
В1 – В18	14	20	Ці поверхні за креслеником є необробними поверх- нями і їх характеристики якості забезпечуються тех- нологічним процесом виготовлення заготовки	14	20

2.6. Проектування змісту технологічних операцій

Щоб розпочати проектування технологічного процесу виготовлення деталі, перш за все, необхідно спочатку визначити послідовність оброблення поверхонь на кожній із операцій.

Представлений далі технологічний процес розроблено за допомогою програми «Sapг_2020».

005 Багатоцільова з ЧПК.

Установити, закріпити, зняти.

005.01 Фрезерувати базову поверхню О1 попередньо, витримуючи розмір 78.5h14,Ra 5.0

005.02 Фрезерувати базову поверхню О1 начисто, витримуючи розмір 76h14, Ra 2.5

005.03 Центрувати положення осей 4 отворів, О2 ,О3,О4,О5 послідовно, витримуючи розміри 12.5;100;85;41.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

005.04 Свердлити 4 отвори, O2 ,O3,O4,O5 послідовно остаточно, витримуючи розміри 12.5;100;85;41;12;Ø10.31.

005.05 Зенкерувати 4 отвори, O2 ,O3,O4,O5 послідовно остаточно, витримуючи розміри 12.5;100;85;41;12;Ø10.79.

005.06 Розвертати 4 отвори, O2 ,O3,O4,O5 послідовно остаточно, витримуючи розміри 12.5;100;85;41;12;Ø11.

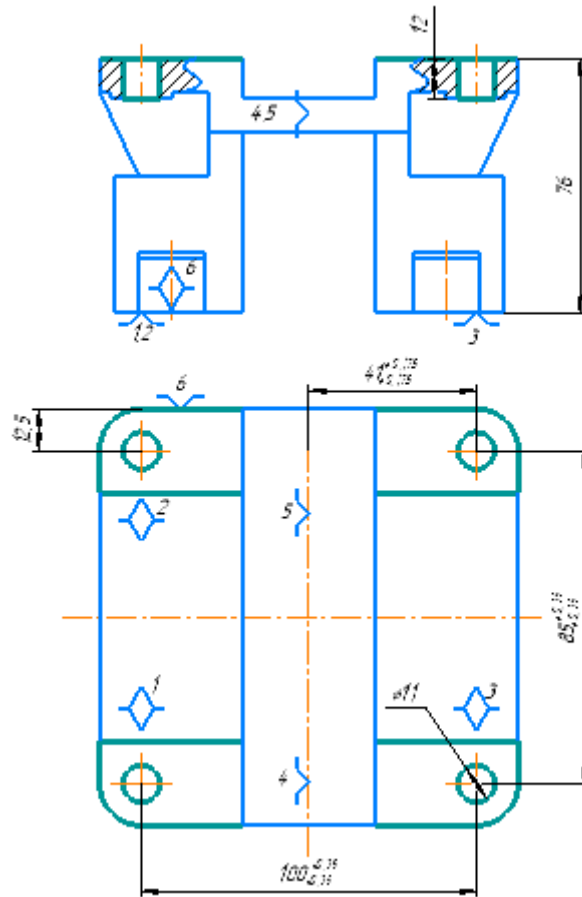


Рис. 2.11 - Операція 005: багатоцільова з ЧПК.

010. Багатоцільова з ЧПК

Установити, закріпити, зняти.

010.01 Фрезерувати поверхні D2 попередньо, витримуючи розмір 73.8h14, Ra 5.0

010.02 Фрезерувати поверхні D2 начисто остаточно, витримуючи розмір 71-0.1, Ra 2.5

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

010.03 Центрувати отвори Д5,Д6,Д7,Д8 послідовно остаточно, витримуючи розміри 82;85;9.

010.04 Свердлити отвори Д5,Д6,Д7,Д8 послідовно, витримуючи розміри 82;85;9;11;Ø4.5, Ra 6.3

010.05 Свердлити отвори Д5,Д6,Д7,Д8 послідовно остаточно, витримуючи розміри 82;85;9;11;Ø9, Ra 6.3

010.06 Фрезерувати поверхні Д3 попередньо, витримуючи розмір 70, Ra 3.2

010.07 Фрезерувати поверхні Д4 попередньо послідовно, витримуючи розміри 37.7h14, Ra 5.0

010.08 Фрезерувати поверхні Д4 послідовно остаточно, витримуючи розміри 35h14, Ra 2.5

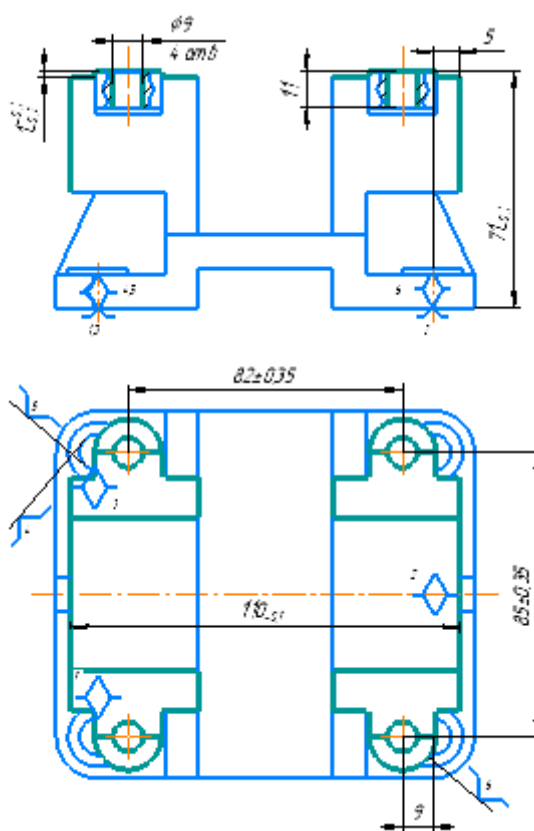


Рис. 2.12 - Операція 010: Багатоцільова з ЧПК.

015. Багатоцільова з ЧПК

Установити, закріпити, зняти.

015.01 Розточити отвір ДКБ 2 попередньо витримуючи розміри Ø49H11, Ra 6.3

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист

015.02 Розточити отвір ДКБ 2 витримуючи розміри $\varnothing 49.7H9$, Ra 3.2

015.03 Розточити отвір ДКБ 2 витримуючи розміри $\varnothing 50H17$, Ra 2.5

015.04 Проточити канавку витримуючи розміри $\varnothing 58;4$, Ra 10.0

015.05 Просвердлити отвори К1-К6 послідовно остаточно, витримуючи розміри $\varnothing 60;60^\circ$, Ra 2.5

015.06 Просвердлити отвори К1-К6 послідовно остаточно, витримуючи розміри $\varnothing 60;60^\circ; \varnothing 4.9;12$, Ra 2.5

015.07 Нарізати нарізь у отворах К1-К6 послідовно, остаточно, витримуючи розміри $\varnothing 60;60^\circ; \varnothing M6;10$, Ra 2.5 та контролюючи середній діаметр $\varnothing 4,92$

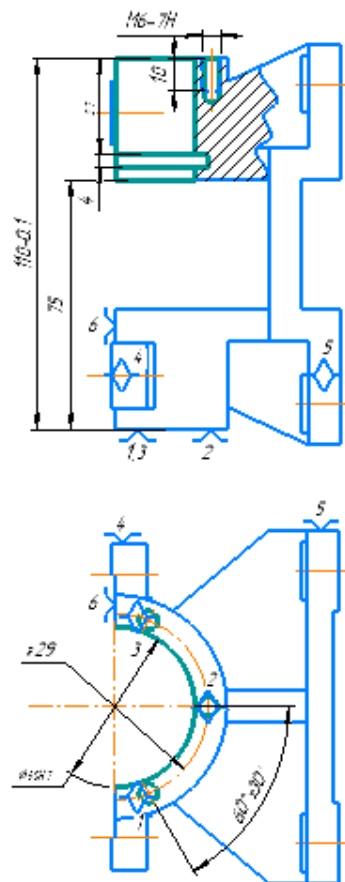


Рис. 2.13 - Операція 015: Багатоцільова з ЧПК.

020. Мийочна

025. Контрольна

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Детально розглянувши розроблений технологічний процес, доходимо висновку, що для виготовлення деталі «Корпус Д21» буде достатньо одного фрезерного верстата. Проаналізувавши отримані із допомогою програми дані оброблення, деталі обираємо багатоцільовий вертикально-фрезерний оброблюючий центр HAAS VF-2



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

Таблиця 2.9 – Характеристики верстату Haas VF-2

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

					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Максимальна потужність, кВт	22.4
Максимальна швидкість обертання, об/хв	8100
Ємність магазину інструментів, шт.	20

2.7. Визначення припусків для оброблення поверхонь деталі

2.7.1. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом

Даний метод визначення припусків базується на аналізі похибок, що виникають при конкретних умовах оброблення заготовки. Сумарне відхилення розташування поверхонь у заготовки, отриманої литтям, точність і якість поверхонь.

Розрахунок припуску для отримання площини 10h14 (0...-0,36 мм) (Ra 2,5)

Технологічний процес містить в собі 2 переходи для досягнення заданих параметрів якості:

Фрезерування чорнове: 12,5h14 Ra = 5 мкм;

Фрезерування напівчистове: 10h14, Ra = 2,5 мкм;

Поля допусків:

- заготовка $T_{a0} = 0,740$ мм;

- фрезерування чорнове $T_{a1} = 0.430$ мм;

- фрезерування чистове $T_{a2} = 0.360$ мм;

Сумарне відхилення розташування поверхні у заготовки, одержуваних литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за металевими моделями, параметри точності і якості поверхонь:

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

- для заготовки $R_{z_0} = 0,1\text{мм}, T = 0,1\text{мм};$

Параметри якості поверхонь після оброблення:

- для чорнового фрезерування $R_{z_1} = 0.05\text{мм}, T_1 = 0.05\text{мм};$

- для напівчистового фрезерування $R_{z_2} = 0.025\text{мм}, T_2 = 0.025\text{ мм};$

Для обрахунку припусків будемо використовувати формулу:

$$Z_{i\min} = R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (2.8)$$

Де: R_{zi-1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

T_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

ρ_i - сумарні відхилення розташування поверхні;

ε_i - похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Сумарні просторові відхилення:

$$\rho_3 = \rho_{\text{кор}} \quad (2.9)$$

$$\rho_{\text{кор}} = (\Delta_k l) = (0,7 * 125) = 0,087 \text{ мм}; \quad (2.10)$$

Де: $\Delta_k = 0,7 \text{ мкм/мм}$ - величина питомого жолоблення

l – довжина оброблюваної площини

Просторове відхилення для заготовки:

$$\rho_3 = 0,133 \text{ мм}; \quad (2.11)$$

Сумарні просторові відхилення після обробки визначаємо за формулою:

$$\rho_i = K_y * \rho_0; \quad (2.12)$$

Де: K_y - коефіцієнт уточнення;

Просторові відхилення при чорновому фрезеруванні:

$$\rho_1 = K_y * \rho_0 = 0,06 * 0,133 = 0,00798 \text{ мм}; \quad (2.13)$$

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

K_y - коефіцієнт уточнення для чорнової обробки = 0,06 мкм;

Просторові відхилення після чистового фрезерування:

$$\rho_2 = K_y * \rho_1 = 0,04 * 0,133 = 0,00532 \text{ мм}; \quad (2.14)$$

$K_y = 0,04$ – коефіцієнт уточнення для напівчистової обробки;

Визначаємо похибку установки:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.15)$$

Де

$\varepsilon_\delta = 0$ - похибка базування, оскільки технологічна база співпадає із вимірювальною;

$\varepsilon_3 = 0,1$ мм - похибка закріплення зажим в лещатах;

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0 + 0,1^2} = 0,1 \text{ мм}. \quad (2.16)$$

