

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ**  
**КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему **«Розроблення технології виготовлення деталі**  
**«Корпус розподільника потоку повітря»»**

Виконав: студент IV курсу групи Маш-42сп

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва)

Максим БРИК  
(Ім'я та прізвище)

Керівник:

Ігор СТУКАЛЕЦЬ  
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ**  
**КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

д.т.н., професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту

**Брику Максиму Олеговичу**

1. Тема роботи: **«Розроблення технології виготовлення деталі «Корпус розподільника потоку повітря»**

Керівник роботи: Стукалець Ігор Геннадійович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 27.11.2023 року № 641/к-с.

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 14.06.2024 року

3. Вихідні дані: річна програма випуску деталей – 500 шт, режим роботи підприємства – одна зміна за добу, довідкова література, СКД, ДСТУ, ISO.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Аналіз об'єкта дослідження.

2. Технологічна частина.

3. Охорона праці і довкілля.

4. Економічна частина.

Висновки і пропозиції.

Бібліографічний список.

5. Перелік графічної частини

1. Корпус розподільника потоку повітря. Робочий кресленник деталі – 1-ий аркуш.

2. Карти налагодження на операції – 2-5 аркуші.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 4	Ігор СТУКАЛЕЦЬ, к. т. н., доц. кафедри машинобудування			
3	Іван ГОРОДЕЦЬКИЙ, к. т. н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 28.11.2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про вико- нання
1.	Виконання розділу: «Аналіз об'єкта дослідження»	28.11.23-29.12.23	
2.	Виконання розділу: «Технологічна частина»	15.01.24-29.03.24	
3.	Виконання розділу: «Охорона праці і довкілля»	1.04.24-19.04.24	
4.	Виконання розділу: «Економічна частина»	22.04.24-31.05.24	
5.	Завершення оформлення розрахунково- пояснювальної записки та графічної частини. Завершення роботи в цілому	3.06.24-14.06.24	

Студент \_\_\_\_\_ Максим БРИК  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Ігор СТУКАЛЕЦЬ  
(підпис)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Призначення та опис деталі .....	8
1.2. Матеріал деталі та його властивості .....	9
1.3. Аналіз конструкції деталі на технологічність .....	10
1.3.1. Технологічний контроль кресленника деталі .....	10
1.3.2. Якісний технологічний аналіз конструкції деталі .....	11
1.3.3. Кількісний технологічний аналіз конструкції деталі .....	12
1.3.4. Визначення типу виробництва.....	12
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	15
2.1. Вибір виду й методу отримання заготовки.....	15
2.1.1. Розрахунок заготовки, отриманої з прокату .....	16
2.1.2. Розрахунок заготовки, отриманої штампуванням.....	19
2.1.3. Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки.....	24
2.2. Схема базування .....	25
2.3. Розрахунок и призначення припусків на механічну обробку .....	28
2.4. Вибір технологічного обладнання .....	32
2.5. Перелік ріжучого інструменту.....	36
2.6. Розрахунок і призначення режимів різання.....	37
2.6.1. Точіння зовнішньої поверхні $\varnothing 130h9_{(-0,1)}$ .....	38
2.6.2. Свердління отвору $\varnothing 5,5^{(+0,2)}$ .....	41
2.6.3. Фрезерування трьох лисок $59h12_{(-0,3)}$ .....	43
2.7. Розрахунок норм часу на операції 03, 08, 11 .....	46
3. ОХОРОНА ПРАЦІ І ДОВКІЛЛЯ .....	54
3.1. небезпечні та шкідливі виробничі фактори .....	54

	6
3.2. Загальні вимоги безпеки.....	55
3.3. Вимоги промислової санітарії .....	55
3.4. Вимоги безпеки під час роботи на металообробних верстатах.....	56
3.5. Охорона довкілля .....	56
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	58
4.1. Вихідні дані для розрахунку .....	58
4.2. Економічний ефект розробленого технологічного процесу .....	59
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	66
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	67

## ВСТУП

Сьогодні основною тенденцією розвитку технології машинобудування в Україні є розроблення та впровадження прогресивних технологічних процесів, які забезпечують підвищення продуктивності праці, якості виробів і скорочення трудових і матеріальних витрат на його виробництво. Інтенсифікація технологічних процесів на основі застосування різальних інструментів з нових інструментальних матеріалів, розширення галузі застосування обладнання з ЧПК, створення роботизованих верстатних комплексів та гнучких виробничих систем з комп'ютерним управлінням, підвищення розмірної та геометричної точності, що досягається при обробці – це неповний перелік найважливіших напрямів розвитку технології механічної обробки в машинобудуванні.

Досягнення науки, техніки та технологій дозволяють досить швидко організувати будь-яке виробництво. Для організації металообробного виробництва необхідно вирішити низку питань: оцінка технологічності деталей, що випускаються, вибір способу отримання заготовок, розроблення маршруту обробки деталей, нормування часу роботи обладнання і робітників, дотримання вимог безпеки праці, економічні розрахунки.

У даній кваліфікаційній роботі опрацьовано й запропоновано варіант технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус розподільника потоку повітря» (КРПП) в умовах дрібносерійного виробництва.

## 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1. Призначення та опис деталі

Корпус розподільника потоку повітря (рис. 1.1) перетворює струменевий потік повітря на розподілений у площині з радіальним розподілом. У процесі роботи деталь обертається навколо горизонтальної осі і взаємодіє з порожнистим валом, яким надходить потік повітря від установки розподілу. Вал встановлюється по площині 1 ( $\varnothing 38H9 (+0,062)$ ) через підшипник, що впирається в торець 2 (розмір 30). На звороті підшипник фіксується квадратною пластиною, що встановлюється по поверхні 3 ( $\square 50H12^{(+0,25)}$ ).

Пластина кріпиться у 4 отворах М6-7Н (елемент Е). Поверхня 4 ( $\varnothing 75H7^{(+0,03)}$ ) призначена для вивільнення пластини.

Отвір 5 ( $\varnothing 5,5^{+0,2}$ ) призначений для подачі потоку повітря до форсунок, що вкручуються в різьбові отвори 6 (М22×1,5-7Н).

До фланця 7 деталі КРПП по  $\varnothing 130h9_{(-0,1)}$  кріпляться лопаті вентилятора, що створюють попутний потік повітря для зміни конусності первинного потоку з форсунок при зміні швидкості обертання корпусу. Профільна форма фланця полегшує деталь.

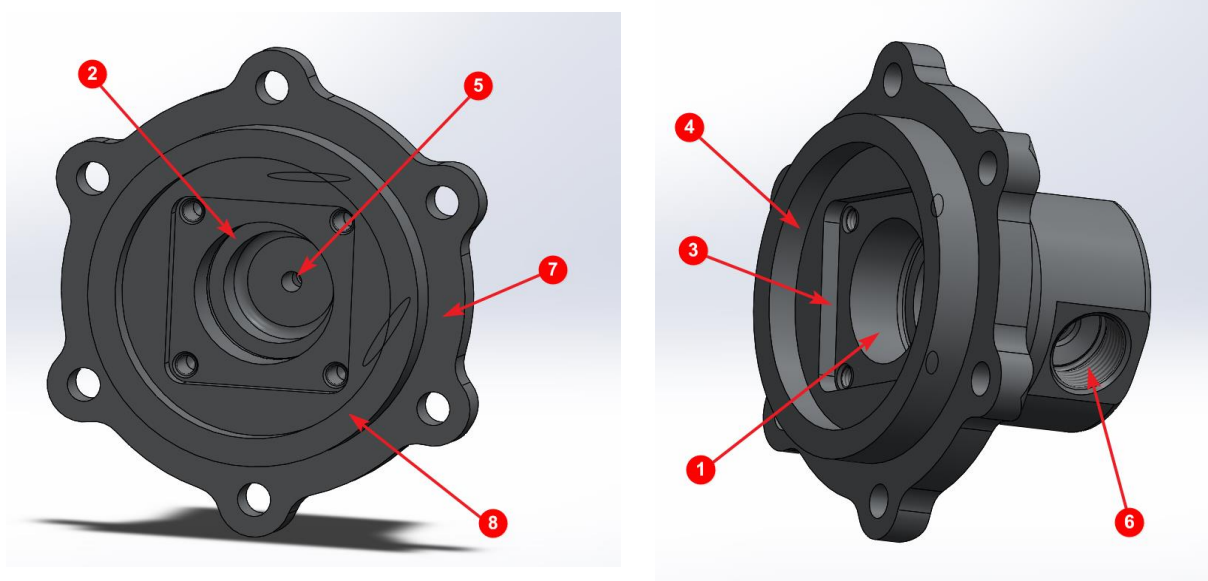


Рис. 1.1 Тривимірний моделювання деталі КРПП

Для удосконалення конструкції деталі КРПП виконано кільцевий виступ (див. кресленик, елемент Ж,) призначений для підвищення герметичності прилягання «форсунка-корпус».

Деталь КРПП має основну поверхню 8 (ліва торцева поверхня)  $\varnothing 90h7$ , за якою визначається положення інших торцевих поверхонь деталі.

## 1.2. Матеріал деталі та його властивості

КРПП виготовляють зі сталі 45 ГОСТ 1050-88, хімічний склад і механічні властивості якої представлені в таблиці 1.1 та таблиці 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1

Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-88.

Склад елементів, %						
Вуглець С	Марганець Mn	Кремній Si	Хром Cr	Нікель Ni	Сірка S	Фосфор P
0,41-0,48	0,4-0,7	0,17-0,37	$\leq 0,25$	$\leq 0,3$	$\leq 0,04$	$\leq 0,035$

Крім вуглецю у вуглецевій сталі завжди присутні кремній, марганець, сірка і фосфор, які мають різний вплив на властивості сталі. Постійні домішки сталі зазвичай містяться в таких межах: кремнію до 0,5%; сірки до 0,05%; марганцю до 0,7%; фосфору до 0,05%. З підвищенням вмісту кремнію та марганцю збільшується твердість та міцність сталі. Сірка є шкідливою домішкою, вона надає сталі крихкості, знижує пластичність, міцність та корозійну стійкість. Фосфор надає сталі холодноламкості (крихкість при звичайній і зниженій температурі).

Таблиця 1.2

Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-88

$\sigma_{mp}$ , МПа	$\sigma_m$ , МПа	$\delta_5$ , %	$a_n$ , кДж/м <sup>2</sup>	$\psi$ , %	Твердість HB, не більше	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/(м·°C)	$\alpha \cdot 10^6$ , 1/°C
600	355	16	490	40	197	7,814	60	11,65

$\sigma_{mp}$  – тимчасовий опір розриву (границя міцності при розтягу);

$\sigma_m$  – границя текучості;



$\delta_5$  – відносне видовження;

$a_n$  – ударна в'язкість;

$\psi$  – відносне звуження;

$HV$  – твердість за Брінеллем;

$\gamma$  – щільність;

$\lambda$  – теплопровідність;

$\alpha$  – коефіцієнт лінійного розширення.

Сталь 45 конструкційна вуглецева якісна застосовується для виготовлення деталей, які піддаються поверхневій термообробці, від яких вимагається підвищена міцність.

### **1.3. Аналіз конструкції деталі на технологічність**

Мета технологічного аналізу – виявлення недоліків конструкції за відомостями, що містяться в креслениках і технічних вимогах та можливостей покращення технологічності деталі. Аналіз розбивають на два етапи: якісний та кількісний, плюс технологічний контроль кресленника деталі [6, 15, 17].

#### **1.3.1. Технологічний контроль кресленника деталі**

Кресленник деталі містить усі необхідні відомості, що дають повне про неї уявлення. Наявність необхідної кількості проєкцій, перерізів і виносних елементів дають однозначне уявлення про конфігурацію деталі та можливий спосіб отримання заготовки.

Розміри вказані із граничними відхиленнями. Також є величини відхилень від взаємного розташування поверхонь. Параметри точності і вказана шорсткість поверхонь з погляду конструкції та призначення деталі призначені цілком обґрунтовано і є досяжними при використанні достатньої кількості необхідних технологічних операцій. В основному написі вказано масу деталі, масштаб зображення, матеріал, з якого виготовляється деталь. Помилки на кресленні не виявлено, він виконаний відповідно до вимог чинних в Україні стандартів.

### 1.3.2. Якісний технологічний аналіз конструкції деталі

Якісний технологічний аналіз конструкції деталі включає розбір різних параметрів деталі з погляду трудомісткості механічної обробки. Він допускається на всіх стадіях проектування, коли здійснюється вибір кращого конструкторського рішення:

- конфігурація деталі дозволяє застосувати високопродуктивні методи обробки (багатоцільові обробні центри, обладнання з ЧПК) (+);
- деталь має форму тіла обертання, що дозволяє застосувати як заготовку стандартний прокат круглого перерізу (+);
- деталь не містить важкодоступних для обробки поверхонь (+);
- нетехнологічні елементи Ж і В неминуче впливають із службового призначення деталі і повинні бути виготовлені, незважаючи на високу трудомісткість для забезпечення необхідної якості деталі (-);
- необхідна точність та якість більшості оброблених поверхонь забезпечується стандартним інструментом (+);
- для обробки деталі необхідно застосувати кілька технологічних баз: зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 90h7$ ,  $\varnothing 62_{-0,12}$  та обидві торцеві поверхні, бічні поверхні фланця  $\varnothing 130h9_{(-0,1)}$  – порушується принцип єдності баз (-);
- зазначені на кресленнику допуски розмірів, позиційні допуски на розташування отворів і поверхонь, параметр шорсткості відповідають нормам точності верстатів (+);
- наявність нетехнологічних глухих отворів: чотирьох М6-7Н та одного  $\varnothing 5,5^{+0,2}$ , які потрібні по конструкції деталі (-);
- форма деталі дозволяє вести обробку переважно простими рухами інструменту – поступальним та обертальним (+);
- обробка деталі не вимагає застосування спеціальних верстатних пристосувань (+);
- наявність внутрішніх порожнин та отворів веде до зменшення коефіцієнта використання матеріалу (КВМ) (-).

### 1.3.3. Кількісний технологічний аналіз конструкції деталі

Кількісний технологічний аналіз конструкції деталі проводиться розрахунком коефіцієнтів, які характеризують ступінь задоволення вимог до технологічності деталі. Коефіцієнти порівнюються з умовами, і за даними порівняння робиться висновок про технологічність кожного коефіцієнта. Чим ближче коефіцієнт до одиниці, тим вища його технологічність. Кількісний технологічний аналіз конструкції деталі проведений відповідно до ГОСТ 14.201-83.

Для деталі КРПП коефіцієнт використання матеріалу (КВМ), обчислений у наступних розділах, невисокий для обох варіантів отримання заготовки:

$$КВМ = 0,14...0,41 (-)$$

Коефіцієнт уніфікації і стандартизації елементів конструкції деталі,  $K_{ун}$ :

$$K_{ун} = \frac{q}{Q}$$

де  $q$  – кількість уніфікованих (стандартних) елементів конструкції деталі, *шт*;  
 $Q$  – загальна кількість поверхонь, *шт*.

$$K_{ун} = \frac{27}{30} = 0,9 (+)$$

За результатами аналізу конструкції та розрахунків (5-, 10+) можна зробити висновок, що деталь КРПП є технологічною.

### 1.3.4. Визначення типу виробництва

Тип виробництва залежить від обсягу випуску та трудомісткості виготовлення деталі. При розрахунку кількості деталей необхідно враховувати потрібну кількість запасних частин і неминучі технологічні втрати на брак тощо.