Розрахуємо мінімальні припуски на обробку:

$$Z_{1\min} = (R_{z0} + T_0 + \rho_0 + \varepsilon_0) = (0,1 + 0,1 + 0,133 + 0,1) = 0,433 \text{ мм}; \quad (2.17)$$

$$Z_{2\min} = (R_{z1} + T_1 + \rho_1 + \varepsilon_1) = (0,05 + 0,05 + 0,0079 + 0,1) = 0,208 \text{ мм}; \quad (2.18)$$

Розрахуємо максимальні припуски на обробку:

$$z_{1\max} = z_{1\min} + Ta_0 - Ta_1 = 0,433 + 0,74 - 0,43 = 0,743 \text{ мм}; \quad (2.19)$$

$$z_{2\max} = z_{2\min} + Ta_1 - Ta_2 = 0,208 + 0,43 - 0,36 = 0,278 \text{ мм}. \quad (2.20)$$

Розрахунковий максимальний та мінімальний розмір:

$$a_{0\min} = a_{1\min} + z_{\min 1} = 9,848 + 0,433 = 10,281 \text{ мм}; \quad (2.21)$$

$$a_{1\min} = a_{2\min} + z_{\min 2} = 9,64 + 0,208 = 9,848 \text{ мм}; \quad (2.22)$$

$$a_{0\max} = a_{\min 0} + T_0 = 10,281 + 0,74 = 11,021 \text{ мм}; \quad (2.23)$$

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_{1max} = a_{min1} + T_1 = 9,848 + 0,43 = 10,281 \text{ мм}; \quad (2.24)$$

$$a_{2max} = a_{min2} + T_2 = 9,64 + 0,36 = 10 \text{ мм}. \quad (2.25)$$

Таблиця 2.15 - Припуски на механічну обробку розміру 10h14

Маршрут обробки поверхні	Елементи припуску				Розрахунковий припуск Zmin, мм	Допуск Т, мм	Між операційні розміри, мм		Межові значення припусків, мм	
	Rz,	T,	ρ ,	ε						
	мм	мм	мм	у, мм			a _{min}	a _{max}	Z _{imin}	Z _{imax}
Заготовка	0,1	0,1	0,133	-	-	0,43	10,281	11,021	-	-
Фрезерування чорнове	0,05	0,05	0,08	0,1	0,433	0,43	9,848	10,281	0,433	0,74
Фрезерування чистове	0,025	0,025	0,05	0,1	0,208	0,36	9,64	10	0,208	0,278

Загальні припуски:

$$z_{0max} = z_{1max} + z_{2max} = 0,743 + 0,278 = 1,021 \text{ мм}. \quad (2.26)$$

$$z_{0min} = z_{1min} + z_{2min} = 0,641 \text{ мм}. \quad (2.27)$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$Ta_0 - Ta_3 = z_{0max} - z_{0min}; \quad (2.28)$$

$$Ta_0 - Ta_3 = 0,74 - 0,36 = 0,38 \text{ мм}; \quad (2.29)$$

$$z_{0max} - z_{0min} = 0,38 \text{ мм}. \quad (2.30)$$

Умова виконується. Отже, остаточно приймаємо припуск на обробку
поверхні площини - $z_0 = 1,7 \text{ мм}$.

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок припуску для отримання отвору $\varnothing 50H7 (0...+0,025 \text{ мм})$ ($Ra 2,5$)

Технологічний процес оброблення даної поверхні містить в собі 3 переходи:

Розточування чорнове – $\varnothing 49H11$, $Ra = 6,3 \text{ мкм}$,

Розточування напівчистове – $\varnothing 49,7H9$ $Ra = 3,2 \text{ мкм}$,

Розточування чистове – $\varnothing 50H7$, $Ra = 2,5 \text{ мкм}$.

Поля допусків:

- заготовка $T_{d0} = 0,62 \text{ мм}$;
- розточування чорнове $T_{d1} = 0,16 \text{ мм}$;
- розточування напівчистове $T_{d2} = 0,062 \text{ мм}$;
- розточування чистове $T_{d3} = 0,025 \text{ мм}$;

Сумарне відхилення розташування поверхонь заготовки, отриманої литтям в піщано-глинисті форми, параметри точності і якості поверхонь:

- для заготовки $R_{z0} = 0.1 \text{ мм}$, $T = 0.1 \text{ мм}$,

Параметри якості поверхні після оброблення:

- для чорнового розточування $R_{z1} = 0.04 \text{ мм}$, $T_1 = 0.04 \text{ мм}$;
- для напівчистового розточування $R_{z2} = 0.02 \text{ мм}$, $T_2 = 0.02 \text{ мм}$;
- для чистового розточування $R_{z3} = 0.01 \text{ мм}$, $T_3 = 0.015 \text{ мм}$;

Для обрахунку припусків будемо використовувати формулу:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_i^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.32)$$

Де: R_{zi-1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

T_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

ρ_i - сумарні відхилення розташування поверхні;

ε_i - похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

Сумарні просторові відхилення:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} \quad (2.33)$$

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(0,7 * 50)^2 + (0,7 * 35)^2} = 0,0427 \text{ мм}; \quad (2.34)$$

Де:

$\Delta_k = 0,7$ мкм/мм - величина питомого жолоблення табл. 32 [3]
 d, l – діаметр та довжина оброблюваного отвору

$$\rho_{\text{см}} = \rho_{\text{П}} \cdot D = 0,001 * 50 = 0,05 \text{ мм}; \quad (2.35)$$

$\rho_{\text{П}} = 0,001$ мкм/ мм - питомий перекіс осі, табл. 33-35 [3];

Просторове відхилення для заготовки:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} = \sqrt{0,0427^2 + 0,05^2} = 0,066 \text{ мм}. \quad (2.36)$$

Сумарні і просторові відхилення після оброблення визначаються за формулою:

$$\rho_i = K_y * \rho_0 \quad (2.37)$$

Де: K_y - коефіцієнт уточнення;

Просторові відхилення при чорновому розточуванні:

$$\rho_1 = K_y * \rho_0 = 0,04 * 0,066 = 0,00264 \text{ мм}; \quad (2.38)$$

K_y - коефіцієнт уточнення для чорнової обробки = 0,06 мкм;

Просторові відхилення після напівчистового розточування:

$$\rho_2 = K_y * \rho_1 = 0,03 * 0,066 = 0,00198 \text{ мм}; \quad (2.39)$$

$K_y = 0,03$ – просторові відхилення для напівчистового оброблення;

Просторові відхилення після чистового розточування:

$$\rho_2 = K_y * \rho_2 = 0,02 * 0,066 = 0,00132 \text{ мм}; \quad (2.40)$$

$K_y = 0,02$ - просторові відхилення для чистового оброблення.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

Визначаємо похибку установки:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.41)$$

Де

$\varepsilon_\delta = 0$ - похибка базування, оскільки установча база співпадає із вимірювальною;

$\varepsilon_3 = 0,02$ мм - похибка закріплення зажим в установі;

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0 + 0,02^2} = 0,02 \text{ мм.} \quad (2.42)$$

Розрахуємо мінімальні припуски на обробку:

$$Z_{1min} = (R_{z0} + T_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_0^2}) = (0,1 + 0,1 + \sqrt{0,066^2 + 0,02^2}) = 0,27 \text{ мм;} \quad (2.43)$$

$$2 \cdot z_{1min} = 0,54 \text{ мм.} \quad (2.44)$$

$$Z_{2min} = (R_{z1} + T_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_1^2}) = (0,04 + 0,04 + \sqrt{0,0264^2 + 0,02^2}) = 0,1 \text{ мм;} \quad (2.45)$$

$$2 \cdot z_{1min} = 0,2 \text{ мм.} \quad (2.46)$$

$$Z_{3min} = (R_{z2} + T_2 + \sqrt{\rho_2^2 + \varepsilon_2^2}) = (0,02 + 0,02 + \sqrt{0,00198^2 + 0,02^2}) = 0,06 \text{ мм;} \quad (2.47)$$

$$2 \cdot z_{1min} = 0,12 \text{ мм.} \quad (2.48)$$

Розрахуємо максимальні припуски на обробку:

$$z_{1max} = z_{1min} + \frac{Td_0 - Td_1}{2} = 0,27 + \frac{0,620 - 0,160}{2} = 0,5 \text{ мм.} \quad (2.49)$$

$$2 \cdot z_{1max} = 1 \text{ мм.} \quad (2.50)$$

$$z_{2max} = z_{2min} + \frac{Td_1 - Td_2}{2} = 0,1 + \frac{0,160 - 0,062}{2} = 0,15 \text{ мм.} \quad (2.51)$$

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2 \cdot z_{2max} = 0.3 \text{ мм.} \quad (2.52)$$

$$z_{3max} = z_{3min} + \frac{Td_2 - Td_3}{2} = 0.06 + \frac{0.062 - 0.025}{2} = 0.078 \text{ мм.} \quad (2.53)$$

$$2 \cdot z_{3max} = 0.156 \text{ мм.} \quad (2.54)$$

Розрахунковий максимальний розмір:

$$d_{3max} = D + Td_3 \rightarrow 50 + 0.025 = 50.025 \text{ мм.} \quad (2.55)$$

$$d_{2max} = d_{3max} - 2 \cdot z_{3max} \rightarrow 50.025 - 0.156 = 49.869 \text{ мм;} \quad (2.56)$$

$$d_{1max} = d_{2max} - 2 \cdot z_{2max} \rightarrow 49.869 - 0.3 = 49.569 \text{ мм} \quad (2.57)$$

$$d_{0max} = d_{1max} - 2 \cdot z_{1max} \rightarrow 49.569 - 1 = 48.569 \text{ мм.} \quad (2.58)$$

Таблиця 2.16 - Припуски на механічну обробку розміру $\varnothing 50\text{H7}$

Маршрут обробки поверхні	Елементи припуску				Розра- хунковий припуск $2Z_{\min}$, мм	Допуск Т, мм	Між операційні розміри, мм		Межові значення припусків, мм	
	R_z , мм	Т, мм	ρ , мм	ε_y , мм			d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка (лиття)	0,1	0,1	0,066	-	-	0,62	47,949	48,569	-	-
Розточування чорнове	0,04	0,04	0,0026	0,02	0,59	0,16	49,409	49,569	0,54	1
Розточування напівчистове	0,02	0,02	0,002	0,02	0,24	0,062	49,807	49,869	0,2	0,3
Розточування чистове	0,01	0,015	0,0013	0,02	0.2	0,025	50	50,025	0,1	0.156

Загальні припуски:

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$z_{0max} = z_{1max} + z_{2max} + z_{3max} \rightarrow 0.5 + 0.15 + 0.078 = 0.728 \text{ мм.} \quad (2.59)$$

$$2 \cdot z_{0max} = 1,456 \text{ мм.} \quad (2.60)$$

$$z_{0min} = z_{1min} + z_{2min} + z_{3min} \rightarrow 0.06 + 0.1 + 0.27 = 0,43 \text{ мм.} \quad (2.61)$$

$$2 \cdot z_{0min} = 0,86 \text{ мм.} \quad (2.62)$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$Td_0 - Td_3 = 2 \cdot z_{0max} - 2 \cdot z_{0min}; \quad (2.63)$$

$$Td_0 - Td_3 \rightarrow 0.620 - 0.025 = 0.595 \text{ мм.} \quad (2.64)$$

$$2 \cdot z_{0max} - 2 \cdot z_{0min} \rightarrow 2 \cdot 0.728 - 2 \cdot 0.43 = 0,596 \text{ мм.} \quad (2.65)$$

Умова виконується. Отже, остаточно приймаємо припуск на обробку отвору

$$2 \cdot z_0 = 1.5 \text{ мм.}$$

2.7.2. Визначення припусків аналоговим методом

Клас точності виливка – 10;

Ступінь короблення – 7;

Ступінь точності поверхні виливка 14;

Клас точності маси – 11т;

Ряд припусків 7;

Таблиця 2.17 Припуски на обробку, призначені за допомогою аналогового методу

№	Параметр	10 мм; Зовн. Ra 2.5	71 мм Зовн. Ra 6.3	Ø 50H7 Внутр. Ra 2.5	35 Зовн. Ra 2.5

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

1	Допуск на розмір вилівка	4,3(±1.0)	5,5(±2.2)	4,9(±1.8)	5,6(±2.0)
2	Вид кінцевої механічної обробки, необхідної для забезпечення необхідної точності розмірів поверхонь деталі	чорнова	чорнова	чорнова напівчисто ва чистова	чорнова
3	Вид кінцевої механічної обробки, необхідної для забезпечення необхідної шорсткості поверхні	чорнова чистова	чорнова	чорнова напівчисто ва чистова	чорнова чистова
4	Прийнятий вид кінцевої обробки, необхідної для забезпечення необхідної якості деталі	чистова	чорнова	чистова	чистова
5	Загальний припуск на сторону	0,3	1,2	1,4	1,0
6	Кінцевий розмір	14,3±1,0	77,5±2.2	39,8±1.8	40,6±2.0

2.8. Визначення режимів різання

2.8.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом

005 Перехід 01 чорнове фрезерування

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристосування – лещата;

Інструмент – Фреза торцева ВК8 Ø 50 мм;

Глибина фрезерування $t = 2.1$ мм;

Ширина фрезерування $B = 25$ мм;

Подача:

$$S_M = S_n = S_z n, \quad (2.66)$$

Де n – частота обертів фрези, об/хв;

Z – к-сть зубів фрези;

S_z – подача на один зуб;

$S_z = 0,4$ мм/об табл. 33 с.283 [4];

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v; \quad (2.67)$$

Значення коефіцієнта C_V та показників степені наведені в табл. 39 [4], а період стійкості T в табл. 40 [4].

$C_V = 234; q = 0.44; x = 0.24; y = 0.26; u = 0.1; p = 0.13; m = 0.37; T = 80;$

Загальний поправочний коефіцієнт швидкості різання, що враховує фактичні вимоги

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}; \quad (2.68)$$

Де:

$K_{mv} = 0.84$; коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу (табл. 1-4 [3]);

$K_{pv} = 0,8$; коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки (табл. 5 [4]);

$K_{iv} = 1,15$; коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту (табл. 6 [4]);

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv} = 0,84 * 0,8 * 1,15 = 0,77; \quad (2.69)$$

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v = \frac{234 * 45^{0.44}}{80^{0.37} * 2.1^{0.24} * 0.4^{0.26} * 29^{0.1} * 6^{0.13}} 0,77$$

$$= 114.53 \frac{\text{М}}{\text{ХВ}};$$

(2.70)

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x B^1 S_z^y z}{D^q n^w} K_{\text{мр}}; \quad (2.71)$$

Де z – число зубів фрези;

n – частота обертів фрези об/хв;

Значення коефіцієнта C_p та показників степені наведені в табл. 41[4], поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу для чавуну – табл. 9 [4]. Величина інших сил різання (P_h, P_u, P_y, P_x) встановлюють по табл. 42 [4].

$$C_p = 30; x = 0.83; y = 0.65; u = 1; q = 0.83; w = 0; K_{\text{мр}} = 1,05; \quad (2.72)$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 * 114.53}{3.14 * 45} = 810 \frac{\text{об}}{\text{ХВ}}; \quad (2.73)$$

Приймаємо $n = 810 \frac{\text{об}}{\text{ХВ}};$

$$P_z = \frac{10 C_p t^x B^1 S_z^y z}{D^q n^w} K_{\text{мр}} = \frac{10 * 30 * 2.1^{0.83} * 29^{0.1} * 0.4^{0.65} * 6}{45^{0.83} 810^0} 1,05 = 2372.7 \text{ Н}; \quad (2.74)$$

Крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z D}{2 * 100} = \frac{2372.7 * 45}{2 * 100} = 533.86 \text{ Н * м}; \quad (2.75)$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z V}{1000 * 60} = \frac{2372.7 * 114.53}{1000 * 60} = 4.5 \text{ кВт}. \quad (2.76)$$

015 Перехід 01 чорнове розточування. $\varnothing 49\text{H}11$;

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – спеціальне (прихвати);

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

Інструмент –Розточна головка ВК8 Ø 49 мм;

Глибина різання $t = 1,3$ мм;

Подача $S = 0,76$ мм/об табл. 26 с.277 [4];

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^m S^y t^x} K_v; \quad (2.77)$$

Значення коефіцієнта C_V та показників ступеня обираємо по табл. 29 с.279 [4], а період стійкості T по табл. 30 с.279 [4];

$$C_V = 223; x = 0.15; y = 0.42; m = 0.2; T = 60 \text{ хв};$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv} K_{pv}; \quad (2.78)$$

Де:

$K_{mv} = 0.84$; – коефіцієнта на оброблюваний матеріал (табл. 1-4 [4]);

$K_{iv} = 0.83$; – коефіцієнта на інструментальний матеріал (табл. 6 [4]);

$K_{lv} = 1$; – коефіцієнта, що враховує глибину різання (табл. 31 [4]);

$K_{pv} = 0.8$; – додатковий поправочний коефіцієнта (табл. 5 [4]);

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv} K_{pv} = 0,84 * 0,83 * 1 * 0,8 = 0,56; \quad (2.79)$$

$$V = \frac{C_V}{T^m S^y t^x} K_v = \frac{223}{60^{0.4} * 0,76^{0.42} * 1,3^{0.15}} 0.56 = 59,4 \text{ м/хв}. \quad (2.80)$$

Головну силу різання, H , розраховуємо за формулою:

$$P_z = 10 C_p t^x S^y V_n K_p; \quad (2.81)$$

Значення коефіцієнтів C_p та показники степеню наведені в табл. 32 с.281[4];

$$C_p = 92; x = 1; y = 0.75; n = 0;$$

Коефіцієнт, що враховує фактичні вимоги оброблення в даному випадку залежить тільки від матеріалу оброблюваної деталі та визначається за формулою:

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_p = (HB/190)^n = 1.116; \quad (2.82)$$

$$P_z = 10C_p t^x S^y K_p = 920 * 1,3^1 * 0.76^{0.75} * 1.116 = 973,5 \text{ Н}; \quad (2.83)$$

Потужність різання, кВт, визначається за формулою:

$$N_e = \frac{P_z V}{1020 * 60}; \quad (2.84)$$

Де частота обертів інструмента чи заготовки, об/хв,

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 * 59,4}{3.14 * 49} = 385,8; \quad (2.85)$$

Приймаємо $n=390$ об/хв;

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z V}{1020 * 60} = \frac{973,57 * 59,4}{1020 * 60} = 0,9 \text{ кВт}. \quad (2.86)$$

005 Перехід 01 чорнове фрезерування $D=50$.

t, мм	S_z , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
2,1	0.4	114,53	386

015 Перехід 01 чорнове розточування. $D = 49$.

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
1,3	0,76	59,4	386

2.8.2. Визначення режимів різання аналоговими методами

005 Перехід 02 - чорнове фрезерування;

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – Самоцентрівні лещата;

Інструмент – Торцева фреза $\varnothing 50$ мм;

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

t, мм	S_z , мм/зуб	V, м/хв	n, об/хв
2	0,4	141,37	750

005 Перехід 03 - центрування;

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – Самоцентрівні лещата;

Інструмент – свердло центрувальне;

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
4	0,3	26,5	1055

005 Перехід 04 - свердління;

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – Самоцентрівні лещата;

Інструмент – свердло P6M5 \varnothing 10,31 мм;

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
5,155	0,2	26	803

005 Перехід 05 - зенкування;

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – Самоцентрівні лещата;

Інструмент – Зенкер P6M5 \varnothing 10,79 мм;

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
0,25	0,56	31,6	931

005 Перехід 06 - розвертання;

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,
 Пристосування – Самоцентрівні лещата;
 Інструмент – Розвертка Р6М5 Ø 11 мм;

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
0,15	0,26	8,7	252

010 Перехід 01 – чорнове фрезерування;
 Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,
 Пристосування – спеціальне;
 Інструмент – фреза торцева Ø 50 мм;

t, мм	S_z , мм/зуб	V, м/хв	n, об/хв
2,1	0,26	120	764

010 Перехід 02 – напівчистове фрезерування;
 Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,
 Пристосування – спеціальне;
 Інструмент – фреза торцева Ø 50 мм;

t, мм	S_z , мм/зуб	V, м/хв	n, об/хв
1,1	0,26	137	872

010 Перехід 03 – центрування;
 Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,
 Пристосування – спеціальне;
 Інструмент – свердло центрувальне Ø 8 мм;

					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

010 Перехід 07 – чорнове фрезерування;

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – спеціальне;

Інструмент – фреза кінцева $\varnothing 40$ мм;

t, мм	S_z , мм/зуб	V, м/хв	n, об/хв
1,5	0,13	35	280

010 Перехід 08 – напівчистове фрезерування;

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – спеціальне;

Інструмент – фреза кінцева $\varnothing 40$ мм;

t, мм	S_z , мм/зуб	V, м/хв	n, об/хв
1	0,13	35	280

015 Перехід 02 – напівчистове розточування;

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – спеціальне;

Інструмент – розточна головка $\varnothing 49,7$ мм;

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
0,7	0,65	153	980

015 Перехід 03 – чистове розточування;

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – спеціальне;

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Інструмент – розточна головка $\varnothing 50$ мм;

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
0,3	0,16	186,7	1190

015 Перехід 04 – центрування;

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – спеціальне;

Інструмент – свердло центрувальне $\varnothing 5$ мм;

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
2	0,13	27,5	2200

015 Перехід 05 – свердління;

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – спеціальне;

Інструмент – свердло спіральне $\varnothing 4,9$ мм;

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
2,45	0,09	28	1820

015 Перехід 06 – нарізання нарізі;

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – спеціальне;

Інструмент – мітчик М6;

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
1	1	3,95	210

					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

2.9. Нормування технологічних операцій

2.9.1. Розрахунок поштучного часу для операцій

Операція 005

Таблиця 2.18 - Переходи технологічної операції 005

№	Перехід	Інструмент	Розрахункові розміри оброблення			Припуск на сторону, мм	Число проходів
			Довжина, мм	Врізання та пробіг, мм	Розрахункова довжина, мм		
1	Фрезерувати розмір 78,5 мм	Фреза торцева	125	6,5	138	2,1	2
2	Фрезерувати розмір 76 мм	Фреза торцева	125	6,5	138	1,5	2
3	Центрувати отвори	Свердло центрувальне	0	6,4	6,4	---	4
4	Свердлити діаметр Ø10,3 мм	Свердло	12	3	15	---	4
5	Зенкерувати	Зенкер	12	0	12	---	4
6	Розвертати	Розвертка	12	0	12	---	4

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

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{обсл}} + T_{\text{в}} + T_{\text{отд}} \quad (2.87)$$

При серійному виробництві додатково розраховується підготовче – заключний час

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

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} \quad (2.88)$$

Після визначення змісту всіх операцій, вибору необхідного обладнання, інструментів та розрахунку режимів різання, норми часу визначаються в такій послідовності:

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1. На підставі розрахованих режимів роботи обладнання за кожним переходом розраховується основний (технологічний) час T_o .
2. За нормативами в залежності від операцій та обладнання визначається час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби $T_{обсл}$ та $T_{отд}$.
3. За змістом кожного переходу визначається необхідний комплекс прийомів допоміжних робіт та визначається допоміжний час T_v з урахуванням можливих та доцільних суміщень і перекриттів.
4. Визначається норма штучного часу $T_{шт}$.
5. Для серійного виробництва визначається зміст підготовчо–завершальної роботи, розраховується підготовчо-завершальний час $T_{п.з}$ та штучно-калькуляційний час $T_{шк}$.

Визначення основного (технологічного) часу

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS}i, \text{ хв} \quad (2.89)$$

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

l_1 - величина врізання та перебігу інструмента, мм; [6] додаток 1

n - частота обертів шпинделя, об/хв;

S - подача на один оберт шпинделя мм/об;

i - число переходів.