Вихідні дані для розрахунку:

- маса деталі – 1,6 кг;
- річна програма випуску деталей  $N_p = 500$  шт;
- кількість деталей на виріб  $m = 1$  шт;

- режим роботи підприємства – одна зміна за добу.

Обсяг випуску деталей  $N_B$ , шт розраховується на підставі заданої річної програми з урахуванням відсотка запасних частин і відсотка технологічних втрат:

$$N_B = N_p m \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) = 500 \cdot 1 \left(1 + \frac{2}{100}\right) \left(1 + \frac{1}{100}\right) = 515 \text{ шт}$$

де  $\alpha$  – 2% – відсоток запасних частин;

$\beta$  – 1% – відсоток технологічних втрат.

Для орієнтовного визначення типу виробництва скористаємося таблицею 1.4:

Таблиця 1.4

Залежність типу виробництва від об'єму випуску деталей

Маса деталі, кг	Об'єм випуску деталей, шт				
	одиничне	дрібно-серійне	середньо-серійне	крупносерійне	масове
<1,0	<10	10-2000	1500-10000	75000-200000	>200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	>100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	>75000
5,0-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	>50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	>25000

При масі деталі 1,6 кг і обсязі випуску  $N_B = 515$  шт тип виробництва відповідає дрібносерійному.

Дрібносерійне виробництво характеризується виготовленням виробів, що періодично повторюються партіями, тому при проектуванні технологічного процесу механічної обробки для дрібносерійного типу виробництва визначаємо розмір партії деталей  $n_d$  і число запусків у виробництво партій деталей за рік  $S_n$  [15, 17].

У дрібносерійному виробництві кількість деталей у партії  $n_d$ :

$$n_d = \frac{N_B a}{\Phi_d}$$

де  $N_B$  – обсяг річного обсягу випуску, шт;

$a$  – кількість днів, на який потрібно мати запас деталей на складі (10 днів);

$\Phi_d$  – кількість робочих днів у році, дн (у 2024 році – 256 днів).

$$n_d = \frac{515 \cdot 10}{256} = 20 \text{ шт}$$

Кількість партій на рік  $S_n$ :

$$S_n = \frac{N_B}{n_d} = \frac{515}{20} = 25,75 \approx 25 \text{ партій}$$

де  $N_B$  – обсяг річного випуску деталей, шт;

$n_d$  – кількість деталей у партії, шт.

З урахуванням кількості деталей у партії необхідно відкоригувати річну програму  $N_B$ , шт:

$$N_B = n_d S_n = 20 \cdot 25 = 500 \text{ шт}$$

де  $n_d$  – кількість деталей у партії, шт;

$S_n$  – кількість партій на рік, партій.

З наведених вище розрахунків можна зробити висновки:

- річна програма випуску деталей КРПП становить 500 шт;
- кількість деталей у партії 20 шт;
- при прийнятому запасі деталей на складі 10 днів, партія деталей запускатиметься у виробництво раз на два тижні, при п'ятиденному робочому тижні, що становить 25 партій на рік[6, 15, 17]. .

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Вибір виду й методу отримання заготовки

Метод отримання заготовок для деталей машин визначається призначенням та конструкцією деталей, матеріалом, технічними вимогами, серійністю виготовлення. При виборі заготовки необхідно встановити спосіб її одержання, намітити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри; Необхідно прагнути до того, щоб форма та розміри заготовки були максимально близькі до форми та розмірів готової деталі.

Необхідність економії матеріальних ресурсів ставить високі вимоги до раціонального вибору заготовок, до рівня їх технологічності, значною мірою визначальної витрати на технологічну підготовку виробництва, собівартість, надійність і довговічність виробів.

Існують кілька способів отримання заготовок: лиття; кування та штампування; прокат; зварювання; методи порошкової металургії.

Зважаючи на те, що деталь має форму тіла обертання (рис. 2.1), в умовах дрібносерійного виробництва з річною програмою випуску 500 штук заготовку доцільно отримувати одним з двох способів: з прокату або методом штампування.

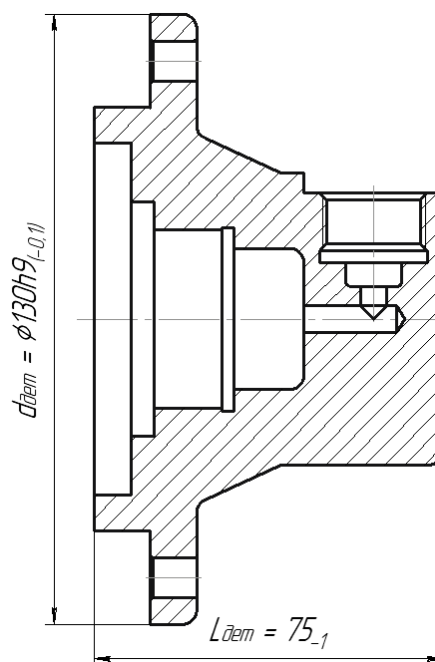


Рис. 2.1. Ескіз деталі.

Для порівняння методів проводяться економічні розрахунки вартості заготовок і річного економічного ефекту кожного методу, а також обчислюються коефіцієнти використання матеріалу [6, 15]

### 2.1.1. Розрахунок заготовки, отриманої з прокату

1. Вибираємо в якості заготовки гарячекатаний круглий сталевий прокат за ГОСТ 2590-88. З прокату будуть нарізані штучні заготовки діаметром  $d_0$  і довжиною  $L_0$ .

2. З наявних трьох категорій точності прокату вибираємо звичайну точність (В).

3. Для визначення діаметра заготовки необхідно визначити спосіб обробки поверхні з найбільшим діаметром –  $\text{Ø}130\text{h}9_{(-0,1)}$ . Відповідно до складеного техпроцесу на виготовлення деталі КРПП13072 проводиться термообробка заготовки з припуском  $z_0 = 2$  мм, який дозволяє провести надалі чорнове і чистове точіння.

4. Діаметр прокату  $d_0$ , мм визначається за такою формулою:

$$d_0 = d_{дет} + 2z_0$$

де  $d_{дет}$  – діаметр деталі, мм;

$2z_0$  – загальний припуск на обробку, мм.

$$d_0 = 130 + 2 \cdot 2 = 134 \text{ мм}$$

5. Порівняємо отримане значення з сортаментом прокату та вибираємо сталь гарячекатану круглу звичайної точності (В)  $\text{Ø}135$  мм.

6. Визначаємо довжину штучної заготовки  $L_0$  мм за формулою:

$$L_0 = L_{дет} + 2Z_0$$

де  $L_{дет}$  – довжина деталі, мм;

$2Z_0$  – загальний припуск на обробку торцевих поверхонь, мм.

Загальний припуск на обробку торцевих поверхонь визначають за формулою:

$$2Z_0 = \sum 2Z_i$$

де  $2Z_i$  – міжопераційні припуски на переходи по технологічному процесу обробки поверхні.

$$2Z_0 = 2Z_1 + 2Z_2 + 2Z_3 = 2 \cdot 2,0 + 2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,4 = 6,4 \text{ мм}$$

$$L_0 = 75 + 6,4 = 81,4 \approx 85 \text{ мм}$$

7. Визначаємо технічні вимоги на прокат:

7.1. На торцеві поверхні. Для цього необхідно призначити метод розрізання прокату. Вибираємо приводну ножівку – кваліфікація точності 14, шорсткість торцевих поверхонь  $Rz = 200$  мкм, довжина прокату –  $L_0 = 85-4$

7.2. Шорсткість поверхні прокату  $Rz = 200$  мкм, звідси допуск на діаметр прокату IT16 = 2,5 мм, діаметр прокату –  $\varnothing 135 \pm 1,25$ .

8. Маса штучної заготовки  $m_{заг}$ , кг визначається за формулою:

$$m_{заг} = \frac{V_{заг} \cdot \gamma}{1000}$$

де  $V_{заг}$  – обсяг заготівлі за максимальними розмірами, см<sup>3</sup>;

$\gamma$  – питома вага (щільність) матеріалу заготовки, г/см<sup>3</sup>; для сталі 45  $\gamma = 7,814$  г/см<sup>3</sup>.

Об'єм циліндра визначають за формулою:

$$V_{заг} = \frac{\pi D^2 \max_{заг} L_{\max_{заг}}}{4} = \frac{3,14 \cdot 13,625^2}{4} \cdot 8,5 = 1238,69 \text{ см}^3$$

$$m_{заг} = \frac{1238,69}{1000} \cdot 7,814 = 9,68 \text{ кг}$$

9. Коефіцієнт використання матеріалу  $K_{вм}$  визначається за такою формулою:

$$K_{вм} = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} = \frac{1,6}{9,68} = 0,17$$

де  $m_{дет}$  – маса деталі, кг;  $m_{заг}$  – маса заготовки, кг.

10. Визначимо масу матеріалу на одну деталь з урахуванням технологічних втрат  $G$ , кг при одержанні заготовки з прокату (відрізка, торцеве обрізування тощо), які дорівнюють 15% від маси заготовки:



$$G = m_{заг} \frac{100+П}{100} = 9,68 \cdot \frac{100+15}{100} = 11,13 \text{ кг}$$

де  $m_{заг}$  – маса заготовки, кг;

$П$  – відсоток технологічних втрат.

11. Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу КВМ з урахуванням технологічних втрат:

$$КВМ = \frac{m_{дет}}{G} = \frac{1,6}{11,13} = 0,14$$

де  $m_{дет}$  – маса деталі, кг;

$G$  – маса матеріалу одну деталь з урахуванням технологічних втрат, кг.

12. Визначаємо вартість штучної заготовки  $C_{заг}$ , грн. за формулою:

$$\begin{aligned} C_{заг} &= C_{мат} G K_{тр.з} - (G - m_{дет}) - \frac{C_{відх}}{1000} = \\ &= 70 \cdot 11,13 \cdot 1,05 - (11,13 - 1,6) - \frac{8000}{1000} = 800,5 \text{ грн.} \end{aligned}$$

де  $C_{мат}$  – ціна 1 кг матеріалу прокату (сталь 45 – 70 грн);

$G$  – маса матеріалу однієї деталі з урахуванням технологічних втрат, кг;

$K_{тр.з}$  – коефіцієнт транспортно-заготівельних робіт (для чорних металів 1,05...1,06);

$m_{дет}$  – маса деталі, кг;

$C_{відх}$  – вартість 1 тонни відходів (8000 грн).

13. Всі отримані результати занесемо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Параметри заготовки з прокату

$m_{дет}, \text{ кг}$	$m_{заг}, \text{ кг}$	$G, \text{ кг}$	$K_{вм}$	$КВМ$	$C_{заг}, \text{ грн}$
1,6	9,68	11,13	0,17	0,14	800,5

14. Кресленик заготовки:

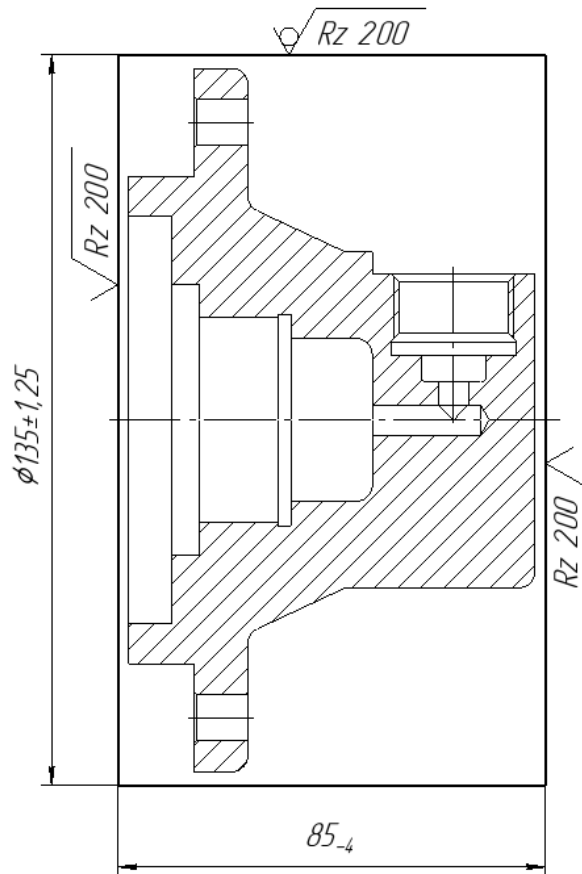


Рис. 2.2. Кресленик заготовки.

### 2.1.2. Розрахунок заготовки, отриманої штампуванням

1. Для виготовлення поковки деталі КРПП можна скористатися горизонтально-кувальною машиною (ГКМ) із застосуванням закритих штампів. Вибір цього способу штампування також обумовлений можливістю отримання шорсткості  $Rz40$  і 14 квалітету точності без подальшої обробки поверхні, вид виробництва – дрібносерійне, напуски і штампувальні ухили при цьому способі значно менші, ніж при штампуванні на пресах і молотах.

2. Деталь КРПП має глухий ступінчастий отвір  $\varnothing 75H7 - \square 50H12 - \varnothing 39 - \varnothing 30$ . При виготовленні отвору штампуванням на ГКМ слід врахувати, що намітити отвір у поковках можна на глибину  $h \leq 3 D_{от}$ .

3. Найбільший діаметр деталі становить 130 мм, маса деталі – 1,6 кг. Вибираємо пруткову заготовку, у якої діаметр буде меншим, ніж діаметр поковки.

4. Сталь 45 в інтервалі температур випробування 700...1200 °С має ковкість у межах  $K_{\psi} = 0,44 \dots 4,17$  %/МПа. Ці значення  $K_{\psi}$  характеризують відмінну ковкість сталі 45 при кувальних температурах.

5. Площина роз'єму для поковки КРПП розташовуватиметься в області діаметра  $\varnothing 130h_{9(-0.1)}$  перпендикулярно до осі симетрії поковки.

6. Хімічний склад сталі 45: С 0,42-0,5%; Si 0,17-0,37%; Mn 0,5-0,8%; Ni до 0,25%; S до 0,04%; P до 0,035%; Cr до 0,25%; Cu до 0,25%; As до 0,08%; Fe ~ 97%. Сталь 45 із вмістом вуглецю 0,42...0,5 % відноситься до групи М2 - сталь з масовою часткою вуглецю понад 0,35 до 0,65 % включно або сумарною масовою часткою легуючих елементів понад 2,0 до 5,0 % включно.

7. Розрахункова маса поковки  $M_{ПР}$ , г:

$$M_{ПР} = M_{\partial} K_P = 1600 \cdot 1,6 = 2560 \text{ г}$$

де  $M_{\partial}$  – маса деталі, г;

$K_P$  – розрахунковий коефіцієнт, що встановлюється залежно від конфігурації поковки. Для поковок круглих у плані (шестірні, ступиці, фланці)  $K_P = 1,4 \dots 1,8$ .

8. Ступінь складності поковки визначається за значенням коефіцієнта складності  $K_c$ . Маса фігури  $M_{ФІГ}$ , г:

$$M_{ФІГ} = \rho_{ст} V_{ФІГ} = 0,0076 \cdot 75 \cdot 3,14 \cdot 65^2 = 7561,91 \text{ г}$$

де  $V_{ФІГ}$  – об'єм описаної навколо деталі КРПП фігури (об'єм циліндра);

$\rho_{ст}$  – щільність сталі 45 г/мм<sup>3</sup>.

$$K_c = \frac{V_{П}}{V_{ФІГ}} = \frac{M_{ПР}}{M_{ФІГ}} = \frac{2560}{7561,91} = 0,34$$

де  $V_{П}$  – об'єм поковки, мм<sup>3</sup>;

$V_{ФІГ}$  – об'єм фігури, мм<sup>3</sup>;

$M_{ПР}$  – розрахункова маса поковки, г;

$M_{ФІГ}$  – маса фігури, г.