Для 1 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS}i = T_o = \frac{125+13}{810 \cdot 0.76} * 2 = 0,45 \text{ хв.}; \quad (2.90)$$

Для 2 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS}i = T_o = \frac{125+13}{750 \cdot 0,4} 2 = 0,92 \text{ хв.}; \quad (2.90)$$

Для 3 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS}i = T_o = \frac{6,4}{1055 \cdot 0,3} * 4 = 0,06 \text{ хв.}; \quad (2.92)$$

Для 4 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS}i = T_o = \frac{12+3}{803 \cdot 0,2} 4 = 0,38 \text{ хв.} \quad (2.93)$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

Для 5 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i = T_o = \frac{12+0}{931*0,56} 4 = 0,09 \text{ хв.}; \quad (2.94)$$

Для 6 переходу:

$$T_o = \frac{l+l_1}{nS} i = T_o = \frac{12+0}{0,26*252} 4 = 0,73 \text{ хв.}; \quad (2.95)$$

Загальний технологічний час на операцію дорівнює:

$$T_o = T_{o1} + \dots = 2,63 \text{ хв.} \quad (2.96)$$

Визначення допоміжного часу

Допоміжний час на установку та зняття деталі T_b

Час на установку та зняття деталі масою 2,65 кг в самоцентрівних лещатах з гвинтовим затиском дорівнює 0,31 хв. ([6] карта 9, л. 1)

Допоміжний час зв'язаний з переходом, визначається за [6] карта 27.

Для 1 переходу – 0,17 хв.;

Для 2 переходу – 0,17 хв.;

Для 3 переходу - 0,03 хв.;

Для 4 переходу – 0,11 хв.;

Для 5 переходу – 0,08 хв.;

Для 6 переходу - 0,08 хв.;

$$T_d = 0,64 \text{ хв.};$$

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

Час на заміну інструмента між переходами = 0,08 хв*5переходів = 0,4 хв;

Час на заміну подачі = 0,06 хв *6 переходів = 0,36 хв;

Час на зміну швидкості шпинделя = 0,07 хв* 6 переходів = 0,42 хв;

Допоміжний час на контрольні виміри

Допоміжний час при вимірюванні поверхонь 1,2 штангенциркулем 0,4 хв.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

Допоміжний час на операцію:

$$T_d = 0,64 + 0,4 + 0,36 + 0,42 + 0,4 + 0,31 = 2,53 \text{ хв.} \quad (2.97)$$

За картою 1 [6] визначається поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від сумарної тривалості обробки партії деталей за трудомісткістю. При трудомісткості обробки партій деталі в 5 змін цей коефіцієнт дорівнює 1. З врахуванням поправочного коефіцієнту допоміжний час на операцію дорівнює:

$$T_o = 2,53 \text{ хв.}$$

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

Час на обслуговування робочого місця визначається за картою 45[6]. Для станків з ЧПК $T_{\text{обсл}} = 5$ хв.

Час на відпочинок та природні потреби для станків з механічною подачею $T_{\text{отд}} = 4$ хв.

Визначення норми штучного часу

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{обсл}} + T_v + T_{\text{отд}} = 2,63 + 2,53 + 5 + 4 = 14,16 \text{ хв.} \quad (2.98)$$

Визначення підготовчо - заключного часу

Підготовчо – заключний час визначається за картою 54 [6]

$$T_{\text{п.з}} = 9 \text{ хв.}$$

Штучно – калькуляційний

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} = 13,85 + \frac{9}{6} = 15,56 \text{ хв.} \quad (2.99)$$

Операція 010

Таблиця 2.19 - Переходи технологічної операції 010

№	Перехід	Інструмент	Розрахункові розміри оброблення			Припуск на сторону, мм	Число проходів	То, хв
			Довжина, мм	Врізання та пробіг, мм	Розрахункова довжина, мм			

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

1	Фрезерувати розмір 73,5 мм	Фреза торцева	120	6,5	133	2,5	2	1,34
2	Фрезерувати розмір 71 мм	Фреза торцева	120	6,5	133	1,1	2	1,17
3	Центрувати отвори	Свердло центрувальне	0	6,4	6,4	---	4	0,08
4	Свердлити діаметр Ø4,5 мм	Свердло	11	1,3	12,3	---	4	0,28
5	Свердлити діаметр Ø9 мм	Свердло	11	3	14	---	4	0,31
6	Фрезерувати розмір 70	Фреза кінцева	120	5,5	47,3	1	2	2,71
7	Фрезерувати розмір 36	Фреза кінцева	35	6,15	47,3	1,5	2	2,6
8	Фрезерувати розмір 35	Фреза кінцева	35	6,15	47,3	1	2	2,6

Допоміжний час зв'язаний з переходом: $T_d = 1,47$ хв.

Допоміжний час для управління верстатом, зміна швидкості шпинделя, заміна інструменту: $T_d = 1,64$ хв.

Штучно – калькуляційний

$T_{шк}=21,85$ хв.

Операція 015

Таблиця 2.20 - Переходи технологічної операції 015

№	Перехід	Інструмент	Розрахункові розміри оброблення			Припуск на сторону, мм	Число проходів	То, хв
			Довжина, мм	Врізання та пробіг, мм	Розрахункова довжина, мм			

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

1	Розточувати розмір Ø48	Розточна головка	35	0	35	1,3	2	0,13
2	Розточувати розмір Ø49,4	Розточна головка	35	0	35	0,7	2	0,11
3	Розточувати розмір Ø50	Розточна головка	35	0	35	0,3	2	0,37
4	Центрувати отвори	Свердло центрувальне	0	2,8	2,8	---	6	0,06
5	Свердлити діаметр Ø4,9 мм	Свердло	12	1,5	13,5	---	6	0,5
6	Нарізати нарізь М6	Мітчик	10	0	10	---	6	1,8

Допоміжний час зв'язаний з переходом: $T_d = 0,22$ хв.

Допоміжний час для управління верстатом, зміна швидкості шпинделя, заміна інструменту: $T_d = 1,26$ хв.

Штучно – калькуляційний

$$T_{шк} = 12,99 \text{ хв.}$$

Отже, загальний час оброблення становить 50,4 хв.

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

3.1. Обґрунтування системи верстатних пристроїв

Верстатні пристрої – Це механізми, що служать для розширення технологічних можливостей верстатів. (ДСТУ 2691-94)

Існує багато різних класифікацій пристроїв за призначенням, за технологічними ознаками, за ступенем спеціалізації тощо.

Виділяють також шість основних систем верстатних пристроїв:

- універсальні безналагоджувальні пристосування;
- універсальні налагоджувальні пристосування;
- спеціальні налагоджувальні пристосування;
- збірно-розбірні пристосування;
- універсальні збірні пристосування;
- нерозбірні спеціальні пристосування;

Для оброблення деталі «Корпус Д21» обираємо універсальні безналагоджувальні пристрої.

3.2. Розрахунки верстатних пристроїв

3.2.1. Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв

Основним вихідними даними є для проектування є:

- конструкторський документ на деталь і відповідну їй заготовку;
- технологічні документи на попередню операцію та на операцію для якої проектується пристрій;
- програма випуску деталей;
- альбом типових конструкцій верстатних пристроїв;
- паспортні дані металорізальних верстатів;
- визначення можливості оброблення деталі в одномісному пристрої.

Для виготовлення деталі «Корпус Д21» використовуються 3 верстатних пристрої.

005.Багатоцільова з ЧПК

Пристрій являє собою механічні самоцентрівні лещата, силу затиску яких контролює працівник.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист



Рис. 3.1 Самоцентрівні лещата «Allmatic»

Для першої операції обираємо самоцентрівні лещата фірми «Allmatic Centro Gripp 125», оскільки вони мають великий діапазон розмірів закріплюваних деталей, завдяки своїй конструкції та змінним аксесуарам дають також можливість закріплювати деталі різної конфігурації.

010.Багатоцільова з ЧПК

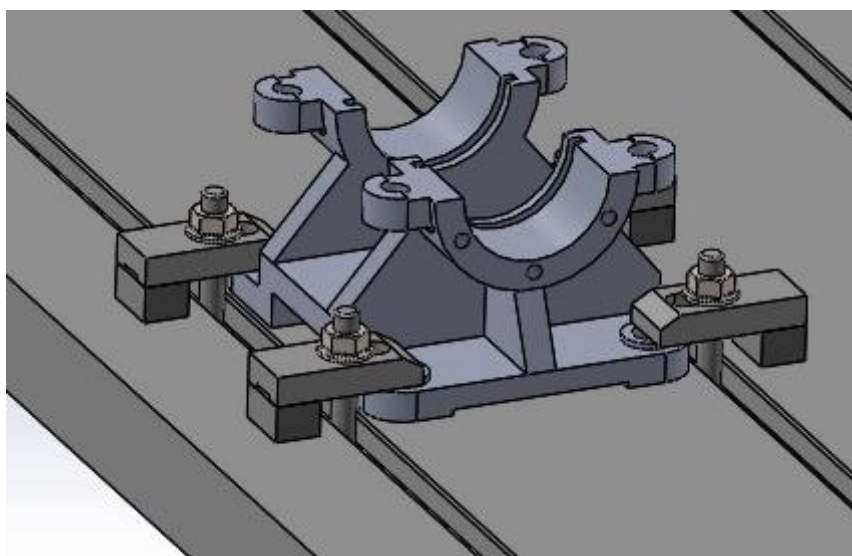


Рис.3.2 – Заготовка, закріплена для операції 010

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

На даній операції заготовка кріпиться безпосередньо до столу верстата за допомогою двох комплектів прихватів. Базується заготовка на двох пальцях: короткому циліндричному та ромбічному. Прихвати встановлюються на гвинти і кріпляться гайками.

015.Багатоцільова з ЧПК

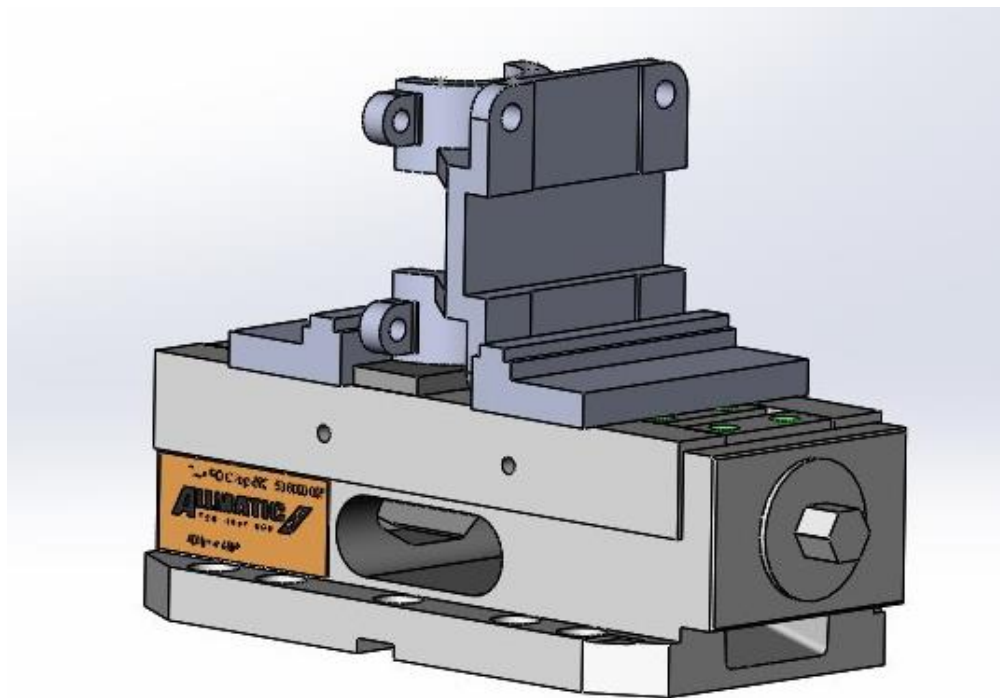


Рис. 3.3 – Установка детали для операции 015

Для даної операції заготовку теж закріплюють у лещата. Для реалізації використовують також підставку.

3.2.2. Послідовність розроблення конструкції пристрою

Проектування пристроїв рекомендується робити в наступній послідовності:

1. Визначити довжини робочого та холостого ходів верстата, розміри столу та шпинделя станка, відстань від стола до шпинделя. Ці дані необхідні для визначення габаритів пристроїв, розміри яких напряму залежать від верстата.
2. Визначити спосіб базування деталі із врахуванням обраних базових поверхонь.
3. При наявності заготовок деталей, які належать до обробки, треба ознайомитися з конструкцією та станом базових поверхонь заготовки та

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

встановити дійсні розміри і їх відхилення, які необхідні для вибору конструкцій опор.

4. Визначити напрямок дії сил різання, місце прикладання та напрямку затискного зусилля.
5. Визначити розташування установчих деталей пристрою та їх кількість. При розташуванні опор потрібно враховувати напрямок дії сил та затисків та розташовувати їх так, щоб дія сил різання сприймалось опорами, а не затискними пристроями.
6. Обрати вид затискного пристрою, спираючись на обраний тип пристрою, серійністю випуску деталей.
7. Обрати допоміжні деталі та механізми пристроїв. При визначенні їхніх конструкції, габаритів, розмірів необхідно прагнути до отримання найменшої ваги та габаритів пристрою, при цьому пристрій повинен зберегти необхідну жорсткість та міцність.
8. Розробити специфікацію пристроїв із зазначенням використаних ГОСТів.

При відношенні пристроїв до тієї чи іншої групи складності можна використати слідуючи ознаки:

1 група – невеликі пристрої (з габаритами до 200х200х200 мм) с простим корпусом (плита, стрижень), призначена тільки для закріплення деталей та для переміщення разом з деталлю, з закріпленими деталями однією – двома гайками чи рукоятками, з кількістю деталей до 5 (змінні губки, оправки, кулачки)

2 група – невеликі пристрої з корпусами середньої важкості (у виді П-, Т- та Г- образних стінок чи у виді комбінації двох – трьох циліндрів чи площин з циліндрами) чи середні за габаритами від 200х200х200 до 500х500х500 мм) з простими корпусами. Призначені тільки для закріплення деталей.

3 група – невеликі пристрої з корпусами середньої важкості зі складним принципом дії (з ділильними, поворотними механізмами, з відносним рухом рухомим частин), з простими чи середніми за складністю затисками. Середні за габаритами.

4 група – невеликі пристрої зі складними корпусами та середні пристрої с двома-трьома стінними корпусами, зі складним чи середнім за складністю принципом дії, з простими чи середніми затисками.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

5 група – середні за габаритами пристрої зі складними корпусами і складними принципами дії, складними затисками.

3.3. Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв

3.3.1. Розрахунок похибок установаження

Похибки установки, закріплення, пристосування в загальному випадку включають систематичні і випадкові складові похибки. Зазвичай їх компенсують при налаштуванні технологічної системи, тому під похибками ε_y , ε_6 , ε_3 , $\varepsilon_{пр}$ приймають граничні випадкові відхилення поверхонь від необхідного положення.

Похибка установаження заготовки в пристрої ε_y обраховують з врахуванням похибок: ε_6 - похибка базування, ε_3 – похибка закріплення заготовок, $\varepsilon_{пр}$ – похибка виготовлення і зношування опорних елементів пристрою. Похибка установаження визначається як граничне поле розсіяності положень вимірювальної поверхні відносно поверхні відліку

$$\varepsilon_y = \sqrt{(\varepsilon_6)^2 + (\varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_{пр})^2}. \quad (3.1)$$

Похибка пристрою не пов'язана із процесом установки заготовок у пристрої, тому часто її враховують при розрахунках точності окремо. Тоді

$$\varepsilon_y = \sqrt{(\varepsilon_6)^2 + (\varepsilon_3)^2}. \quad (3.2)$$

Похибка закріплення ε_3 з'являється в результаті зміщення оброблених поверхонь заготовок під дією затискної сили. Це зміщення, якщо воно велике, але постійне по величині, може бути враховане налаштуванням верстата. В ряді випадків, особливо коли застосовуються пневматичні, гідравлічні, електромеханічні і другі затискні пристосування, що забезпечують постійну силу затиску, похибку закріплення можна виключити із розрахунків.

Операція 005

На даній операції заготовка закріплюється в лещатах.

Знайдемо похибку встановлення.

Згідно із [3] похибка базування у лещатах ε_6 дорівнює 0, а похибка закріплення ε_3 – 0,1.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

Підставивши значення у формулу (3.2) отримуємо

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 0,1^2} = 0,1 \text{ мм} \quad (3.3)$$

Враховуючи те, що на операції 015 заготовка теж встановлюється в лещатах, то дане значення похибки установлення буде вірним і для неї.

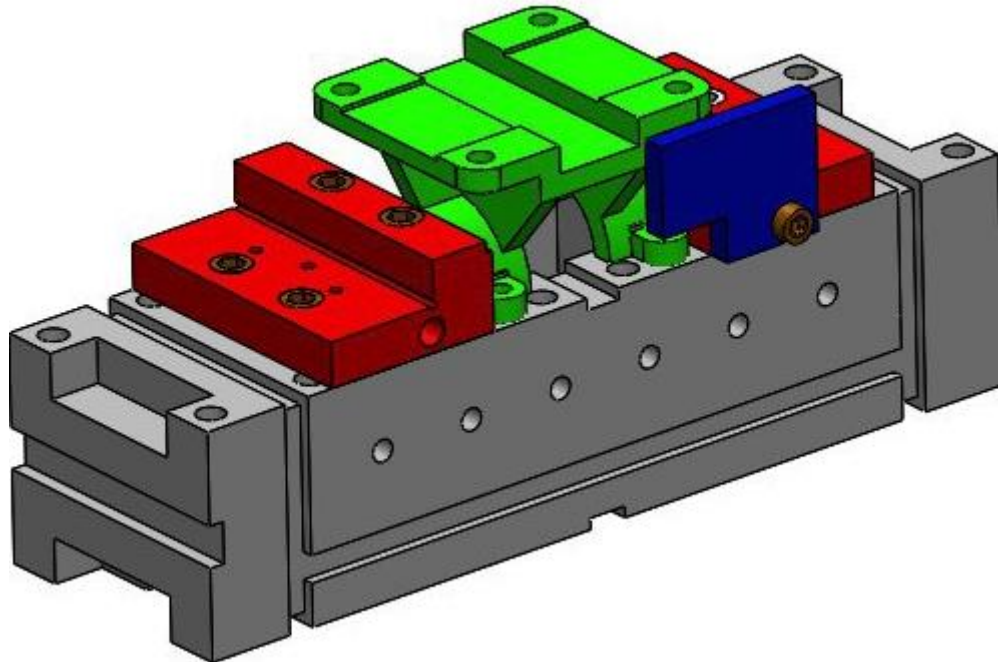


Рис. 3.4 – Установка детали для операції 005

Операція 010

Установка деталі на даному етапі проводиться за допомогою прихватів та базується на двох пальцях.

Обчислимо похибку встановлення.

Згідно із [3] похибка базування ε_6 у цьому випадку дорівнює 0,02, а похибка закріплення ε_3 – 0,02.

Підставивши значення у формулу (3.2) отримуємо

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,02^2 + 0,02^2} = 0,03 \text{ мм} \quad (3.4)$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

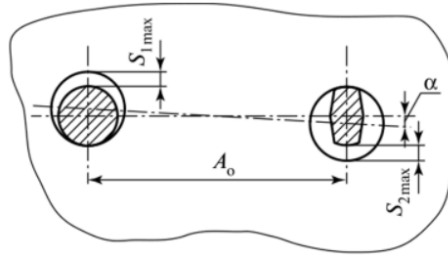


Рис. 3.5 – Зазори при встановленні на два пальці

3.4. Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв

3.4.1. Розрахунок сили затиску заготовки Q

Операція 005 Багатоцільова 3 ЧПК

Найбільші сили різання будуть виникати при напівчистовому фрезеруванні торцевою фрезою, тому розрахунки будемо проводити з умови рівноваги заготовки при цій обробці.

Вихідні дані:

Інструмент: фреза торцева $\varnothing 50$ мм;

Ширина фрезерування $B = 25$ мм;

Подача на зуб фрези $S_z = 0,23$ мм/зуб;

Швидкість різання: $V = 114,4 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$;

Частота обертання шпинделя: $n = 810 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$;

Сила різання: $P_z = 2372,7$ Н;

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

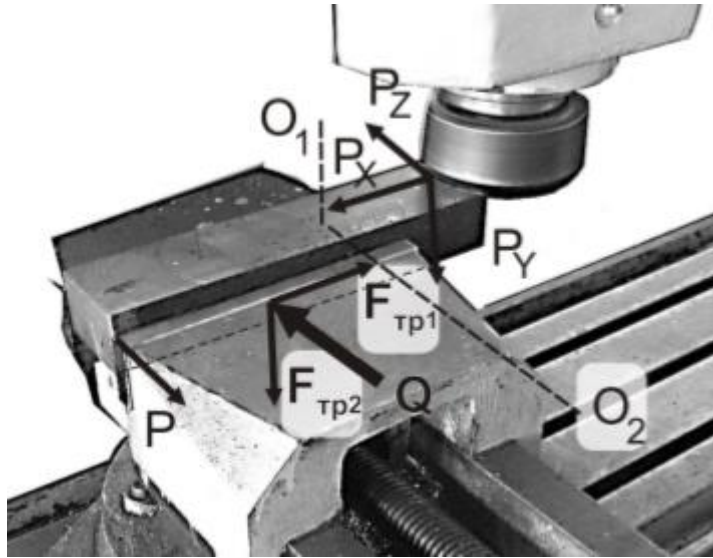


Рис. 3.6 – Система сил при фрезеруванні в лещатах

Визначаємо необхідну силу затискача:

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

де,

$f_{оп} = 0.2$ – коефіцієнт тертя опор із заготовкою,

$f_{зм} = 0.2$ - коефіцієнт тертя затискних елементів із заготовкою.

Розрахунок сили затискача забезпечується його нерухомим положенням під час оброблення:

$$K = K_0 * K_1 * K_2 * K_3 \quad (3.6)$$

$K_0 = 1.2$ - гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1.5$ - обробка не одночасна;

$K_2 = 1.3$ - збільшення сили різання від затуплення ріжучого інструменту;

$K_3 = 1.2$ - переривчасте різання;

$$K = K_0 * K_1 * K_2 * K_3 = 1.2 * 1.5 * 1.3 * 1.2 = 2,8; \quad (3.7)$$

$$Q = \frac{K \cdot P_z}{f_{оп} + f_{оп}} \rightarrow \frac{2,8 \cdot 2372,7}{0,2 + 0,2} = 16609 \text{ Н}$$

Операція 010 Багатоцільова 3 ЧПК

Найбільші сили різання будуть виникати при фрезеруванні торцевою фрезою, тому розрахунки будемо проводити з умови рівноваги заготовки при цій обробці.

Вихідні дані:

Інструмент: Торцева фреза $\varnothing 50 \text{ мм}$;

Ширина фрезерування $B = 29 \text{ мм}$;

Подача на зуб фрези $S_z = 0,26 \text{ мм/об}$;

Швидкість різання: $V = 137 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$;

Частота обертання шпинделя: $n = 872 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$;

Сила різання: $P_z = 1986 \text{ Н}$;

Визначасмо необхідну силу затискача:

$$K \cdot P_z = P_z (f_{оп} + f_{зм})$$

де,

$f_{оп} = 0,2$ - коефіцієнт тертя опор із заготовкою,

$f_{зм} = 0,2$ - коефіцієнт тертя затискних елементів із заготовкою.