За табличними даними визначаємо ступінь складності – С2.

9. Клас точності поковки – Т5.

10. Вихідним індексом поковки називають умовний показник, що враховує в узагальненому вигляді конструктивні характеристики поковки та її розрахункову масу. Вихідний індекс призначений для призначення основних припусків, допусків і відхилень. За табличними даними визначаємо вихідний індекс – 14.

Призначаємо припуски і допуски на розміри деталі за ГОСТ 7505-89 і визначаємо розміри поковки з відхиленнями, що допускаються. Отримані результати зводимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

## Припуски на механічну обробку поковки КРПП

Поверхня		Основний припуск, $Z_{осн}$	Додатковий припуск, $Z_{доп}$	Сумарний припуск, $Z$	Розміри поковки, мм	Допуск на розміри поковки
Вид	Ra, мкм					
Ø130	6,3	2,3	-	2,3	Ø134,6	+2,1-1,1
Ø90	2,5	2,0	-	2,0	Ø94	+1,8-1,0
Ø75	2,5	2,0	-	2,0	Ø71	
Ø62	6,3	2,0	-	2,0	Ø66	
Ø49	6,3	2,0	-	2,0	Ø45	
Ø38	2,5	1,8	-	1,8	Ø34,4	+1,6-0,9
Ø30	6,3	1,8	-	1,8	Ø26,4	
75	2,5	2,0	0,3	2,3	79,6	+1,8-1,0
45	6,3	2,0	0,3	2,3	45	
30	6,3	1,8	0,3	2,1	30,2	
13	6,3	1,8	0,3	2,1	13,2	+1,6-0,9
12	2,5	1,8	0,3	2,1	12,2	
10	6,3	1,8	0,3	2,1	14,2	
8	6,3	1,8	0,3	2,1	8,2	

11. Виходячи з ГОСТ 7505-89 для поковки КРПП призначаємо величину штампувальних ухилів: для зовнішніх поверхонь –  $5^\circ$  і для внутрішніх –  $3^\circ$ ; радіуси заокруглень: зовнішні – 3,6 та 2,5 мм; внутрішні – 5 мм.

12. Відповідно до ГОСТ 7505-89 допускається величина зміщення по поверхні роз'єму штампі 0,7 мм; допустима величина висоти задирки – 1,8 мм.

## 13. Кресленик заготовки:

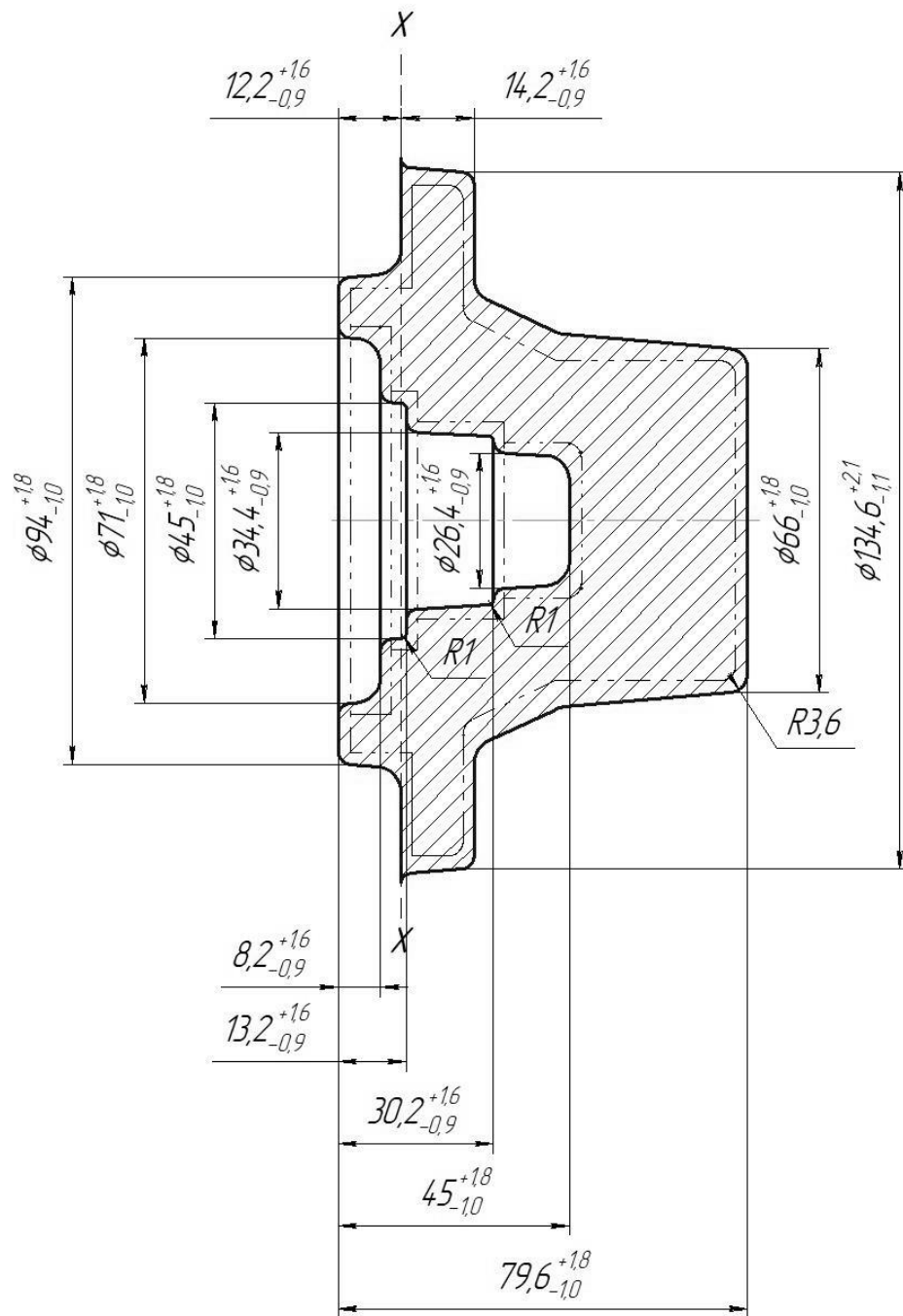


Рис. 2.3. Кресленик заготовки.

1. Клас точності – Т5, ступінь складності – С2, група сталі – М2, вихідний індекс – 14.
2. Обладнання – ДКМ.
3. Невказані радіуси заокруглень: зовнішні – 2,5 мм; внутрішні – 5 мм.
4. Невказані штампувальні ухили: зовнішні – 5, внутрішні – 3.
5. Висота задирки не більше 1,8 мм.
6. Зміщення поверхні роз'єму штапу трохи більше 0,7 мм.

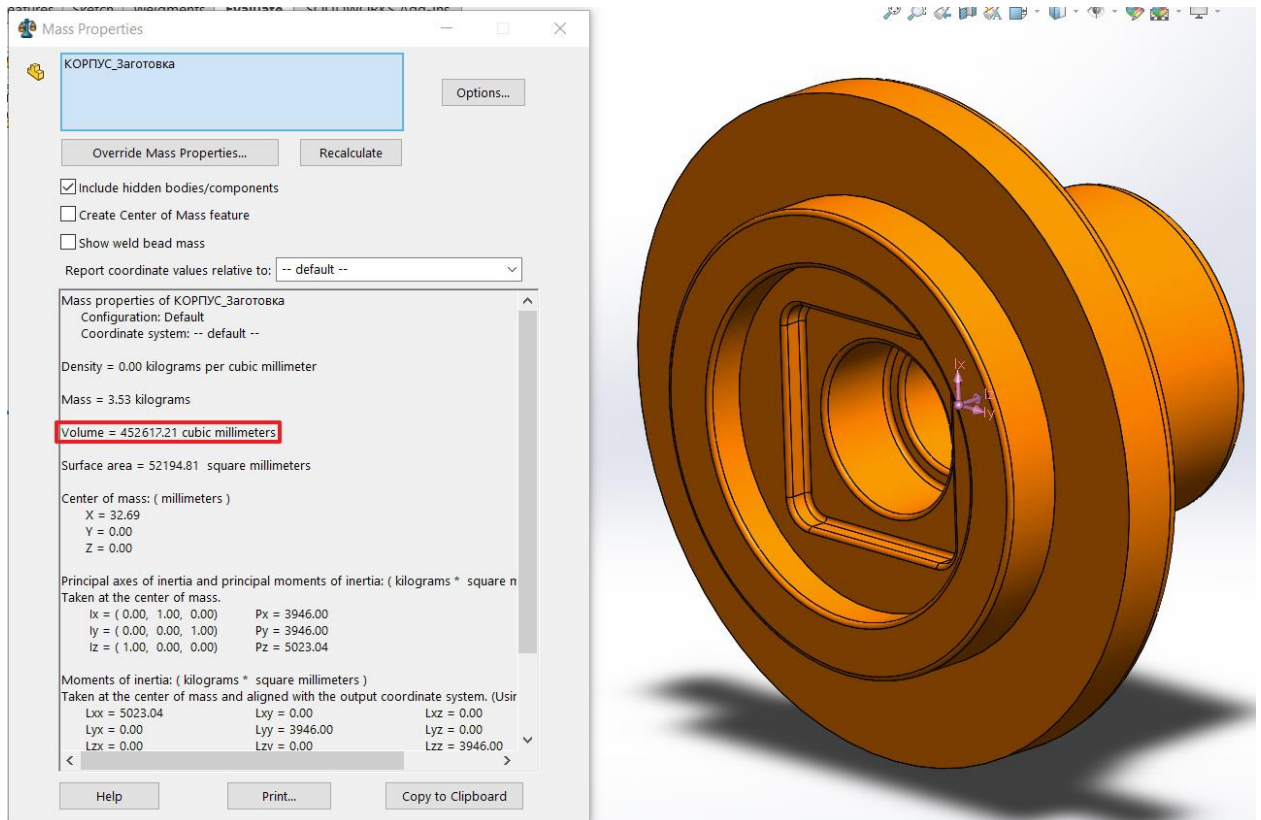


Рис. 2.4 – Розрахунок об'єму поковки КРПП в *SolidWorks*.

14. Визначимо масу поковки  $m_{заг}$ , г:

$$m_{заг} = V_{заг} \rho_{ст} = 452617,207 \cdot 0,007814 = 3536,75г$$

де  $V_{заг}$  – об'єм поковки, мм<sup>3</sup>;

$\rho_{ст}$  – щільність сталі 45, г/мм<sup>3</sup>.

15. Коефіцієнт використання матеріалу  $K_{вм}$  визначається за такою формулою:

$$K_{вм} = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} = \frac{1600}{3536,75} = 0,45$$

де  $m_{дет}$  – маса деталі, г;

$m_{заг}$  – маса поковки, г.

16. Визначимо масу матеріалу на одну деталь з урахуванням технологічних втрат  $G$ , г при штампуванні (залишковий облом, задирки, чад і т.д.), які рівні 10% від маси заготовки:

$$G = m_{заг} \frac{100+П}{100} = 3536,75 \frac{100+10}{100} = 3890,43г$$

де  $m_{заг}$  – маса поковки, г;

$\Pi$  – відсоток технологічних втрат.

17. Визначимо коефіцієнт використання матеріалу КВМ з урахуванням технологічних втрат:

$$КВМ = \frac{m_{дет}}{G} = \frac{1600}{3890,43} = 0,41$$

де  $m_{дет}$  – маса деталі, г;

$G$  – вага матеріалу на одну деталь з урахуванням технологічних втрат;

18. Визначимо вартість штучної заготовки  $C_{заг}$ , грн:

$$\begin{aligned} C_{заг} &= C_{мат} G K_{тр.з} - (G - m_{дет}) - \frac{C_{відх}}{1000} = \\ &= 70 \cdot 3,89 \cdot 1,05 - (3,89 - 1,6) - \frac{8000}{1000} = 275,6 \text{ грн.} \end{aligned}$$

де  $C_{мат}$  – ціна 1 кг матеріалу прокату (сталь 45 – 70 грн);

$G$  – маса матеріалу однієї деталі з урахуванням технологічних втрат, кг;

$K_{тр.з}$  – коефіцієнт транспортно-заготівельних робіт (для чорних металів 1,05 ... 1,06);

$m_{дет}$  – маса деталі, кг;

$C_{відх}$  – вартість 1 тонни відходів (8000 грн).

Таблиця 2.3

#### Параметри заготовок

Вид заготовки	$m_{дет}, кг$	$m_{заг}, кг$	$G, кг$	$K_{вм}$	$КВМ$	$C_{заг}, грн$
Прокат	1,6	9,68	11,13	0,17	0,14	800,5
Поковка		3,53	3,89	0,45	0,41	275,6

#### 2.1.3. Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Основним показником, що характеризує економічність обраного варіанта виготовлення заготовки, є коефіцієнт використання матеріалу, у прокату він нижче; поковка дешевша за прокат на 524,9 грн.

1. Визначимо економічний ефект  $E_{\text{грн}}$ , грн. обраного варіанта одержання заготовки в грошовому вираженні на річну виробничу програму випуску деталі за формулою:

$$E_{\text{грн}} = (C_{\text{пр}} - C_n) N_p = (800,5 - 275,6) 500 = 262450 \text{ грн}$$

де  $C_{\text{пр}}$  – собівартість заготівлі-прокату, грн;

$C_n$  – собівартість поковки, грн;

$N_p$  – річна програма випуску деталей, шт.

2. Визначимо річну економію матеріалу  $E_m$ , кг при обробці поковки за формулою:

$$E_m = (G_{\text{пр}} - G_n) N_p = (11,13 - 3,89) 500 = 3620 \text{ кг}$$

де  $G_{\text{пр}}$  – вага матеріалу заготовки-прокату з урахуванням технологічних втрат, кг;

$G_n$  – вага матеріалу поковки з урахуванням технологічних втрат, кг;

$N_p$  – річна програма випуску деталей, шт.

Висновок: техніко-економічні розрахунки показують, що заготовка, отримана методом штампування більш економічна як за собівартістю, так і з точки зору використання матеріалу. Враховуючи річну виробничу програму випуску деталей 500 шт, штампування в порівнянні з заготовкою з прокату дає економію 3620 кг і 262450 грн за рік. Однак у випадку дрібносерійного виробництва економічність обробки поковки незначна, крім того в цьому випадку необхідна наявність додаткового обладнання з тривалим терміном окупності. Для разового випуску партій деталей КРПП доцільніше використовувати прокат [6, 15, 17].

## 2.2. Схема базування

Базуванням називається надання заготовці або виробу необхідного положення відносно обраної системи координат.

При проектуванні технологічного процесу необхідно правильно вибрати схему базування заготівлі на кожній операції, оскільки від правильно обраної схеми базування залежить насамперед точність виготовлення деталі.



Базою називається вісь, точка або поверхня заготовки, що використовується для базування.

Залежно від призначення бази поділяються на:

- технологічні – поверхня, поєднання поверхонь, вісь або точка, щодо яких розташовуються поверхні, що обробляються на даній операції;
- конструкторські – використовувані для визначення положення деталі чи складальної одиниці у виробі;
- вимірювальні – використовувані для відліку розмірів при обробці заготовок або при складанні виробу.

За позбавленими ступенями свободи бази бувають:

- настановні – з трьома опорними точками, що позбавляють заготовку при базуванні трьох ступенів свободи;
- напрямні – з двома опорними точками, що позбавляють заготовку при базуванні двох ступенів свободи;
- опорні – з однією опорною точкою, що позбавляють заготовку під час базування одного ступеня свободи;
- подвійні напрямні – з чотирма опорними точками, що позбавляють заготовку при базуванні чотирьох ступенів свободи;
- подвійні опорні – з двома опорними точками, що позбавляють заготівлю під час базування двох ступенів свободи.

За характером прояви бази бувають:

- приховані – уявно побудована площина, вісь або точка, що використовуються як база;
- явні – реальні поверхні заготовки або поєднання поверхонь, що використовуються як бази.

Схеми базування залежать від форми заготовки. Основними схемами базування є:

- схема базування призматичних деталей (правило шести точок);
- схема базування циліндричних довгих деталей (валів);

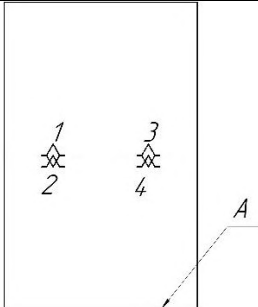
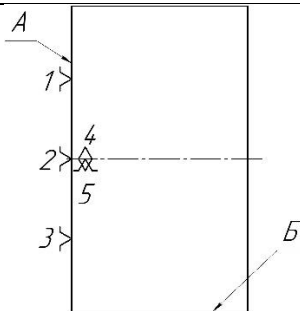
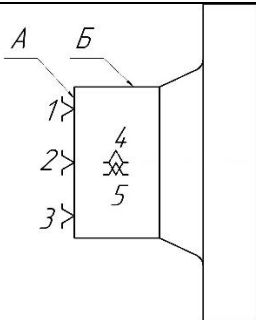
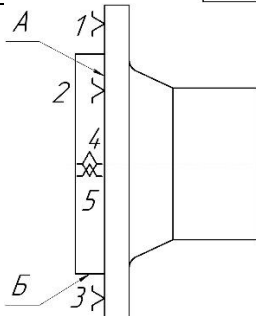
- схема базування коротких циліндричних деталей (дисків).

Оскільки деталь КРПП відноситься до деталей типу диск, то вибираємо третю схему базування.

Схеми базування заготовки за операціями занесемо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4.

## Схеми базування заготовки.

Номер операції	Назва операції	Схема базування	Комплект баз
01	Заго-тівельна		<i>A</i> – зовнішня циліндрична поверхня – подвійна напрямна база
03	Токарна 16К20		<i>A</i> – торцева поверхня – установна база <i>B</i> – зовнішня циліндрична поверхня – подвійна опорна база
03	Токарна 16К20		<i>A</i> – торцева поверхня – установна база <i>B</i> – зовнішня циліндрична поверхня – подвійна опорна база
08	Токарка 16К20Ф3		Поверхня <i>A</i> – установна база <i>B</i> – зовнішня циліндрична поверхня – подвійна опорна база

11	Фрезерна HERMLE С600U		<p><i>A</i> – торцева поверхня – установна база</p> <p><i>B</i> – зовнішня циліндрична поверхня – подвійна опорна база</p>

### 2.3. Розрахунок и призначення припусків на механічну обробку

Припуски на механічну обробку виконаємо розрахунково-аналітичним методом визначення припусків, що передбачає розрахунок по всіх послідовно виконуваних технологічних переходах обробки поверхні даної деталі, їх підсумовування для визначення загального припуску на обробку поверхні. Застосування розрахунково-аналітичного методу скорочує в середньому витрату матеріалу в стружку порівняно з табличним методом призначення припусків приблизно до 50%. Цим методом визначимо припуски для

найточніших поверхонь: зовнішньої  $\varnothing 90h7_{(-0,035)}$  та внутрішньої  $\varnothing 75H7^{(+0,03)}$ .  
Для інших поверхонь припуски визначимо статистичним методом.

1. Визначається маршрут обробки поверхні згідно методики та складеного техпроцесу обробки заготовки.

2-4. Призначається точність, допуску та граничні відхилення згідно ГОСТ 25346-89.

5-6. Якість поверхні заготовки  $Rz$  та  $h$  визначається за табличними даними.

7. Визначається  $\rho$  - сума просторових відхилень заготовки:

$$\rho = K_y l \sqrt{\Delta_k^2} = K_y l \Delta_k$$

де  $\Delta_k$  – кривизна,

$l$  – довжина заготовки,

$K_y$  – коефіцієнт уточнення.

$$\rho_0 = \rho_1 = 0,06 \cdot 77 \cdot 0,5 = 2,310 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 77 \cdot 0,5 = 1,925 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 77 \cdot 0,5 = 1,540 \text{ мкм}$$

8. Визначається похибка встановлення  $\varepsilon$ .

У разі обробки поверхонь обертання істотний вплив на точність встановлення має радіальне зміщення заготовки під дією сили зажиму:

$$\varepsilon_i = K_{yi} \varepsilon_{i-1}, \quad \varepsilon_1 = 400 \text{ мкм}, \quad \varepsilon_2 = 0,06 \cdot 400 = 24 \text{ мкм}, \quad \varepsilon_3 = 0,05 \cdot 24 = 1,2 \text{ мкм}$$

9. Мінімальний міжопераційний припуск розраховується за формулою:

$$2z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

где  $Rz_{i-1}$  - шорсткість поверхні на попередньому переході;

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

$\rho_{i-1}$  – сума просторових відхилень від правильної геометричної форми на попередньому переході;

$\varepsilon_i$  – похибка встановлення на даному переході.

$$2z_{\min 1} = 2(150 + 145 + \sqrt{2,310^2 + 400^2}) = 1390,013 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 2} = 2(63 + 60 + \sqrt{2,310^2 + 24^2}) = 294,222 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 3} = 2(20 + 30 + \sqrt{1,925^2 + 1,2^2}) = 104,537 \text{ мкм}$$

10. Визначаються мінімальні міжопераційні розміри. Розрахунки ведуться від розмірів деталі до заготовки, округляючи значення кількості знаків після коми, з якого заданий допуск на цей розмір:

$$d_{i-1 \min} = d_{i \min} + 2z_{\min i}$$

$$d_{3 \min} = d_{\text{дет. min}} = 89,965 \text{ мм}$$

$$d_{2 \min} = d_{3 \min} + 2z_{\min 3} = 89,965 + 0,104537 = 90,07 \text{ мм}$$

$$d_{1 \min} = d_{2 \min} + 2z_{\min 2} = 90,07 + 0,294222 = 90,36 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг. min}} = d_{1 \min} + 2z_{\min 1} = 90,36 + 1,390013 = 91,8 \text{ мм}$$

11. Визначаються максимальні міжопераційні розміри:

$$d_{i \max} = d_{i \min} + Td_i$$

$$d_{3 \max} = 89,965 + 0,035 = 90 \text{ мм}$$

$$d_{2 \max} = 90,07 + 0,14 = 90,21 \text{ мм}$$

$$d_{1 \max} = 90,36 + 0,35 = 90,71 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг. max}} = 91,8 + 2,2 = 94,0 \text{ мм}$$

12-13. Визначаються фактичні припуски на обробку:

$$2z_{i \min} = d_{i-1 \min} - d_{i \min}$$

$$2z_{3 \min} = d_{2 \min} - d_{3 \min} = 90,07 - 89,965 = 105 \text{ мкм}$$

$$2z_{2 \min} = d_{1 \min} - d_{2 \min} = 90,36 - 90,07 = 290 \text{ мкм}$$

$$2z_{1 \min} = d_{\text{заг. min}} - d_{1 \min} = 91,8 - 90,36 = 1440 \text{ мкм}$$

$$2z_{i \max} = d_{i-1 \max} - d_{i \max}$$

$$2z_{3 \max} = d_{2 \max} - d_{3 \max} = 90,21 - 90 = 210 \text{ мкм}$$

$$2z_{2 \max} = d_{1 \max} - d_{2 \max} = 90,71 - 90,21 = 500 \text{ мкм}$$

$$2z_{1 \max} = d_{\text{заг. max}} - d_{1 \max} = 94,0 - 90,71 = 3290 \text{ мкм}$$

Визначається загальний припуск на обробку, підсумовуючи мінімальні максимальні та припуски:

$$2z_{0min} = \sum 2z_{imin}, 2z_{0max} = \sum 2z_{imax}.$$

Виконується перевірка розрахунків за формулою:

$$2z_{0max} - 2z_{0min} = Td_{заг.} - Td_{дем.}$$

$$4000 - 1835 = 2200 - 35 \quad 2165 = 2165$$

14. Визначаються операційні розміри.

15. Графік розташування припусків, допусків та міжопераційних розмірів зовнішньої поверхні  $\varnothing 90h7_{(-0,035)}$ :

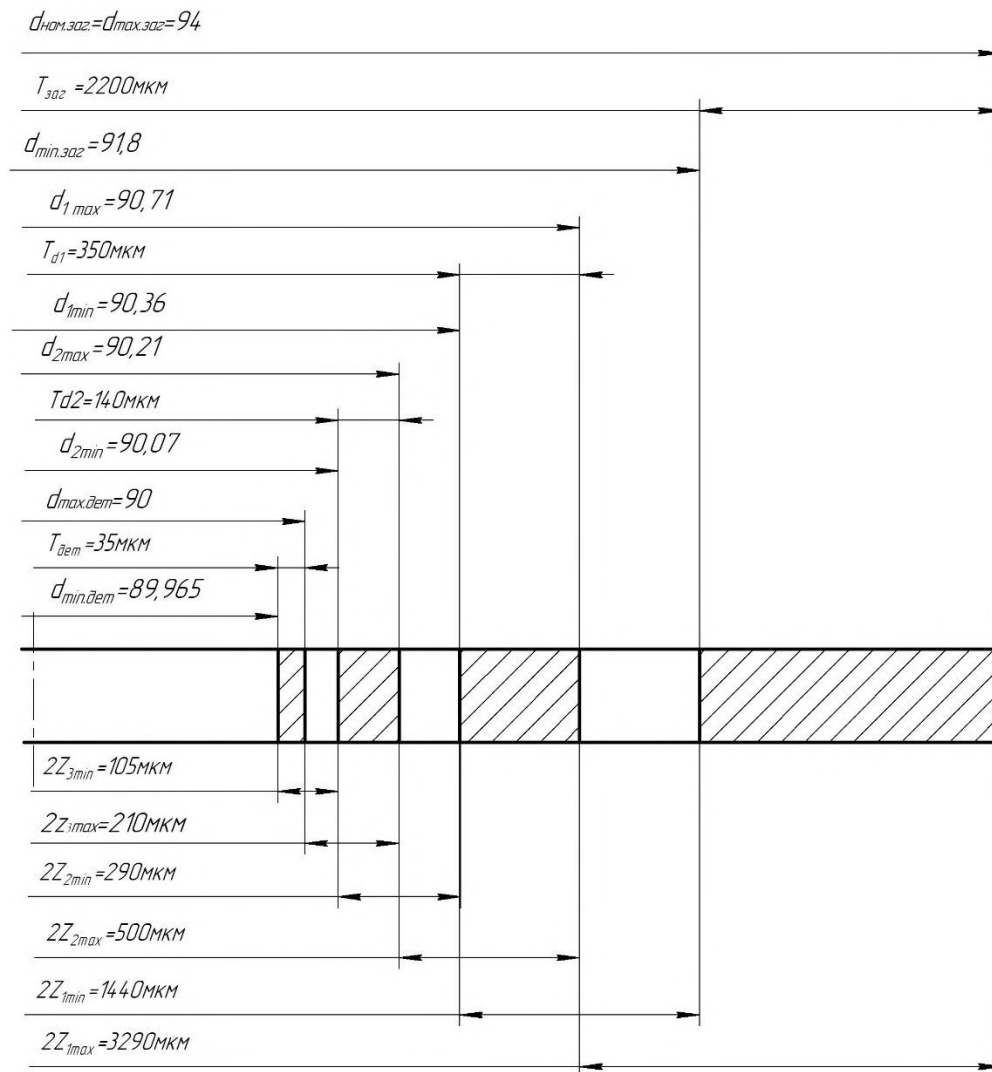


Рис. 2.5. Графік розташування припусків, допусків та міжопераційних розмірів зовнішньої поверхні  $\varnothing 90h7_{(-0,035)}$ .

Аналогічний розрахунок припусків виконано для обробки внутрішньої поверхні  $\varnothing 75H7^{(+0,03)}$ . Відповідний графік розташування припусків, допусків та міжопераційних розмірів подано на рис. 2.6.

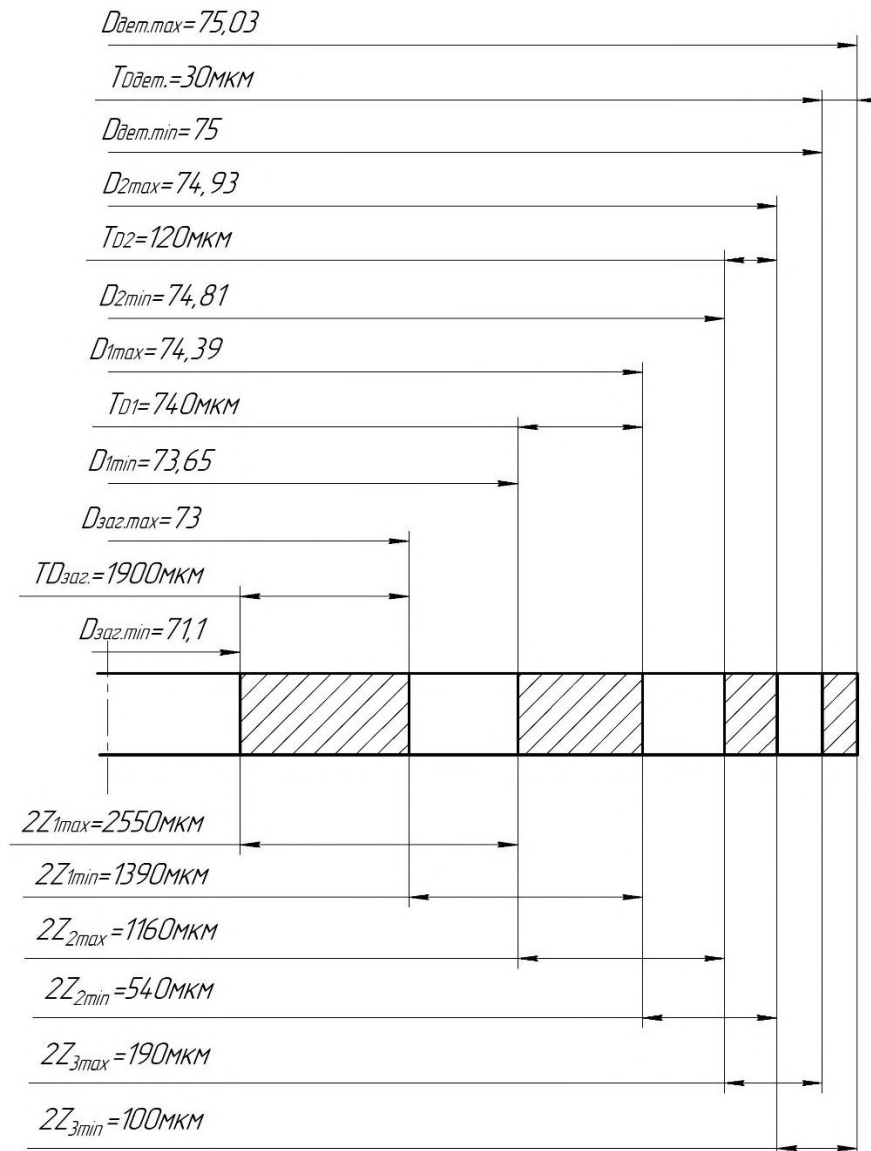


Рис. 2.6. Графік розташування припусків, допусків та міжопераційних розмірів зовнішньої поверхні  $\text{Ø}75\text{H}7^{(+0,03)}$ .