Розрахунок сили затискача забезпечується його нерухомим положенням під час оброблення:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (3.8)$$

$K_0 = 1,5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,5$ - обробка не одночасна;

$K_2 = 1,1$ - збільшення сили різання від затуплення ріжучого інструменту;

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

$K_3 = 1.2$ - переривчасте різання;

$$K = K_0 * K_1 * K_2 * K_3 = 1.5 * 1.5 * 1.1 * 1.2 = 2.97; \quad (3.9)$$

$$Q = \frac{K \cdot P_z}{f_{оп} + f_{оп}} \rightarrow \frac{2.97 * 1986.2}{0.2 + 0.2} = 14747.5 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Операція 015

Найбільші сили різання будуть виникати при чорновому розточуванні розточною головкою, тому розрахунки будемо проводити з умови рівноваги заготовки при цій обробці.

Вихідні дані:

Інструмент: розточна головка $\varnothing 50$ мм;

Глибина точіння $h = 1.3$ мм;

Подача на зуб фрези $S_0 = 0.76$ мм/об;

Швидкість різання: $V = 59.4 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$;

Частота обертання шпинделя: $n = 386 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$;

Сила різання: $P_z = 973.5$ Н;

Визначаємо необхідну силу затискача:

$$K * P_z = P_3 (f_{оп} + f_{зм}) \quad (3.10)$$

де,

$f_{оп} = 0.2$ – коефіцієнт тертя опор із заготовкою,

$f_{зм} = 0.2$ - коефіцієнт тертя затискних елементів із заготовкою.

Розрахунок сили затискача забезпечується його нерухомим положенням під час оброблення:

$$K = K = K_0 * K_1 * K_2 * K_3 \quad (3.11)$$

$K_0 = 1.2$ - гарантований коефіцієнт запасу;

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_1 = 1.5$ - обробка не одночасна;

$K_2 = 1.3$ - збільшення сили різання від затуплення ріжучого інструменту;

$K_3 = 1.2$ - переривчасте різання;

$$K = K_0 * K_1 * K_2 * K_3 = 1.2 * 1.5 * 1.3 * 1.2 = 2,8; \quad (3.12)$$

$$Q = \frac{K \cdot P_z}{f_{оп} + f_{оп}} \rightarrow \frac{2,8 \cdot 973,5}{0,2 + 0,2} = 6514,5 \text{ Н}$$

3.4.2. Розрахунок силових механізмів пристроїв

Операція 005 Багатоцільова З ЧПК

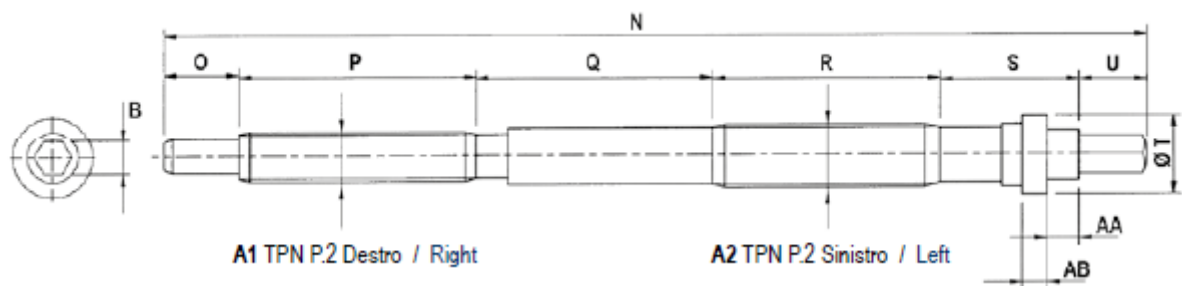


Рис. 3.7 – Двосторонній ходовий гвинт

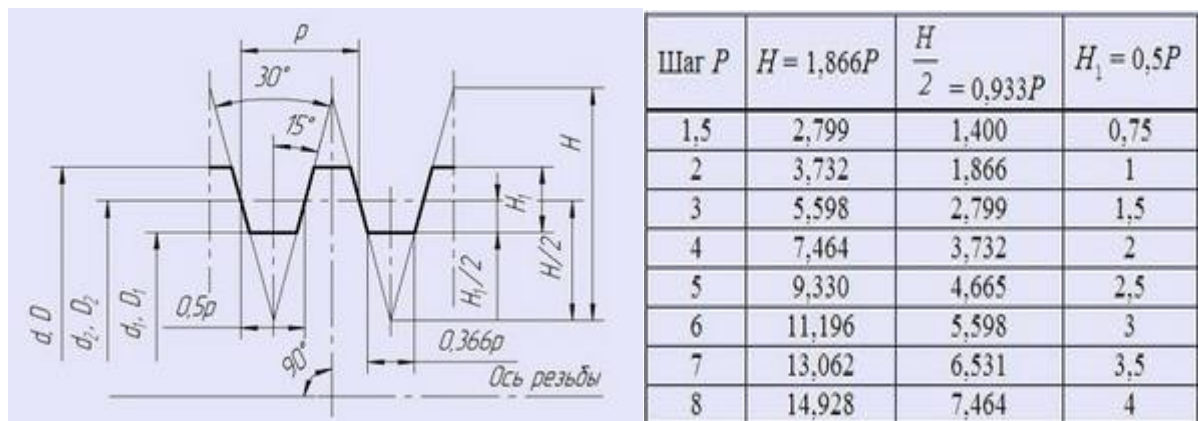


Рис. 3.8 – Параметри трапецеїдальної нарізі

У моделі лещат, які ми використовуємо, встановлений гвинт із наріззю Tr16x4
Сила, яку потрібно прикласти робітнику через ручку лещат:

$$F = \frac{Q \cdot [d_c \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)]}{L}; \quad (3.13)$$

Q – розрахована необхідна сила затиску;

d_c – середній діаметр;

L – довжина рукоятки лещат, 410мм;

α – кут підйому нарізі:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{P}{\pi d_c} = \operatorname{arctg} \frac{4}{\pi \cdot 14} = 5,2^\circ; \quad (3.14)$$

φ – кут тертя в нарізі:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \beta / 2} = \operatorname{arctg} \frac{0,2}{\cos 30^\circ / 2} = 24,8^\circ, \quad (3.15)$$

β – кут профілю різьби, 30° ;

$$F = \frac{16609 \cdot [14 \cdot \operatorname{tg} 30]}{410} = 32,7 \text{ Н} = 3,2 \text{ кг}. \quad (3.16)$$

Операція 010 Багатоцільова З ЧПК

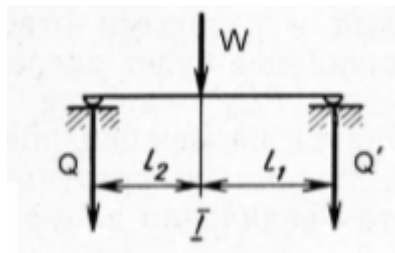


Рис. 3.9 – Схема сил, що діють при закріпленні прихватом

$$W = \frac{Q}{i \cdot \eta} \quad (3.17)$$

Де

Q – сила затиску;

i – передатне число;

η – ККД, 0,9.

$$i = \frac{l_2}{l_1 + l_2} \quad (3.18)$$

$i=3,4$

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки деталь закріплена в 4-ох прихватах, то силу Q теж зменшимо вчетверо. Тоді:

$$W = \frac{Q}{i * \eta} = \frac{14747,5}{3,4 * 0,94} = 1204,86 \text{ H} \quad (3.19)$$

Далі знаходимо момент, який необхідно прикласти працівнику до гвинта.

$$M = W * [d_c * tg(\alpha + \varphi)] \quad (3.20)$$

$$M = 1204,86 * [10,863 * tg(2,9 + 38,7)] = 11620 \text{ H} * M_M = 11,6 \text{ H} * M$$

Далі розрахуємо допустимі навантаження, які можуть витримати кріпильний гвинт і гайка. Оскільки матеріал, з якого виготовлені гвинт і гайка, то розрахунок проводимо тільки для гвинта.

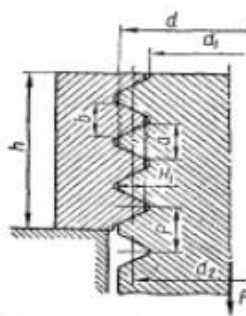


Рис. 3.10 – Схема сил для розрахунку гвинта на міцність

Умова міцності витків нарізі при зминанні:

$$\tau_{3\text{M}\Gamma} = \frac{F}{\pi * d_c * h * Z} \leq [\tau_{3\text{M}\Gamma}] \quad (3.21)$$

$$= \frac{1204.86}{3.14 * 10.863 * 1.515 * 7} = 3,33 \text{ МПа}$$

$[\tau_{3MF}]$ для сталі 45 дорівнює $(0,2 \dots 0,3) \sigma_T = 0,2 * 360 = 72$ МПа

Отже, можна зробити висновок, що гвинт і гайка витримують навантаження, що в них виникатиме.

Операція 015 Багатоцільова з ЧПК

Для розрахунку використаємо формули (3.13)-(3.16)

$$F = \frac{Q^*[d_c * t g(\alpha + \varphi)]}{L}, \quad (3.13)$$

$$Q = 6514,5 \text{ H}$$

$$F = \frac{6514,5 \cdot [14 \cdot t g 30]}{410} = 12,8 H = 1,3 \text{ кг.} \quad (3.22)$$

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок собівартості виробу

Собівартість - це грошовий вираз поточних витрат природних ресурсів, сировини, основних фондів, матеріалів, трудових ресурсів та інших витрат, які використовуються у виробництві продукції.

Показник собівартості – це комплексний показник оцінки фінансово-господарської діяльності підприємства. Аналіз собівартості дозволяє встановити місце виникнення конкретних причини нераціональних витрат, провести порівняльну оцінку роботи підрозділів, виявити переваги і недоліки господарської діяльності структурних служб.

4.1.1 Сировина

Вартість матеріале обраховують із урахуванням актуальної ціни на час розрахунку та із витратами на транспортування:

$$C_M = k_{т.з.} \cdot q_M \cdot C_M = 40,23 \cdot 1,08 \cdot 2,7 = 117,31 \text{ грн/шт.} \quad (4.1)$$

де q_M – норма витрат матеріалу на одиницю продукції. Приймається $q_M = 2,7$ кг/шт.;

C_M – ціна 1 кг матеріалу. Для сірого чавуну $C_M = 40,23$ грн/кг (оптова);

$k_{т.з.}$ – коефіцієнт, що характеризує транспортно-заготівельні витрати. Для розрахунку беремо $k_{т.з.} = 1,08$.

4.1.2 Витрати на виготовленнязаготовки

Сюди входять: виготовлення спеціальних опок та стержневих ящиків, моделі, формування стержнів тощо. Дані послуги запропоновані на ринку послуг з лиття матеріалів як 35 грн/кг. На всю партію 472 500 грн.

$$C_{заг} = 472\,500/5000 = 94,5 \text{ грн/шт} \quad (4.2)$$

4.1.3 Зворотні відходи

Відходи матеріалів вираховують із загальної суми витрат на матеріали:

$$C_B = q_B \cdot C_B = 0,7 \cdot 11 = 7,7 \text{ грн/шт.} \quad (4.3)$$

де q_B – кількість зворотних відходів на одиницю продукції, $q_B = 0,7$ кг/шт.;

C_B – ціна одиниці зворотних відходів, $C_B = 11$ грн/кг.