#### 2.4. Вибір технологічного обладнання

При виборі технологічного обладнання основними критеріями будуть:

- можливість обробки на верстаті заготовки із заданими габаритами;
- можливість досягнення на вибраному верстаті необхідної точності та якості оброблюваної поверхні.

З урахуванням перелічених вимог, проаналізувавши паспортні дані верстатів, приймаємо до використання верстати 16K20, 16K20Ф3, *HERMLE C600U* (табл. 2.6, 2.7 та 2.8).

На чорновий токарній операції застосовується токарно-гвинторізний верстат 16К20. На чистовій токарній операції застосовується верстат токарний патронно-центровий з ЧПУ моделі 16К20Ф3. На фрезерній операції застосовується обробний центр *HERMLE C600U*, цей верстат забезпечує можливість обробки одночасно по п'яти осях. На всіх операціях технологічного процесу застосовується трикулачковий спірально-рейковий самоцентруючий патрон нормальної точності мод. ПКВ-250Ф8.95 ГОСТ 2675-80.



Рис. 2.7. Токарно-гвинторізний верстат 16К20.

Таблиця 2.5

Технічна характеристика токарно-гвинторізного верстата 16К20

Параметр	Величина
Найбільший діаметр оброблюваного виробу, мм: над станиною	400
над поперечними салазками супорта	220
Найбільша довжина оброблюваного виробу, мм	2000
Найбільший діаметр прутка, що проходить через отвір у шпинделі, мм	55
Найбільша довжина обточування, мм	1935
Найбільша маса виробу, що встановлюється: в патроні, кг	200
в центрах, кг	1300
Висота осі центрів над плоскими напрямними станини, мм	215
Найбільше зусилля, яке допускається механізмом подач: поздовжнє на упорі, Н	7845
поздовжнє на різці, Н	5884
поперечне на упорі, Н	4510
поперечне на різці, Н	3530
Крок метричних нарізей, що нарізаються, мм:	0,5 -112
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	11
Габаритні розміри верстата, мм	3795×1190×1500
Маса верстата, кг	3685





Рис. 2.7. Верстат токарний патронно-центровий 16К20Ф3.

Таблиця 2.6

Технічна характеристика токарного верстата 16К20Ф3

Параметр	Величина
Найбільший діаметр оброблюваного виробу, мм: над станиною над супортом	400 220
Найбільша довжина оброблюваного виробу, мм	1000
Найбільший діаметр прутка, що проходить через отвір у шпинделі, мм	55
Найбільше переміщення супорта, мм: поздовжнє поперечне	900 250
Кількість інструментів	6
Кількість ступенів частоти обертання шпинделя (загальне/за програмою)	22/9
Межі частоти обертання шпинделя, об/хв	12,5-2000
Межі робочих подач, мм/хв: поздовжня поперечна	3-1200 1,5-600
Дискретність відліку по осях координат, мм: поздовжньої поперечної	0,01 0,005
Швидкості прискорених переміщень, мм/хв: поздовжніх поперечних	4800 2400
Крок нарізей, що нарізаються, мм	0,1 -10
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	10
Габаритні розміри верстата, мм	3360×1710×1750
Маса верстата, кг	4000

Рис. 2.8. Оброблювальний центр *HERMLE C600U*

Таблиця 2.7

Технічна характеристика фрезерного оброблювального центра  
*HERMLE C600U*

Параметр	Величина
Зона обробки:	
поздовжній хід по осі X, мм	600
поперечний хід по осі Y, мм	450
вертикальний хід по осі Z, мм	450
Поворотна зона, град	±110
Розміри поворотного стола, мм	Φ450, 370×370
Потужність приводу шпинделя, кВт.	32
Максимальні оберти шпинделя, об/хв	10000
Діапазон швидкостей подач X, Y, Z вручну/ЧПУ, мм/хв	1...2000/3000
Прискорена подача для лінійних осей, мм/хв	20000
Зусилля подачі на всіх осях (при 80% тривалості увімкнення), Н	6000
Прискорений хід на осях, м/хв	35
Максимальна вага заготовки, що обробляється, кг	200
Максимальні габарити заготовки:	
затискна поверхня, мм	600×370
діаметр, мм	280
Кількість інструментів у магазині, шт.	30
Кріплення інструмента	SK40(HSK-A63)

## 2.5. Перелік ріжучого інструменту

Перелік і характеристику ріжучого інструменту, а також опис виконуваних переходів зведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Перелік ріжучого інструменту

№ з/п	Позначення і характеристики інструменту	Виконуваний перехід
1	2	3
1	<i>Різець прохідний упорний державка DCLNR1616H12 пластина CNMM120408-NRF Walter A84, A20 h = 16мм, b = 16мм, L = 100мм, r = 0,8мм.</i>	1. Чорнове точіння заготовки з припуском 2 мм на сторону. 2. Обробка зовнішнього контуру заготовки з припуском 0,1...0,2 мм на сторону.. 3. Чистове точіння зовнішньої поверхні заготовки. 4. Тонке точіння зовнішньої поверхні заготовки.
2	<i>Різець 2142-0285 BK8 ГОСТ 9795-84 (расточний упорний) h = 12мм, b = 12мм, L = 63мм, l = 10 мм, R = 4мм.</i>	1. Чорнове розточування заготовки з припуском 2 мм на сторону. 2. Обробка внутрішніх поверхонь заготовки з припуском 0,1...0,2 мм на сторону. 3. Чистове розточування внутрішньої поверхні заготовки. 4. Тонке розточування внутрішньої поверхні заготовки.
3	<i>Різець расточний канавковий I12R90-2,5D-GX09 Walter A245 d<sub>1</sub> = 16мм, l<sub>21</sub> = 149.4мм, s = 2-2.5мм.</i>	Виконання канавки $\varnothing 39 \times 2,5^{+0,2}$ .
4	<i>Зенкер на кільцевий виступ Г23.2556 Т30К4, сталь 40А</i>	Зенкерування 3 виступів (елемент Ж).
5	<i>Свердло 2317-0107 ГОСТ 14952-75 (центрувальне) d = 4мм, D = 10мм, L = 59мм.</i>	1. Центрування 6 отворів групи 3 [A3751.ОК HERMLE C600U; лист 3; ескіз 3]. 2. Центрування 3 отворів під $\varnothing 5,5^{+0,2}$ .
6	<i>Свердло 2300-0174 ГОСТ 10902-77 <math>\varnothing 5</math>, L = 86мм, l = 52мм.</i>	1. Свердління 4 отворів групи 4 [A3751.ОК HERMLE C600U; аркуш 3; ескіз 3].
7	<i>Свердло A1163-5.5 Walter B36 <math>\varnothing 5,5</math></i>	1. Свердління центрального отвору $\varnothing 5,5^{+0,2}$ . 2. Свердління 3 отворів $\varnothing 5,5^{+0,2}$ .

Продовження табл. 2.8

1	2	3
8	<i>Свердло 2300-3459 ГОСТ 10902-77 Ø9, L = 125мм, l = 81мм.</i>	Свердління 6 отворів групи 3 [A3751.ОК HERMLE C600U; аркуш 3; ескіз 3].
9	<i>Свердло 2300-3517 ГОСТ 10902-77 Ø12×90°, L = 151мм, l = 101мм.</i>	Виконання фасок на 4 отворах групи 4 [A3751.ОК HERMLE C600U; аркуш 3; ескіз 3].
10	<i>Фреза 2223-2341 ГОСТ 23248-78 Ø8, L=120мм, l=38мм, Морзе2</i>	Фрезерування 3 отворів Ø12 <sup>+0,1</sup> і 3 отворів під нарізь М22×1,5-7Н.
11	<i>Фреза 2223-0112 ГОСТ 17026-71 Ø10, L=92мм, l=22мм, Морзе1</i>	Фрезерування контурів 1, 2 [A3751.ОК HERMLE C600U; аркуш 3; ескіз 3] начисто.
12	<i>Фреза 2223-0296 ГОСТ 17026-71 Ø20, L = 123мм, l = 38мм, Морзе2</i>	1. Фрезерування контурів 1, 2 [A3751.ОК HERMLE C600U; аркуш 3; ескіз 3] з припуском 0,1...0,2 мм на сторону. 2. Фрезерування 3 лисок в розмір 59h12 <sub>(-0,3)</sub> начисто.
13	<i>Фреза різьбова H5087006-M6 Walter D387 d<sub>1</sub> = 6мм, l<sub>1</sub> = 57мм, l<sub>3</sub> = 13.5мм, D<sub>c</sub> = 4.8мм.</i>	Фрезерування нарізі в 4 отворах групи 4 [A3751.ОК HERMLE C600U; аркуш 3; ескіз 3].
14	<i>Фреза різьбова H5150106- M16×1,5 Walter D376 d<sub>1</sub> = 16мм, l<sub>1</sub> = 92мм, L<sub>c</sub> = 30 мм, D<sub>c</sub> = 16 мм.</i>	Фрезерування нарізі М22×1,5-7Н в 3 отворах.
15	<i>Фреза канавкова різьбова A22.1234</i>	Фрезерування 3 різьбових канавок Ø23,2 <sup>+0,1</sup> .
16	<i>Фреза кутова H3E58318-E10-10 Walter E219 l<sub>1</sub> = 35.7мм, L<sub>c</sub> = 6.5мм, α = 90°.</i>	Фрезерування фасок в 3 отворах М22×1,5-7Н.

## 2.6. Розрахунок і призначення режимів різання

Правильність вибору режимів обробки забезпечує виконання всіх вимог до якості деталі за її мінімальної собівартості та максимально можливої продуктивності.

Аналітичним методом розрахуємо режими різання для:

- точіння зовнішньої поверхні  $\varnothing 130h9_{(-0,1)}$ ;
- свердління шести отворів  $\varnothing 9^{(+0,15)}$ ;
- фрезерування трьох лисок  $59h12_{(-0,3)}$ .

### 2.6.1. Точіння зовнішньої поверхні $\varnothing 130h9_{(-0,1)}$

Правильність вибору режимів обробки забезпечує виконання всіх вимог до якості деталі за її мінімальної собівартості та максимально можливої продуктивності.

Розрахунки проводяться за рекомендаціями базового довідника технолога-машинобудівника.

1. Обладнання – верстат 16К20Ф3.

2. Потрібно зняти припуск 2 мм після термообробки. Відповідно до техпроцесу обробки заготовки глибина чистового точіння  $t_2 = 0,15$  мм, чорнового  $t_1 = 1,85$  мм.

3. Період стійкості різця  $T = 60$ хв.

4. Подача при чорновому точінні  $S = 0,8$  мм/об, згідно з табличними даними подача при чистовому точінні  $S = 0,2$  мм/об.

5. Швидкість різання при точінні  $v$ , м/хв:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v$$

де  $C_v$  – коефіцієнт, що враховує вид обробки та матеріал ріжучого інструменте;

$T$  – період стійкості різця, хв;

$t$  – глибина різання, мм;

$S$  – подача, мм/об.

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання;

$$C_v = 340; x = 0,15; y = 0,45; m = 0,20;$$

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,20; m = 0,20.$$

$$K_v = K_{M_v} K_{P_v} K_{H_v} K_{\phi_v} K_{O_v}$$

Відмінності заданого оброблюваного матеріалу від табличного по НВ або  $\sigma_B$  враховуються коефіцієнтом  $K_{Mv}$ :

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^{1,0} = 1,25$$

де  $K_r = 1,0$ ;  $n_v = 1,0$ .

Визначаються інші коефіцієнти:

$K_{Iv} = 1,0$  – поверхня заготовки без ливарної кірки;

$K_{Lv} = 0,65$  – конструкційна сталь обробляється твердим сплавом Т5К10

$K_{\phi_v} = 0,7$  – кут у плані  $\phi = 90^\circ$ ;

$K_{Ov} = 1,0$  – зовнішнє точіння відповідає табличним умовам.

$$v_1 = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,85^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 85,96 \text{ м/хв}$$

$$v_2 = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 193,16 \text{ м/хв}$$

6. Кількість обертів шпинделя  $n$ , об/хв:

$$n_1 = \frac{1000v_1}{\pi D_1} = \frac{1000 \cdot 85,96}{3,14 \cdot 134} = 204,3 \approx 204 \text{ об/хв}$$

$$n_2 = \frac{1000v_2}{\pi D_2} = \frac{1000 \cdot 193,16}{3,14 \cdot 130,15} = 472,65 \approx 473 \text{ об/хв}$$

де  $v$  – швидкість різання, м/хв;

$D$  – діаметр заготовки, мм.

8. Розрахунок тангенціальної  $P_z$  складової сили різання:

$$P_z = 10 C_p t^x S^y v^z K_p$$

де  $C_p = 300$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $z = -0,15$ ;

$t$  – глибина різання, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$v$  – швидкість різання, м/хв;

$K_p$  – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_p = K_{M_p} K_{\varphi_p} K_{\gamma_p} K_{\lambda_p}$$

Відмінності заданого оброблюваного матеріалу від табличного по НВ або враховуються коефіцієнтом  $K_{M_p}$ :

$$n_p = 0,75; K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_6}{75}\right)^{n_p} = \left(\frac{60}{75}\right)^{0,75} = 0,85$$

Визначаються інші коефіцієнти:

$$K_{\varphi_p} = 0,89 \text{ – для кута в плані } \varphi = 90^\circ;$$

$$K_{\gamma_p} = 1,0 \text{ – для переднього кута } \gamma = 15^\circ \approx 10^\circ;$$

$$K_{\lambda_p} = 1,0 \text{ – для кута нахилу головного леза } \lambda = 0^\circ.$$

$$P_{z1} = 10 \cdot 300 \cdot 1,85^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 110,52^{-0,15} \cdot 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1753,86 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 300 \cdot 0,15^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 300,63^{-0,15} \cdot 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 43,26 \text{ Н}$$

9. Перевірка режиму різання за потужністю електродвигуна верстата:

$$N_{\text{різ1}} = \frac{P_{z1} v_1}{1020 \cdot 60} = \frac{1753,86 \cdot 85,96}{1020 \cdot 60} = 2,46 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{різ2}} = \frac{P_{z2} v_2}{1020 \cdot 60} = \frac{43,26 \cdot 193,16}{1020 \cdot 60} = 0,14 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{розр1}} = \frac{N_{\text{рез1}}}{\eta} = \frac{2,46}{0,75} = 3,28 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{розр2}} = \frac{N_{\text{рез2}}}{\eta} = \frac{0,14}{0,75} = 0,19 \text{ кВт}$$

де  $N_{\text{різ1,2}}$  – потужності різання чорнового та чистового проходів, кВт;

$N_{\text{розр1,2}}$  – необхідні для чорнової та чистової обробки заготовки потужності електродвигуна верстата 16К20Ф3, кВт;

$P_{z1,2}$  – тангенціальні складові сили різання чорнового та чистового проходів, Н;

$v_{1,2}$  – швидкості різання чорнового та чистового проходів, м/хв;

$\eta$  – ККД верстата 16К20Ф3.

За потужності електродвигуна верстата  $N_{cm} = 10$  кВт обробка можлива.

Таблиця 2.9

Режим різання при точінні зовнішньої поверхні  $\varnothing 130h9_{(-0,1)}$ ;

Обробка	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$T$ , хв	$n$ , об/хв	$v$ , м/хв
Чорнова	1,85	0,8	60	204	85,96
Чистова	0,15	0,2	60	473	193,16

### 2.6.2. Свердління отвору $\varnothing 5,5^{(+0,2)}$

Розрахунки проводяться за рекомендаціями базового довідника.

Свердління проводиться на верстаті 16К20Ф3 без охолодження, глибина свердління 20 мм.

1. Глибина різання при свердлінні  $t$ , мм:

$$t = 0,5D = 0,5 \cdot 5,5 = 2,75 \text{ мм}$$

де  $D = 5,5$  мм – діаметр отвору.

2. Подача рівна:  $S = 0,17$  мм/об.

3. Період стійкості свердла  $T = 20$  хв.

4. Швидкість різання при свердлінні  $v$ , м/хв:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v$$

де  $C_v$  – коефіцієнт, що враховує вид обробки та матеріал ріжучого інструменту;

$$C_v = 7; q = 0,4; m = 0,2; y = 0,7;$$

$D$  – діаметр отвору, мм;

$T$  – період стійкості свердла, хв;

$S$  – подача, мм/об;

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{l_v} \cdot K_{l_v}$$



Відмінності заданого оброблюваного матеріалу від табличного по НВ або σв враховуються коефіцієнтом  $K_{Mv}$ :

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^{1,0} = 1,25$$

где  $K_r = 1,0$ ;  $n_v = 1,0$  (табл. 2).

Визначаються інші коефіцієнти

$K_{lv} = 0,65$  – нехай заготовка обробляється твердим сплавом Т5К10;

$K_{lv} = 0,92$  – врахування глибини свердління.

$$v = \frac{7 \cdot 5,5^{0,4}}{20^{0,2} \cdot 0,17^{0,7}} \cdot 1,25 \cdot 0,65 \cdot 0,92 = 19,65 \text{ м/хв}$$

5. Крутяний момент  $M_{кр}$ , Н·м:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p$$

де  $C_M = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$ ;

$D$  – діаметр отвору, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$K_p$  – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, залежить тільки від матеріалу, що обробляється

$$K_p = K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_{\epsilon}}{75} \right)^n = \left( \frac{60}{75} \right)^{0,75} = 0,85$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5,5^{2,0} \cdot 0,07^{0,8} \cdot 0,85 = 1,057 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6. Осьова сила  $P_o$ , Н:

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_p$$

де  $C_p = 68$ ;  $q = 1,0$ ;  $y = 0,7$ ;

$D$  – діаметр отвору, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$K_p$  – коефіцієнт, розрахований в п. 5

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 5,5^{1,0} \cdot 0,07^{0,7} \cdot 0,85 = 494,15 \text{ Н}$$

7. Частота обертання шпинделя  $n$ , об/хв:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 19,65}{3,14 \cdot 5,5} = 1137,81 \approx 1140 \text{ об/хв}$$

де  $v$  – швидкість різання, м/хв;

$D$  – діаметр отвору, мм.

8. Потужність різання  $N$ , кВт:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{1,057 \cdot 1140}{9750} = 0,12 \text{ кВт}$$

де  $M_{кр}$  – крутний момент, Н·м;

$n$  – частота обертання шпинделя, об/хв.

9. Перевірка двигуна верстата за потужністю різання:

$$N = 0,12 \text{ кВт} \leq N_{\partial} \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

де  $N_{\partial}$  – потужність двигуна, кВт;

$\eta$  – ККД верстату 16К20Ф3.

Умова виконується. Обробка можлива.

Таблиця 2.10

Режим різання при свердлінні отвору  $\varnothing 5,5^{(+0,2)}$

$t$ , мм	$S$ , мм/об	$T$ , хв	$n$ , об/хв	$v$ , м/хв
2,75	0,17	20	1140	19,65

### 2.6.3. Фрезерування трьох лисок 59h12<sub>(-0,3)</sub>

Розрахунки проводяться за рекомендаціями базового довідника.

Фрезерування трьох лисок 59h12<sub>(-0,3)</sub> проводиться кінцевою фрезою з 5 зубами діаметром 20 мм на обробному центрі *HERMLE C600U*.

1. Глибина фрезерування  $t$ , мм:

$$t = 62 - 59 = 3 \text{ мм}$$

2. Ширина фрезерування:

$$B = 30 \text{ мм}$$

3. Подача на один зуб рівна:

$$S_z = 0,06 \text{ мм}$$

4. Подача на оберт  $S$ , мм/об:

$$S = S_z z = 0,06 \cdot 5 = 0,3 \text{ мм/об}$$

де  $S_z$  – подача на один зуб, мм;

$z$  – кількість зубців фрези.

5. Період стійкості фрези  $T = 80$  хв.

6. Швидкість різання при фрезеруванні  $v$ , м/хв:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v$$

де  $C_v$  – коефіцієнт, що враховує вид обробки та матеріал ріжучого інструменту;

$$C_v = 46,7; q = 0,45; m = 0,33; x = y = 0,5; u = p = 0,1;$$

$D$  – діаметр фрези, мм;

$T$  – період стійкості фрези, хв;

$t$  – глибина фрезерування, мм;

$S_z$  – подача однією зуб, мм;

$B$  – ширина фрезерування, мм;

$z$  – число зубів фрези;

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{П_v} \cdot K_{I_v}$$

Відмінності заданого оброблюваного матеріалу від табличного по НВ або враховуються коефіцієнтом  $K_{M_v}$ :

$$K_{M_v} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_6} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^{0,9} = 1,22$$

де  $K_r = 1,0$ ;  $n_v = 0,9$ .

Визначаються інші коефіцієнти:

$K_{П_v} = 1,0$  – поверхня заготовки без кірки;

$K_{I_v} = 1,0$  – нехай заготовка обробляється сплавом Р6М5.

$$v = \frac{46,7 \cdot 20^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 3^{0,5} \cdot 0,06^{0,5} \cdot 30^{0,1} \cdot 5^{0,1}} \cdot 1,22 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 73,77 \text{ м/хв}$$

7. Частота обертання фрези  $n$ , об/хв:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 73,77}{3,14 \cdot 20} = 1174,68 \approx 1175 \text{ об/хв}$$

де  $v$  - швидкість різання, м/хв;

$D$  – діаметр фрези, мм.

8. Колова сила різання  $P_z$ , Н:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{Mp}$$

Де  $C_p = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$

$t$  – глибина фрезерування, мм;

$S_z$  – подача на один зуб, мм;

$B$  – ширина фрезерування, мм;

$z$  – кількість зубів фрези;

$D$  – діаметр фрези, мм;

$n$  – частота обертання фрези, об/хв;

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{75} \right)^n = \left( \frac{60}{75} \right)^{0,3} = 0,94.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 3^{0,86} \cdot 0,06^{0,72} \cdot 30^{1,0} \cdot 5}{20^{0,86} \cdot 1175^0} \cdot 0,94 = 2,11 \text{ Н}$$

9. Інші складові сили різання (табл. 42):

– горизонтальна  $P_h = 0,8P_z = 0,8 \cdot 2,11 = 1,69 \text{ Н}$

– вертикальна  $P_v = 0,7P_z = 0,7 \cdot 2,11 = 1,48 \text{ Н}$

– радіальна  $P_y = 0,4P_z = 0,4 \cdot 2,11 = 0,84 \text{ Н}$

– осьова  $P_x = 0,2 \text{tg} \omega P_z \approx 0,2 \frac{D}{2B} P_z = 0,2 \cdot 0,33 \cdot 2,11 = 0,14 \text{ Н}$

10. Складова сили різання, за якою розраховують оправку на згин:

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2} = \sqrt{0,84^2 + 2,11^2} = 2,27 \text{ Н}$$

11. Крутний момент на шпинделі  $M_{кр}$ , Н·м:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 1000} = \frac{2,11 \cdot 20}{2 \cdot 1000} = 0,021 Н \cdot м$$

де  $P_z$  – колова сила різання, Н;

$D$  – діаметр фрези, мм.

12. Потужність різання  $N$ , кВт:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{2,11 \cdot 73,77}{1020 \cdot 60} = 0,0025 кВт$$

де  $P_z$  – колова сила різання, Н;

$v$  – швидкість різання, м/хв.

13. Перевірка двигуна верстата за потужністю різання:

$$N = 0,0025 кВт \leq N_{\partial} \eta = 32 \cdot 0,75 = 24 кВт$$

де  $N_{\partial}$  – потужність двигуна, кВт;

$\eta$  – ККД верстата 16К20Ф3.

Умова виконується. Обробка можлива.

Таблиця 2.11

Режим різання при фрезеруванні трьох лисок 59h12<sub>(-0,3)</sub>

$t$ , мм	$S$ , мм/об	$T$ , хв	$n$ , об/хв	$v$ , м/хв
3	0,3	80	1175	73,77

## 2.7. Розрахунок норм часу на операції 03, 08, 11

2.7.1. Основний час  $T_o$ , хв, протягом якого відбувається безпосередня зміна заготівлі, її зовнішнього вигляду, форми, розмірів, розраховується за формулою:

$$T_o = t_{o1} + \dots + t_{om}$$

де  $t_{oj} = \frac{(L+l)i}{nS}$  – Основний час  $j$ -го з  $m$  переходів, хв;

$L$  – розрахункова довжина переходу обробки, мм;

$l$  – довжина врізання-перебігу, мм;

$i$  – число робочих ходів інструменту;

$n$  – число оборотів шпинделя, про/хв;

$S$  – подача, мм/об.

Карта налагодження на операцію 03 (кресленик, аркуш 3):

$$\begin{aligned}
 T_{o(03)} = & \frac{70}{250 \cdot 0,8} + \frac{67}{500 \cdot 0,7} + \frac{53 \cdot 3}{250 \cdot 0,7} + \frac{53}{315 \cdot 0,8} + \frac{44}{400 \cdot 0,7} + \frac{67,5}{500 \cdot 0,7} \\
 & + \frac{12 \cdot 3}{250 \cdot 0,7} + \\
 & + \frac{35,5 \cdot 4}{1250 \cdot 0,1} + \frac{23}{1600 \cdot 0,0875} + \frac{23}{1600 \cdot 0,1} + \frac{17 \cdot 5}{1600 \cdot 0,0875} + \\
 & + \frac{17}{1600 \cdot 0,1} + \frac{13 \cdot 5}{1600 \cdot 0,0875} = 4,83\text{хв}
 \end{aligned}$$

Карта налагодження на операцію 08 (кресленик, аркуш 4):

$$\begin{aligned}
 T_{o(08)} = & \frac{120,22}{285 \cdot 0,8} + \frac{120,22}{640 \cdot 0,2} + \frac{39,5}{311 \cdot 0,8} + \frac{39,5}{633 \cdot 0,2} + \frac{39,5}{828 \cdot 0,1} + \frac{81,21}{1240 \cdot 0,7} + \\
 & + \frac{81,21}{2000 \cdot 0,2} + \frac{81,21}{2000 \cdot 0,2} + \frac{0,5}{2000 \cdot 0,1} + \frac{20 + 1,67}{1140 \cdot 0,17} = 3,06\text{хв}
 \end{aligned}$$

Карта налагодження на операцію 11 установ 01 (кресленик, аркуш 5):

$$\begin{aligned}
 T_{o(11_01)} = & \frac{408,33 \cdot 2}{1390 \cdot 0,2} + \frac{191,42 \cdot 2}{1638 \cdot 0,2} + \frac{408,33}{4093 \cdot 0,1} + \frac{191,42}{4815 \cdot 0,1} \\
 & + \frac{(7,64 + 1,15)10}{3112 \cdot 0,12} + \frac{(10 + 2,73)6}{1836 \cdot 0,11} + \\
 & + \frac{(12 + 1,5)4}{3669 \cdot 0,07} + \frac{1 \cdot 4}{3291 \cdot 0,15} + \frac{9 \cdot 4}{3557 \cdot 0,6} = 6,48\text{хв}
 \end{aligned}$$

Карта налагодження на операцію 11 установ 02 (кресленик, аркуш 6):

$$\begin{aligned}
 T_{o(11_02)} = & \frac{(28,62 + 4,7)3}{1174 \cdot 0,3} + \frac{(7,64 + 1,15)3}{3112 \cdot 0,12} + \frac{(24,75 + 1,66)3}{2117 \cdot 0,07} + \frac{57,3 \cdot 3}{3805 \cdot 0,12} \\
 & + \frac{77,83 \cdot 3}{3530 \cdot 0,13} + \\
 & + \frac{72,88 \cdot 3}{1921 \cdot 0,75} + \frac{69,11 \cdot 3}{5262 \cdot 0,48} + \frac{67,54 \cdot 3}{4914 \cdot 0,2} + \frac{37,7 \cdot 3}{1737 \cdot 0,1} = 2,809\text{хв}
 \end{aligned}$$

$$T_{o(11)} = T_{o(11_01)} + T_{o(11_02)} = 9,29\text{хв}$$

2.7.2. Допоміжний час  $T_{д}$ , хв – це час, що витрачається на дії, пов'язані зі здійсненням основної роботи (встановлення та зняття заготовки, переміщення робочих органів верстата, контрольні вимірювання).

$$1. \quad T_{д(03)} = (t_{уст} + \sum t_{пер} + \sum t'_{пер} + t_{изм})K_{тв} = (0,9 + 6,55 + 1,53 + 2,84)1 = 11,82 \text{ хв}$$

де  $t_{уст} = 2 \cdot 0,45$  хв – час на встановлення та зняття заготовки в самоцентруючому патроні з кріпленням ключем без вивіряння, два установи;

$\sum t_{пер} = t_{пер1} + t_{пер2} = 6,55$  хв – час, пов'язаний із переходом:

$t_{пер1} = 23 \cdot 0,23$  хв – поперечне точіння з установкою різця по лімбу;

$t_{пер2} = 6 \cdot 0,21$  хв - поздовжнє точіння з установкою різця по лімбу.

$\sum t'_{пер} = t'_{пер1} + t'_{пер2} + t'_{пер3} + t'_{пер4} = 1,53$  хв - час на прийоми, що не увійшли до комплексу:

$t'_{пер1} = 9 \cdot 0,07$  хв – змінити величину подачі;

$t'_{пер2} = 8 \cdot 0,08$  хв – змінити кількість обертів шпинделя;

$t'_{пер3} = 2 \cdot 0,07$  хв – змінити різець поворотом різцевої головки;

$t'_{пер4} = 4 \cdot 0,03$  хв – закрити чи відкрити щиток огороження від стружки.

$T_{вим} = \sum_n i_n t_{вимn} + i_{ур} t_{ур} + i_{уу} t_{уу} + \sum_n i_n t_{зм} + i_{кпр} t_{кпр} = 2,84$  хв – час на контрольні

виміри [кресленик, аркуш 3]:

$i$  – кількість точок проміру поверхні;

$\sum_n i_n t_{вимn} = i_1 t_{вим1} + \dots + i_4 t_{вим4} + i_7 t_{вим7} + \dots + i_9 t_{вим9} + i_{11} t_{вим11} + i_{13} t_{вим13} = 1,25$  хв –

вимірювання штангенциркулем поверхонь під номерами  $n$ :

$i_1 t_{вим1} = 1 \cdot 0,17$  хв;  $i_2 t_{вим2} = 1 \cdot 0,17$  хв;  $i_3 t_{вим3} = 1 \cdot 0,16$  хв;

$i_4 t_{вим4} = 1 \cdot 0,13$  хв;  $i_7 t_{вим7} = 1 \cdot 0,16$  хв;  $i_8 t_{вим8} = 1 \cdot 0,13$  хв;  $i_9 t_{вим9} = 1 \cdot 0,13$  хв;

$i_{ур} t_{ур} = 2 \cdot 1 \cdot 0,25$  хв – вимірювання шаблоном двох радіусів заокруглення

$R1$ .