4.1.4 Паливо та енергія на технологічні цілі

На даному етапі обраховуються витрати на паливо та інші види енергії, які використовуються для виготовлення деталі.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

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

$$C_{\text{ен}} = C_{\text{ен}} * n_o * N_{\text{в}} * T_{\text{р}} * k_{\text{еч}} * k_{\text{еп}} = 1,68 * 1 * 22,4 * 2000 * 0,85 * 0,8 = 51179,52 \text{ грн} \quad (4.4)$$

де $C_{\text{ен}}$ – тарифи за один кВт·год електроенергії, $C_{\text{ен}} = 1,68$ грн;

$N_{\text{в}}$ – встановлена потужність обладнання, $N_{\text{в}} = 22,4$ кВт;

n_o – кількість встановленого обладнання, де електроенергія використовується як технологічна, $n_o = 1$;

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

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

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

Тоді на одиницю продукції припадає:

$$C_{\text{ен1}} = \frac{C_{\text{ен}}}{Q} = \frac{51179,52}{5000} = 10,23 \text{ грн/шт.}$$

4.1.5 Основна заробітна плата

За цим пунктом витрати розраховуються для кожного виду роботи (операції) в залежності від норми часу та погодинної ставки працівників:

$$C_{\text{зо}} = \sum_{i=1}^n C_{Ti} * t_{\text{ши}} = \frac{80 * (50 + 90 + 85)}{5000} = 10,6 \text{ грн/шт.}, \quad (4.5)$$

де C_{Ti} – погодинна тарифна ставка для i -го виду робіт (операцій), грн;
 $t_{\text{ши}}$ – норма часу для i -го виду робіт (операцій),

Приймається $C_T = 80$ грн для оператора верстатів з ЧПК.

Велика заробітна оплата для оператора з ЧПК обумовлена тим, що під час роботи він повинен налагоджувати розточні головки та проводити частковий контроль. Для цього йому необхідна висока кваліфікація.

4.1.6 Додаткова заробітна плата

Сюди враховуються витрати на премії та різного роду доплати. Приймаємо норму додаткової виплати у 20%.

$$C_{\text{зд}} = C_{\text{зо}} * 0,2 = 10,6 * 0,2 = 2,12 \text{ грн/шт.} \quad (4.6)$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

4.1.7 Нарахування на заробітну плату

Згідно із Законом України «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування» підприємства є платниками єдиного внеску. Він нараховується на суму нарахованої заробітної платні за видами виплат, що враховують основну та додаткову заробітну платню, заохочувальні та компенсаційні виплати, в тому числі у формі, яка визначається згідно із Законом України «Про оплату праці», і суму винагороди працівникам за виконання робіт за цивільно-правовими договорами.

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

$$C_{\text{стр}} = (C_{\text{зо}} + C_{\text{зд}}) * 0,3811 = (10,6 + 2,12) * 0,3811 = 4,84 \text{ грн/шт.} \\ (4.7)$$

4.1.8 Витрати на утримання та експлуатацію устаткування

Вартість вертикально-фрезерного обробляючого центра з ЧПК HAAS VF-2 станом на 2.06.2019 р. становить 65 933 USD. При курсі 26,55 – 1 750 521 грн.

Постійний виробничий процес потребує постійного відновлення зношених засобів виробництва. Для поступового відновлення вводиться поняття амортизації.

Амортизація- це процес переносу вартості основних фондів на продукт, який виготовляється із їхньою допомогою, з метою їх повного відшкодування.

ОФ амортизуються до досягнення певної залишкової вартості його ліквідації згідно з пп. 145.1.4 ПКУ. Даного визначення ПКУ не надається, отже ми будемо керуватися визначенням, що надане у п. 4 розд. I НП(С)БОДС 121: це сума коштів або вартість інших активів, яку підприємство очікує отримати від реалізації або ліквідації необоротного активу після закінчення строку його корисного використання, за мінусом витрат, пов'язаних з продажем або ліквідацією. Точно визначити ліквідаційну вартість об'єкта ОФ доволі непросто, адже неможливо знати заздалегідь, за яку суму у майбутньому можна буде продати даний об'єкт або якою буде вартість активів, які будуть отримані від його ліквідації.

Термін корисного використання даного верстата – 6 років.

Ліквідаційна ціна становить близько 800 000 грн.

Кумулятивний метод обрахунку амортизації, згідно з яким річна сума амортизації визначається як добуток залишкової вартості об'єкта основних засобів на початок звітного року і річної норми амортизації. Річна норма амортизації, у свою чергу, визначається як різниця між одиницею

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

та результатом кореня ступеня кількості років корисного використання об'єкта основних засобів з результату, отриманого від ділення ліквідаційної вартості цього об'єкта на його первісну вартість.[7]

Розрахунок амортизаційних нарахувань наводиться в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. - Розрахунок амортизаційних відрахувань

Рік	Амортизаційні відрахування, грн	Нараховані амортизаційні відрахування, грн	Залишкова вартість, грн
-	-	-	1 750 521
1	210 063	210 063	1 540 458
2	184 855	394 918	1 355 603
3	162 672	557 590	1 192 931
4	143 152	700 742	1 049 779
5	129 973	830 715	919 806
6	119 806	950 521	800 000

Отже, у перший рік використання сума амортизаційних відрахувань – 210 063 грн.

Оскільки на протязі року верстат буде використано не тільки для виготовлення деталі «Корпус Д21», то частка перенесеної амортизації не буде перевищувати 10% і буде становити 21 006 грн.

Отже, на одиницю продукції припадає:

$$C_y = 21\,006 / 5000 = 4,2 \text{ грн/шт.} \quad (4.8)$$

4.1.9 Відшкодування зношеного інструменту, витрати на верстатні пристосування

В табл. 4.2 наведено ціни інструментів, що використовуються для оброблення деталі. Інформацію взято із каталогів та магазинів і вона є актуальною на червень 2020.

Вважатимемо, що виробництво забезпечене необхідними оправками для інструментів.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

Таблиця 4.2. Вартість різального інструменту

Найменування	Вартість одиниці, грн/шт	Кількість на 500 деталей	Вартість на партію
Фреза торцева Seco Octomill 220.43-07W	15 040	1	15 040
Пластини OFMR 070405TR	3540/5 шт.	10	7080
Свердло центрувальне ГОСТ 14952-75	270	1	270
Свердло спіральне Seco SD265A-03747-189-0394R1	4020	1	4020
Свердло Seco SD265A-02497-138-0315R1	2680	1	2680
Свердло Seco SD265A-03122-165-0315R1	2680	1	2680
Свердло Seco SD265A-6.006-32-6R1	9246	1	9246
Зенкер Ø10,8 ГОСТ 14953-80	300	1	300
Розвертка Seco NF10-11H7-EB45 RX2000	1876	2	3752
Фреза кінцева Seco 870050.0-DURA	12 650	1	12 650
Мітчик Seco MTH-M6X1.00ISO6H-BC-M003	2520	1	2520
Всього:			60 238

Таблиця 4.3. Вартість верстатних пристроїв

Найменування	Вартість одиниці	Кількість	Вартість на партію
--------------	---------------------	-----------	--------------------------

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Лещата «ALLMATIC CENTRO GRIPP 125»	59 445	1	59 445
Комплект прихватів	2688	1	2688
Всього:			62 133

Спеціальні комплектуючі верстатних пристроїв становить приблизно 12 000 грн.

Вартість інструментального та верстатного оснащення, яка повністю переноситься на одиницю продукції:

$$C_o = \frac{62\,133 + 60\,238 + 12\,000}{5000} = 268,7 \text{ грн/шт.} \quad (4.9)$$

4.1.10 Загальновиробничі витрати

Вони включають витрати на заробітну платню та на обслуговування і експлуатацію верстатів та верстатного обладнання:

$$C_{зв} = k_{зв}(C_{зо} + C_y) = 0,3 * (10,6 + 4,2) = 4,44 \text{ грн/шт.} \quad (4.10)$$

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

4.1.11 Загальногосподарські витрати

Розподіл загальновиробничих витрат:

$$C_{зг} = k_{зг}(C_{зо} + C_y) = 0,8 * (10,6 + 4,2) = 11,84 \text{ грн/шт.} \quad (4.11)$$

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

4.1.12 Інші виробничі витрати

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

$$C_{ін} = 0,005 \cdot 11,84 = 0,06 \text{ грн/шт.} \quad (4.12)$$

4.1.13 Позавиробничі витрати

Норматив комерційних витрат прийнято рівним 5% від загальних виробничих витрат:

$$C_{поз.вит.} = 0,05 \cdot 11,84 = 0,6 \text{ грн/шт.} \quad (4.13)$$

Таблиця 4.5. Калькуляція собівартості продукції

№	Найменування статей калькуляції	Всього	Питома вага
---	---------------------------------	--------	-------------

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

1	Сировина та матеріали	117,31	22,48
2	Витрати на виготовлення заготовки	94,5	18,11
3	Зворотні відходи	-7,7	-1,47
4	Паливо та енергія на технологічні цілі	10,23	1,96
5	Основна заробітна плата	10,6	2,03
6	Додаткова заробітна плата	2,12	0,4
7	Відрахування на соціальне страхування	4,84	0,93
8	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	4,2	0,8
9	Відшкодування зносу інструментів та верстатних пристроїв	268,7	51,5
10	Загальновиробничі витрати	4,44	0,85
	Виробнича собівартість	509,24	97,62
11	Загальногосподарські витрати	11,84	2,26
12	Інші виробничі витрати	0,06	0,01
13	Позавиробничі витрати	0,6	0,11
	Повна собівартість	521,74	100

Отже, повна собівартість деталі «Корпус Д21» становить 521,74 грн.

4.2 Висновки

В даній частині ми розглянули основні технічно і економічні засади проекту: розрахунок собівартості виготовлення продукції. Повна собівартість деталі «Корпус Д21» становить 521,74 грн.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні вимоги по безпеці роботи верстатних пристроїв

1. Служба охорони праці.

Відповідно до ст. 15 закону «Про охорону праці» дана служба повинна бути створена на підприємстві із кількістю працюючих 50 працівників і більше в обов'язковому порядку. Це також передбачається «Типовим положенням про службу охорони праці». На виробництві також має бути розроблено «Положення про службу охорони праці», має бути визначена структура такої служби, її чисельність, функції, права та основні завдання. На виробництвах, на яких кількість робітників не перевищує 50 осіб, функції такої служби можуть виконувати особи, що мають відповідну підготовку. На виробництвах, на яких кількість робітників не перевищує 20 осіб, до виконання цих обов'язків можуть залучатися сторонні фахівці, які мають мінімум три роки виробничого стажу і пройшли навчання з охорони праці.

2. Інструкції, положення та інші акти з охорони праці.

Одним із обов'язків роботодавця є затвердити документи, які передбачає ст. 13 закону «Про охорону праці». Дані документи повинні встановлювати правила виконання робіт та поведінку працівників на території виробництва, у виробничих цехах та на робочих місцях. Різного роду інструкції та документація з охорони праці розробляються керівниками структурних підрозділів на основі положень законодавства з охорони праці, типових інструкцій і технологічної документації підприємства із врахуванням виду діяльності виробництва та конкретних умов праці на ньому.

3. Інструктажі з охорони праці.

Перед початком праці для нового робітника згідно із ст. 29 КЗпП роботодавець зобов'язаний проінформувати його під розписку про умови праці на робочому місці. Також про всі ще не усунуті небезпечні та шкідливі виробничі фактори та про ймовірні наслідки їх впливу на здоров'я, а також про пільги чи компенсації за працю в таких умовах.

Окрім цього, при виході на роботу всі працівники повинні пройти вступний інструктаж, навчання, інструктаж на робочому місці, перевірку знань, стажування і отримання навичок безпечних методів праці. Матеріальні витрати на це покриваються за рахунок роботодавця. Тільки після цього робітники допускаються до самостійної роботи. Вступний інструктаж проводиться спеціалістом із охорони праці, а первинний – безпосередній керівник. В подальшому із працівниками проводяться повторні інструктажі (приблизно раз на квартал), цільові – при разових роботах, що не пов'язані із спеціальністю. Також можуть бути проведені позапланові інструктажі в таких випадках як зміни правил охорони праці, зміни в обладнанні тощо.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

Інформацію про проведені інструктажі повинна вноситися у відповідний журнал і завіряється підписами учасників інструктажу.

4. Навчання і перевірка знань з охорони праці

Відповідно із ст. 18 закону «Про охорону праці» робітники, зайняті на роботі із підвищеною небезпекою або там, де є потреба у професійному доборі, щороку мають проходити навчання і перевірку знань з питань охорони праці. Навчання може проводитися як безпосередньо на підприємстві, так і іншим суб'єктом господарювання, що займається таким навчанням. Перевірка засвоєних знань працівниками має здійснюватися відповідною комісією виробництва, склад якої затверджується його керівником.