$i_{уу} t_{уу} = 1 \cdot 0,09$  хв - вимірювання шаблоном поверхні 5;

$\sum_n i_n t_{зм} = i_{10} t_{зм10} + i_{12} t_{зм12} + i_{14} t_{зм14} + i_{16} t_{зм16} = 0,88$  хв – вимірювання

глибиноміром поверхонь під номерами  $n$ :

$$i_{10}t_{2110} = i_{12}t_{2112} = i_{14}t_{2114} = i_{16}t_{2116} = 1 \cdot 0,22 \text{ хв.}$$

$$i_{кнр}t_{кнр} = 1 \cdot 0,12 \text{ хв} - \text{вимірювання калібр-пробкою поверхні 15};$$

$K_{t_6} = 1$  – коефіцієнт сумарної тривалості обробки партії деталей.

$$2. T_{6(08)} = t_{м.6} + t_6 = 2,64 \text{ хв}$$

де  $t_{м.6} = n(t_{м.61} + t_{м.62} + t_{м.63}) = 1,02 \text{ хв}$  – машинно-допоміжний час на одночасне переміщення робочих органів верстата по осях Z та X:

$n = 6$  – кількість інструментів;

$t_{м.61} = 0,03 \text{ хв}$  – прискорений час;

$t_{м.62} = 0,1 \text{ хв}$  – настановний час;

$t_{м.63} = 0,04 \text{ хв}$  – настановний (холостий) в зоні різання час.

$t_6 = t_{6.y} + t_{6.cn} + t_{6.u} = 1,62 \text{ хв}$  - допоміжний час на прийоми, виконувани вручну:

$t_{6.y} = 2 \cdot 0,31 \text{ хв}$  - час на встановлення та зняття заготовки масою 2,806 кг у трикулачковому патроні, два установи;

$t_{6.cn} = t_{6.cn1} + t_{6.cn2} + t_{6.cn3} = 1 \text{ хв}$  - час на керування верстатом, два установка [:

$t_{6.cn1} = 2 \cdot 0,32 \text{ хв}$  – встановити задане взаємне положення заготівлі та інструменту за координатами X, Y, Z та у разі необхідності зробити підналагодження;

$t_{6.cn2} = 2 \cdot 0,03 \text{ хв}$  - встановити та зняти щиток від забризкування емульсією;

$t_{6.cn3} = 2 \cdot 0,15 \text{ хв}$  - перевірити прихід деталі чи інструменту задану точку після обробки.

$t_{6.i}$  – час на контроль, хв, перекривається основним часом, тому приймається рівним 0.

$$3. T_{6(11)} = t_{м.6} + t_6 = 3,06 \text{ хв}$$

де  $t_{м.6} = nt_u + \sum_n t_{xn} = 0,78 \text{ хв}$  – машинно-допоміжний час:

$n = 13$  – кількість інструментів;

$t_i = 0,05 \text{ хв}$  - час автоматичної зміни інструмента;



$$\sum_n t_{xn} = \sum_n \frac{l_n}{s_n} = t_{x1} + \dots + t_{x13} = 0,13 \text{ хв} - \text{ час виконання автоматичних}$$

холостих ходів інструментів під номерами  $n$  від точки 0 до точки виходу на еквідистанту [кресленик, аркуші 5-6]:

$l_n$  – холостий хід інструмента  $n$ , мм;

$s_n = 35000$  мм/хв – прискорений хід на осях,

$$t_{x1} = \frac{2(75 + 12 + 17) + 10 + 5 + 35,99 + 2 \cdot 30 + 2 \cdot 0,49 + 2 \cdot 44,45 + 35,51}{35000} = 0,00203\text{хв};$$

$$t_{x2} = \frac{2(70 + 12 + 21,54) + 10 + 5}{35000} = 0,0063\text{хв};$$

$$t_{x3} = \frac{2(55 + 12) + 5 \cdot 55 + 2(28 + 15 + 3,5 + 64,93)}{35000} = 0,018\text{хв};$$

$$t_{x4} = \frac{2(55 + 12) + 5 \cdot 55 + 6 \cdot 10}{35000} = 0,013\text{хв};$$

$$t_{x5} = \frac{2 \cdot 31,78 + 4 \cdot 45,55 + 3 \cdot 18,23 + 13,23}{35000} = 0,009\text{хв};$$

$$t_{x6} = \frac{2 \cdot 31,78 + 2,14 + 4 \cdot 45,55 + 3 \cdot 8,14 + 3,14}{35000} = 0,0079\text{хв};$$

$$t_{x7} = \frac{2 \cdot 31,78 + 1 + 4 \cdot 45,55 + 3 \cdot 15 + 10}{35000} = 0,0086\text{хв};$$

$$t_{x8} = \frac{2(28 + 15 + 3,5 + 64,93) + 3 \cdot 55}{35000} = 0,011\text{хв};$$

$$t_{x9} = \frac{2(27,57 + 15) + 2(22,5 + 65,061 + 3,5) + 19 + 2(28,15 + 15) + 2(13,5 + 66,13 + 3,5) + 15}{35000} = 0,016\text{хв};$$

$$t_{x10} = \frac{2(27,66 + 15) + 15 + 2(1,6 + 13,5 + 65,23 + 13,5) + 1,6 + 15}{35000} = 0,0087\text{хв};$$

$$t_{x11} = \frac{27,66 + 2 \cdot 15 + 0,5 + 2(1 + 15,4 + 65,23 + 4) + 1 + 11,9 + 27,57}{35000} = 0,0077\text{хв};$$

$$t_{x12} = \frac{2(28,75 + 15) + 2,11 + 2(6,61 + 67,26 + 5,61) + 3,11}{35000} = 0,0072\text{хв};$$

$$t_{x13} = \frac{2(27,5 + 15) + 19 + 2(23,5 + 64,97 + 22,5) + 20}{35000} = 0,0099\text{хв}.$$

$t_e = t_{e,y} + t_{всн} + t_{e,u} = 2,28$  хв - допоміжний час на прийоми, що виконують вручну:

$t_{e,y} = 2 \cdot 0,3$  хв – час на встановлення та зняття заготовки масою 2,41 кг у трикулачковому патроні, два установи;

$t_{всн} = t_{всн1} + t_{всн2} + t_{всн3} = 1,68$  хв – час на керування верстатом, два установи:

$t_{всн1} = 2 \cdot 0,6$  хв – встановити задане взаємне положення заготівлі та інструменту за координатами X, Y, Z та у разі необхідності зробити підналагодження;

$t_{всн2} = 2 \cdot 0,04$  хв – встановити та зняти щиток від забризкування емульсією;

$t_{всн3} = 2 \cdot 0,2$  хв – перевірити прихід деталі чи інструменту в задану точку після обробки.

$t_{e,u}$  – час на контроль, хв, перекривається основним часом, тому приймається рівним 0.

2.7.3 Час на обслуговування робочого місця  $T_{обс}$ , хв – час на підтримка робочого місця в працездатному стані протягом всієї зміни.

$$1. T_{обс(03)} = \frac{T_{оп(03)} K_{обс}}{100}$$

де  $T_{оп(03)} = T_{o(03)} + T_{e(03)} = 16,65$  хв – оперативний час;

$T_{o(03)} = 4,83$  хв – основний час;

$T_{e(03)} = 11,82$  хв – допоміжний час;

$K_{обс} = 4\%$  – відсоток часу обслуговування робочого місця;

$$T_{обс(03)} = \frac{16,65 \cdot 4}{100} = 0,666 \text{ хв}$$

2.7.4 Час на відпочинок та особисті потреби  $T_{відп}$ , хв:

$$1. T_{відп(03)} = \frac{T_{оп(03)} K_{відп}}{100}$$

де  $T_{оп(03)} = T_{o(03)} + T_{e(03)} = 16,65$  хв - оперативний час;

$T_{o(03)} = 4,83$  хв – основний час;

$T_{e(03)} = 11,82$  хв – допоміжний час;

$K_{відп} = 8\%$  - відсоток часу на відпочинок та особисті потреби;

$$T_{\text{відп}(03)} = \frac{16,65 \cdot 8}{100} = 1,33 \text{ хв}$$

2.7.5 Норма штучного часу (виробництво дрібносерійне)  $T_{\text{шт}}$ , хв:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_e + T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}}$$

де  $T_o$  – основний час, хв;

$T_e$  – допоміжний час, хв;

$T_{\text{обс}}$  – час обслуговування робочого місця, хв;

$T_{\text{відп}}$  – час на відпочинок та особисті потреби, хв;

$$T_{\text{шт}(03)} = 4,83 + 11,82 + 0,666 + 1,33 = 18,65 \text{ хв};$$

для операції 08:

$$T_{\text{обс}} + T_{\text{омд}} = 10\% T_{\text{он}} = 10\% (T_o + T_e)$$

де  $T_{\text{он}}$  – оперативний час, хв;

$$T_{\text{шт}(08)} = 3,06 + 2,64 + 0,1(3,06 + 2,64) = 6,27 \text{ хв};$$

для операції 11:

$$T_{\text{обс}} + T_{\text{омд}} = 8\% T_{\text{он}} = 8\% (T_o + T_e)$$

$$T_{\text{шт}(11)} = 9,29 + 3,06 + 0,1(9,29 + 3,06) = 13,59 \text{ хв.}$$

2.7.6 Підготовчо-заклучний час  $T_{\text{пз}}$ , хв:

$$T_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}}$$

де  $t_{\text{пз1}}$  – час на налагодження верстата, інструменту та пристроїв, хв;

$t_{\text{пз2}}$  – час отримання інструменту, пристосувань на початок роботи і здачу

їх після закінчення роботи, хв.

$$T_{\text{пз}(03)} = 16 + 8 = 24 \text{ хв};$$

$$T_{\text{пз}(08)} = 16 + 10 = 26 \text{ хв};$$

$$T_{\text{пз}(11)} = 10 + 7 = 17 \text{ хв.}$$

2.7.7 Штучно-калькуляційний час  $T_{\text{шк}}$ , хв:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}$$

де  $T_{шт}$  – норма штучного часу, хв;

$T_{пз}$  – підготовчо-заключний час, хв;

$n$  – кількість деталей у партії, шт.

$$T_{шк(03)} = 18,65 + \frac{24}{20} = 19,85 \text{ хв}$$

$$T_{шк(08)} = 6,27 + \frac{26}{20} = 7,57 \text{ хв}$$

$$T_{шк(11)} = 13,59 + \frac{17}{20} = 14,44 \text{ хв}$$

Таблиця 2.12

Норми часу на операції 03, 08, 11

№ операції	$T_o$ , хв	$T_{\phi}$ , хв	$T_{оп}$ , хв	$T_{шт}$ , хв	$T_{шк}$ , хв
03	4,83	11,82	16,65	18,65	19,85
08	3,06	2,64	5,7	6,27	7,57
11	9,29	3,06	12,35	13,59	14,44
$\Sigma$	17,18	17,52	34,7	38,51	41,86

2.7.8 Межа виробітку при 8-годинному робочому дні  $M_B$ , шт\_деталей:

$$M_B = \frac{T_{см} - T_{пз(03)} - T_{пз(08)} - T_{пз(11)}}{\Sigma T_{шт}}$$

де  $T_{см} = 480$  хв - тривалість 8-годинної робочої зміни;

$T_{пз}$  – підготовчо-заключний час, хв;

$\Sigma T_{шт}$  – сумарна норма штучного часу, хв.

$$M_B = \frac{480 - 24 - 26 - 17}{38,51} = 10 \text{ шт деталей}$$

Партія деталей (20 штук) запускається у виробництво раз на два п'ятиденні робочі тижні, що відповідає нормі виробітку 2 деталі за день. Спроекований масштаб виробництва забезпечує виконання вищезазначеної програми.

### **3. ОХОРОНА ПРАЦІ І ДОВКІЛЛЯ**

Охорона праці включає систему законодавчих актів та відповідних їм соціально-економічних та організаційних актів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я та працездатності людини під час праці. Адміністрація підприємства забезпечує безпечні умови праці, здійснює впровадження сучасних засобів техніки безпеки щодо запобігання виробничо-го травматизму, створює санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань робітників і службовців, а також забезпечує дотримання вимог охорони праці при експлуатації виробничих будівель, споруд та обладнання.

Адміністрація проводить повний перелік інструктажу службовців з техніки безпеки, виробничої санітарії, протипожежної безпеки із записом до журналу інструктажу [2, 5, 14, 16].

#### **3.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори**

При розробці даного технологічного процесу враховано всі шкідливі та небезпечні виробничі фактори, пов'язані з механічною обробкою:

- незахищені рухомі елементи виробничого обладнання (привідні передавальні механізми, частини верстатів, що обертаються і переміщуються, ріжучі інструменти);
- відлітаючі частинки оброблюваного матеріалу (стружка);
- електричний струм;
- запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шумів та вібрацій;
- недостатня освітленість робочих місць;
- перенапруга зору та монотонність праці;
- хвороботворні бактерії та мікроорганізми при роботі з ЗОР.

### 3.2. Загальні вимоги безпеки

Охорона праці та ТБ на ділянці здійснюється відповідно до вимог існуючих державних стандартів безпеки праці, правил та інструкцій ТБ, розроблених відповідно до вимог:

- □інструкція «Охорона праці під час роботи на токарному верстаті»;
- □інструкція «Охорона праці під час роботи на багатоцільовому верстаті»;
- □інструкція «Охорона праці при роботі з ручним слюсарним інструментом».

Посібник з експлуатації верстатів передбачає: обов'язкове виконання інструкцій з охорони праці робітниками та службовцями, що встановлюють правила виконання робіт і знаходження у виробничих приміщеннях, дотримання вимог поведження з машинами, верстатами, засобами індивідуального захисту. Контроль з боку відповідних служб стану вентиляції, санітарно-побутових умов, правильності виконання КЗпП адміністрацією цеху.

Забезпечення пожежної безпеки на ділянці закладено під час його планування виконанням заданих відстаней між верстатами, розмірами проїздів тощо.

При виконанні всіх вимог з охорони праці, ніяких шкідливих впливів понад нормативні на людину і навколишнє середовище не відбувається, тому даний технологічний процес можна вважати екологічно чистим [2, 5, 14, 16].

### 3.3. Вимоги промислової санітарії

Відповідно до вимог на одного працюючого на ділянці має припадати не менше 4,5 м<sup>2</sup> площі та 15 м<sup>3</sup> об'єму виробничого приміщення. Згідно стандарту технологічний процес відноситься до першої групи – нормальні метеорологічні умови та відсутність пилу, шкідливих парів та газів. На основі цього проектується система опалення, вентиляції та освітлення. Температура повітря має бути 16-22 °С та вологість 40-60%.

За допомогою вентиляції підтримуються метеорологічні умови і забезпечується видалення пилу і шкідливих парів і газів. Загалом на дільниці застосовується штучне та природне освітлення.

### **3.4. Вимоги безпеки під час роботи на металообробних верстатах**

До роботи на верстатах можуть бути допущені особи, які пройшли медичний огляд та визнані придатними для виконання цього виду роботи, пройшли інструктаж, навчання та перевірку знань з охорони праці, пожежної безпеки та надання першої долікарської допомоги. Робітник повинен знати конструкцію верстату, будову та призначення всіх його частин. У період роботи верстатники повинні користуватися засобами індивідуального захисту (спецодяг, рукавиці). Перед початком робіт привести в порядок одяг, заправивши його так, одягнути головний убір і закрите взуття. Переконавшись, що підлога суха і не слизька, підставка під ноги в справному стані. Оглянути верстат, перевірити його роботу на холостому ході.