5. Проведення медичних оглядів

Відповідно до ст. 169 КЗпП, роботодавець зобов'язаний за власні кошти організовувати проведення попереднього та періодичних медоглядів своїх працівників, задіяних на важких роботах, роботах із небезпечними та шкідливими умовами праці. Також щороку він зобов'язаний проводити медогляд для осіб, що не досягли 21 року. Результати медоглядів робітників у вигляді висновків фахівців про можливість допуску робітника вносяться у їхні медичні довідки, що повинні зберігатися роботодавцем.

6. Засоби індивідуального захисту

При шкідливих і небезпечних умовах праці, а також при роботі, пов'язаній із забрудненням або несприятливими температурними умовами працівникам, відповідно до ст. 164 КЗпП, повинно безкоштовно видаватися спеціальний одяг, взуття та всі інші необхідні засоби індивідуального захисту.

7. Атестація робочих місць

На виробництвах, на яких технологічний процес, обладнання, яке використовується, сировина та матеріали є потенційними джерелами шкідливих факторів, які можуть негативно виразитися на здоров'ї робітників, повинна проводитися атестація робочих місць. Дана атестація проводиться спеціальною атестаційною комісією, повноваження і склад якої визначені наказом по виробництву в строки, що передбачені колективним договором, але не рідше, ніж раз на п'ять років. Атестація проводиться за порядком, передбаченим постановою КМУ від 01.08.1992 р. Відомості із результатами атестації заносяться у карту умов праці.

8. Нещасні випадки

Відповідно до ст. 22 закону «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний організувати проведення розслідування та вести облік нещасних випадків, аварій, професійних захворювань у порядку, що встановлений постановою КМУ. За результатами розслідування роботодавець мусить затвердити акт за формою Н-5 та Н-1, тільки якщо випадок зв'язаний із виробництвом.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист

5.2 Вимоги, що висуваються до пристроїв

1. Зусилля затискних механізмів мають бути спрямовані на опорні поверхні
2. Механізми затиску заготовок повинен унеможливлувати самовільне розкріплення заготовки під час обробки
3. Опорні та базові поверхні пристроїв мають бути розташовані у напрямку, протилежному до сил різання..
4. Зажимні рукоятки не мають створювати небезпеку завдання травми при роботі із верстатом. В іншому випадку їх слід проектувати знімними або відкидними
5. У гвинтових пристроях затиску заготовки рекомендовано використовувати високі гайки для зручності роботи із ними.
6. Зусилля на затискних важелях не мають перевищувати 100Н. Для важелів, що часто використовуються (частіше, ніж раз на хвилину) – 50Н. Зусилля ривка при затиску чи розкріпленні не має перевищувати 500Н.
7. Для запобігання згину болтів ,шпильок і тд при затиску слід використовувати самовстановлювальні шайби.
8. При одночасному закріпленні декількох заготовок їхній затиск має бути однаковим.

5.3 Висновки

У даному розділі ми розглянули питання щодо вимог безпеки для верстатних пристроїв та вимоги до їх основних частин.

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. Войтенко В.І. Программный продукт «Система автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки «Sapr_2020».
2. <https://studfile.net>
3. Горбачевич А.Ф. «Курсовое проектирование по технологии машиностроения»
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроения, 1986. – 659с.
5. Гузеев В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник, 2005. – 367с.
6. «Общемашиностроительные нормативы времени» вспомогательного, на обслуживание рабочего времени и подготовительно – заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках»
7. <http://www.visnuk.com.ua/ua/pubs/id/8203>
8. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

										ГОСТ 3.1118 – 82					Форма 1				
Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Хавалюк В.І.				НТУУ «КПІ» ім. І.Сікорського ММІ, МТ-61														
Пров.	Войтенко В.І.																		
Утв.	Войтенко В.І.				КОРПУС Д21														
Н. контр.																			
M01																			
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	Ким	Код заготовки			Профиль и размеры			КД	МЗ					
	кг	2,044		1	0,7		Виливок			125x110x81			1	2,65					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции						Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования						См.	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.			
А 03	005 Багатоцільова з ЧПК																		
Б 04	Вертикально-фрезерний HAAS VF-2						-	оператор	-	-	1	1	500	-	9	14,16			
05																			
А 06	010 Багатоцільова з ЧПК																		
Б 07	Вертикально-фрезерний HAAS VF-2						-	оператор	-	-	1	1	500	-	9	21,85			
08																			
А 09	015 Багатоцільова з ЧПК																		
Б 10	Вертикально-фрезерний HAAS VF-2						-	оператор	-	-	1	1	500	-	9	12,99			
11																			
12	020 Контрольна																		
13	Контрольний стіл						-	оператор	-	-	1	1	500	-	-	-			
14																			
15																			
16																			
МК																			

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
Розроб.	Хавалюк В.І.			НТУУ «КПІ» ім. І.Сікорського ММІ, МТ-61										
Перевір.	Войтенко В.І.													
Затв.	Войтенко В.І.			КОРПУС Д21										
Н.контр.														
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль й розміри		МЗ	КОВД	
Багатоцільова з ЧПК				СЧ15 ГОСТ 1412-85		250 НВ		150	2,044	125x110x71		2,65	1	
Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми		То	Тд	Тпз		Тшт	СОЖ			
Вертикально-фрезерний НААС VF-2						2,63	2,53	9		14,16	HOUGHTON DASCOOL 1061 ZF			
Р				ПІ	D або B		L		i	Sxv	n	v		
О 01	1 Установити в лещата, закріпити													
Т 02	XXXXX.XXX Самоцентрівні лещата «Allmatic Centro Gripp»													
03														
О 04	2 Фрезерувати поверхню 10h14													
05	Ra 2,5 мкм.													
Т 06	XXXXX.XXX Фреза Octomill 220.43-07W BK8B													
07	XXXXX.XXX Зразок шорсткості Ra 2.5 ГОСТ 9378-75													
Р 08						12,53	125	2	772	386	114,53			
Р 09						10	125	2	1500	750	141,37			
10														
О 11	3 Центрувати положення отворів													
Т 12	XXXXX.XXX Свердло центрувальне ГОСТ 14952-75													
Р 13						Ø 8	6,4	4	316,5	1055	26,5			
ОК														

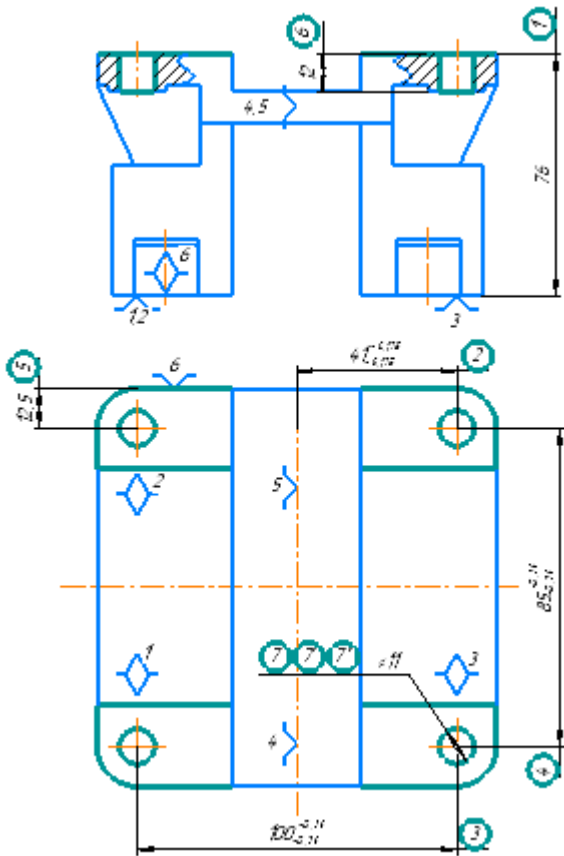
[illegible]

Дубл.														
Взам.														
Подп.					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Разраб.	Хавалюк В.І.													
Проверил	Войтенко В.І.													
Утв.	Войтенко В.І.													
Н. контр.														

Корпус Д21

005



[illegible]

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
Р								ПІ	D или B		L		i		Sm	n		v	
О 14	4 Свердлийти отвори послідовно																		
15	Ra 6,3 мкм.																		
Т 16	XXXXXX.XXX Свердло спіральне ГОСТ 10902-77 P5M6																		
17	XXXXXX.XXX Зразок шорсткості Ra 6,3 ГОСТ 9378-75																		
Р 18								Ø4,5		11		4		178,2		1980		28	
Р 19								Ø 9		11		4		184		920		26	
20																			
О 21	5 Фрезерувати уступ 1-0,1-0,2																		
22	Ra 2,5 мкм.																		
Т 23	XXXXXX.XXX Фреза кінцева ISO 1641-1-78 BK8B																		
24	XXXXXX.XXX Зразок шорсткості Ra 2,5 ГОСТ 9378-75																		
Р 25								19		120		2		489.7		318		40	
26																			
О27	6 Фрезерувати поверхню 35h14																		
28	Ra 2,5 мкм.																		
Т 29	XXXXXX.XXX Фреза кінцева ISO 1641-1-78 BK8B																		
30	XXXXXX.XXX Зразок шорсткості Ra 2,5 ГОСТ 9378-75																		
Р 31								35		35		2		509,6		280		35	
ОК																			

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
Р								ПИ	D или B		L	i	Sm	n	v				
Р 32									35		35	2	509,6	280	35				
33																			
О 34	7 Розкріпити, зняти																		
35																			
36																			
37																			
38																			
39																			
40																			
41																			
42																			
43																			
44																			
45																			
46																			
47																			
48																			
49																			
ОК																			

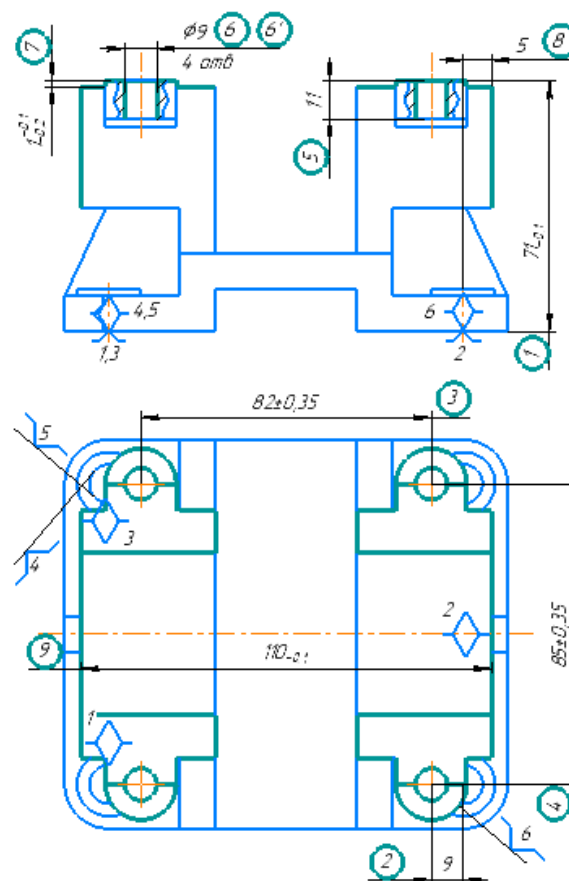
Дубл.			
Взам.			
Подп.			

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------	------	------	----------	-------	------

Разраб.	Хавалюк В.І.		
Проверил	Войтенко В.І.		
Утв.	Войтенко В.І.		
Н. контр.			

Корпус Д21

010



[illegible]

[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------	------	------	----------	-------	------

Разраб.	Хавалюк В.І.								
Проверил	Войтенко В.І.								
Утв.	Войтенко В.І.								
Н. контр.									

Корпус Д21

015