Під час роботи потрібно працювати чітко за технологією, а за її відсутності всі дії узгоджувати з майстром. Перед кожним включенням верстата переконавшись, що пуск нікому не загрожує. Під час роботи верстата забороняється знімати чи відкривати огороження. Зміна різального інструменту лише після повної зупинки верстата. Стружку руками не видаляти, користуватися спеціальним гачком. Дотримуватись правил особистої гігієни. Не залишати під час роботи верстат без нагляду.

Наприкінці роботи вимкнути верстат, упорядкувати робоче місце. Доповідати майстру про закінчення роботи. Здати верстат зміннику чи майстру [2, 5, 14, 16].

### **3.5. Охорона довкілля**

На дільниці технологічні процеси не повинні супроводжуватися виділенням у повітря великих кількостей шкідливих речовин. Стічні води мають видалятися з виробничих, допоміжних та побутових приміщень через

каналізаційну мережу на заводську очисну станцію. Утилізація ЗОР здійснюватися після зливу її із системи охолодження верстату. Процес полягає у відділенні оливи від водної фази. Водна фаза розчиняється у воді до допустимої концентрації і скидається в загальну каналізацію. Оливна фаза знову йде на регенерацію і використовується знову, як ЗОР. Викиди з вентиляції повинні очищатися через фільтри.

При виконанні всіх вимог з охорони праці, жодних понаднормових шкідливих впливів на людину і навколишнє середовище не відбувається [1].



## 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1. Вихідні дані для розрахунку

Операція 03 – токарна.

Заготовка – сталевий прокат  $\varnothing 135 \times 85$

Обладнання – верстат 16K20.

Тип виробництва – дрібносерійне.

Умови праці – нормальні.

Форма оплати праці – погодинно-преміальна.

Операція 08 – токарна.

Заготовка – результат термічної операції (матеріал – сталь 45).

Обладнання – верстат 16K20Ф3.

Тип виробництва – дрібносерійне.

Умови праці – нормальні.

Форма оплати праці – погодинно-преміальна.

Операція 11 – фрезерна.

Заготовка – результат операції 08 (матеріал – сталь 45).

Обладнання – обробний центр *HERMLE C600U*.

Тип виробництва – дрібносерійне.

Умови праці – нормальні.

Форма оплати праці – погодинно-преміальна.

Розрахунок кількості обладнання, кількості працівників, розрахунок капітальних вкладень в обладнання, собівартості технологічного процесу обробки заготовки виконано відповідно до методики [19].

Результати розрахунків зведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Результати розрахунку собівартості технологічного процесу обробки  
заготовки

№ з/п	Назва статті витрат	Сума, грн
1	Матеріал із вирахуванням відходів	800,5
2	Заробітна плата	488,44
3	Страхові внески на соціальні потреби	146,53
4	Загальноцехові накладні видатки	1045,26
5	Поточний ремонт обладнання	28,68
6	Амортизаційні відрахування на обладнання	0,96
7	Електроенергія	57,24
8	ЗОР і мийний порошок	92
9	Технологічна вода	3,88
10	Стиснуте повітря	52
11	Утримання та експлуатація виробничих площ	92,81
12	Загальнооб'єктові накладні витрати	317,49
13	Повна собівартість	2798,22

#### 4.2. Економічний ефект розробленого технологічного процесу

У розділі порівняємо два варіанти запуску виробництва деталей корпусу розподільника потоку повітря:

- з прокату за розробленою технологією (базовий варіант);
- з поковки.

Варіанти розрізняються лише шляхом підготовки заготовки до операції термообробки. У першому випадку заготовка обробляється на токарно-гвинторізному верстаті 16К20, у другому випадку потрібно застосувати горизонтально-кувальну машину ВВ1141 ринковою вартістю 8,4 млн. грн. Технічну характеристику машини наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

## Технічні характеристики горизонтально-кувальної машини ВВ1141

Характеристики машини	Величина
Номінальне зусилля, кН	12500
Діаметр оброблюваної заготовки, мм	140
Хід висадкового повзуна, мм	460
Частота ходу повзуна, 1/хв	32
Потужність двигуна головного руху, кВт	75
Габарити, мм:	
довжина	8035
ширина	4800
висота	3575
Маса, кг	128000
Хід рухомої матриці, мм	220

Оцінка собівартості техпроцесу обробки заготовки на горизонтально-кувальній машині ВВ1141

1. Кількість устаткування, необхідного для виробництва річної програми

$N_{об.розр}$ :

$$N_{об.розр} = \frac{N_r T_{шк}}{60 \Phi_e K_{вн}}$$

де  $T_{шк} = 5$  хв – норма штучно-калькуляційного часу на операцію;

$N_r$  – річна програма випуску деталей, шт.;

$K_{\text{вн}} = 1,25$  – коефіцієнт виконання норм.

$\Phi_e$  – річний, ефективний фонд часу роботи обладнання (при двозмінному режимі – 2030 годин).

$$N_{\text{об.розр}} = \frac{500 \cdot 5}{60 \cdot 2030 \cdot 1,25} = 0,016 \Rightarrow N_{\text{об.прийм}} = 1$$

2. Коефіцієнт завантаження обладнання  $K_3$ :

$$K_3 = \frac{N_{\text{об.розр}}}{N_{\text{об.прийм}}}$$

де  $N_{\text{об.розр}}$  – розрахункова кількість обладнання;

$N_{\text{об.прийм}}$  – прийнята кількість обладнання;

Оскільки  $N_{\text{об.прийм}} = 1$ , то  $K_3 = N_{\text{об.розр}} = 0,016$ .

3. Чисельність робітників-операторів  $P_{\text{оп}}$ .

$$P_{\text{оп.расч}} = \frac{N_p T_{\text{шк}}}{60 \Phi_{ep} K_{bc}}$$

де  $T_{\text{шк}} = 5$  хв – норма штучно-калькуляційного часу на операцію;

$N_p$  – річна програма випуску деталей, шт.;

$\Phi_{ep} = 1731$  год – річний, ефективний фонд часу робітника;

$K_{bc}$  – коефіцієнт багатостанкового обслуговування, встановлюється для кожної операції, зі співвідношення ручних і машинних прийомів операції:

$$K_{bc} = \frac{T_o}{T_{руч}} + 1$$

де  $T_o$  – основний час виконання операції, хв;

$T_{руч}$  – допоміжний час виконання операції, хв.

$$K_{MN} = \frac{0,53}{4,47} + 1 = 1,12$$

$$P_{\text{оп.розр}} = \frac{500 \cdot 5}{60 \cdot 1731 \cdot 1,12} = 0,021 \Rightarrow P_{\text{оп.прийм}} = 1$$

4. Прямі капітальні вкладення обладнання  $K_{об}$ , грн:

$$K_{об} = \sum N_{об} Ц_{об}$$

де  $N_{об}$  – прийнята кількість обладнання;

$Ц_{об}$  – вартість одиниці устаткування, грн;

$$K_{об} = 1 \cdot 8400000 = 8400000 \text{ грн.}$$

5. Витрати на доставку та монтаж  $K_M$ , грн:

$$K_M = K_{монт} K_{об}$$

де  $K_{монт}$  – коефіцієнт на доставку та монтаж (0,003 ... 0,0055);

$K_{об}$  – прямі капітальні вкладення в основне технологічне обладнання.

$$K_M = 0,0045 \cdot 8400000 = 37800 \text{ грн.}$$

6. Витрати на виробничу площу, зайняту основним обладнанням  $K_{пл}$ , грн:

$$K_{пл} = \sum N_{об} P_{п} K_{дод.пл} C_{пл}$$

де  $N_{об}$  – прийнята кількість обладнання;

$P_{п} = 38,57 \text{ м}^2$  – площа, яку займає машина;

$K_{дод.пл}$  – коефіцієнт, що враховує додаткову площу;

$C_{пл}$  – ціна 1  $\text{м}^2$  площі будівлі грн;

$$K_{пл} = 1 \cdot 38,57 \cdot 2 \cdot 18000 = 1388520 \text{ грн.}$$

7. Загальні супутні капітальні вкладення  $K_{суп}$ , грн:

$$K_{суп} = K_M + K_{пл}$$

де  $K_M$  – витрати на доставку та монтаж, руб.;

$K_{пл}$  – витрати на виробничу площу, зайняту основним обладнанням, грн.

$$K_{суп} = 37800 + 1388520 = 1426320 \text{ грн.}$$

8. Загальні капітальні вкладення  $K_{заг}$ , грн:

$$K_{заг} = K_{об} + K_{суп}$$

де  $K_{об}$  – прямі капітальні вкладення, грн;

$K_{суп}$  – загальні супутні капітальні вкладення, грн.

$$K_{заг} = 8400000 + 1426320 = 9836320 \text{ грн.}$$

9. Питомі капітальні вкладення на одиницю виробу  $K_{пит}$ , грн/шт:

$$K_{пит} = \frac{K_{заг}}{N_p}$$

де  $K_{заг}$  – загальні капітальні вкладення, грн;

$N_p$  – річна програма випуску деталей, шт.

$$K_{\text{пум}} = \frac{9836320}{500} = 19672,64 \text{ грн}$$

10. Витрати на основний матеріал  $Z_M$ , грн:

Витрати на основний матеріал визначено у розділі 2.

$$Z_M = C_{\text{заг}} = 275,6 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну плату основних робітників, поточний ремонт обладнання, амортизаційні відрахування, електроенергії, ЗОР, а також собівартість технологічного процесу виконано згідно з методикою [19].

Приведені витрати на одиницю виробу  $Z_{\text{пр}}$ , грн:

$$Z_{\text{пр}} = C_{\text{повн}} + E_n K_{\text{п}}$$

де  $C_{\text{повн}}$  – повна собівартість операції, грн;

$E_n$  – єдиний нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$K_{\text{п}}$  – питомі, капітальні вкладення, грн.

$$Z_{\text{пр.од}(16K20)} = 1991,68 + 0,33 \cdot 10244,72 = 5372,44 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{пр.од}(ГКМ)} = 595,8 + 0,33 \cdot 19672,64 = 7087,77 \text{ грн.}$$

Приведені витрати на річну програму  $Z_{\text{пр.р}}$ , грн:

$$Z_{\text{пр.р}} = Z_{\text{пр.од}} N_p$$

де  $Z_{\text{пр.од}}$  – приведені витрати на одиницю виробу, грн;

$N_p$  – річна програма випуску деталей, шт.

$$Z_{\text{пр.р}(16K20)} = 5372,44 \cdot 500 = 2686220 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{пр.р.од}(ГКМ)} = 7087,77 \cdot 500 = 3543720 \text{ грн.}$$

Умовно-річна економія від зниження собівартості  $E_{\text{ур}}$ , грн:

$$E_{\text{ур}} = (C_{16K20} - C_{ГКМ}) N_p$$

де  $C_{16K20}$ ,  $C_{ГКМ}$  – собівартість обробки заготовки із застосуванням верстата 16K20 і ГКМ ВВ1141 відповідно, грн;

$N_p$  – річна програма випуску деталей, шт.

$$E_{\text{ур}} = (1991,68 - 595,8) \cdot 500 = 697940 \text{ грн}$$

4. Термін окупності капітальних вкладень у ГКМ ВВ1141  $T_{\text{ок}}$ .

$$T_{ок.розр} = \frac{K_{заг(ГКМ)}}{E_{ур}}$$

де  $K_{заг}$  (ГКМ) – загальні капітальні вкладення в ГКМ ВВ1141, грн;

$E_{ур}$  – умовно-річна економія від зниження собівартості, грн.

$$T_{ок.розр} = \frac{9836320}{697940} = 14,09 \text{ року} \Rightarrow T_{ок.розр.прийм} = 15 \text{ років}$$

Загальний дисконтований дохід  $D_{заг.диск}$ , грн:

$$D_{заг.диск} = E_{ур} \sum_1^{T_{ок.розр}} \frac{1}{(1 + E)^t}$$

де  $E_{ур}$  – умовно-річна економія від зниження собівартості, грн;

$T_{ок.розр}$  – термін окупності капітальних вкладень, років;

$E$  – Ставка на капітал (при 5%  $E = 0,05$ ).

$$\begin{aligned} D_{заг.диск} &= 697940 \left( \frac{1}{1 + 0,05} + \frac{1}{(1 + 0,05)^2} + \dots + \frac{1}{(1 + 0,05)^{15}} \right) = \\ &= 7244617,2 \text{ грн} \end{aligned}$$

Інтегральний економічний ефект  $E_{інт}$ , грн

$$E_{інт} = D_{заг.диск} - K_{заг(ГКМ)}$$

де  $D_{заг.диск}$  – загальний дисконтований дохід, грн;

$K_{заг}$  (ГКМ) – загальні капітальні вкладення, грн.

$$E_{інт} = 7244617,2 - 9836320 = -2591702,8 \text{ грн}$$

Таблиця 4.3

Показники економічного ефекту застосування ГКМ ВВ1141

№ з/п	Показник	16К20	ВВ1141
1	Собівартість обробки заготовки, грн	1991,68	595,8
2	Річна економія, грн		697940
3	Приведені затрати на одиницю виробу, грн.	5372,44	7087,77
4	Термін окупності		15 років
5	Інтегральний економічний ефект, грн		-2591702,8

Застосування горизонтально-кувальної машини ВВ1141 знижує собівартість технологічного процесу обробки заготовки і дозволяє заощадити річні фінансові витрати, проте тривалий термін окупності обладнання і негативний інтегральний економічний ефект виключають цей варіант.



## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі здійснено вибір оптимального поєднання найбільш продуктивних, економічно вигідних, і разом з тим, реальних в умовах виробництва методів обробки корпусної деталі і технологічного обладнання для її виготовлення.

Був обраний найбільш оптимальний спосіб отримання заготовки, економічно вигідний з точки зору виготовлення і подальшої обробки з метою зниження часу на механічну обробку.

Вибране технологічне обладнання та інструменти дозволяють вести обробку деталей за найефективніших режимах різання.

Розроблено заходи з техніки безпеки під час виконання технологічних операцій на металорізальних верстатах.

В роботі передбачено заходи з охорони довкілля під час механічної обробки деталі.

Здійснено економічний розрахунок, який полягав у порівнянні двох варіантів запуску виробництва деталі «Корпус розподільника потоку повітря»: з прокату за розробленою технологією та з поковки.

За результатами розрахунків встановлено, що у випадку застосування горизонтально-кувальної машини ВВ1141 собівартість технологічного процесу обробки заготовки менша у порівнянні з використанням верстата 16К20, що дає річну економію 697940 грн. Однак, через значний термін окупності, що становить 15 років та від'ємний інтегральний економічний ефект такий варіант є неприйнятним для умов дрібносерійного виробництва.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
2. Бутко Д. А., Луценков В. Л., Лехман С. Д. Практикум з охорони праці. – К.: Урожай, 1995. – 144 с.
3. Ванін В. В., Блюк А. В., Гнітецька Г. О. Оформлення конструкторської документації : Навч. посібн. 4-те вид., випр. і доп. – К.: Каравела, 2012. – 200с.
4. Гряник Г. М., Лехман С. Д. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с.
5. Депутат О. П., Коваленко І. В., Мужик І. С. Цивільна оборона. – Львів. : Афіша, 2001. – 236 с.
6. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
7. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.
8. ДСТУ ISO 128-1:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 1. Передмова та покажчик понять стандартів ISO серії 128.
9. ДСТУ ГОСТ 2.001:2006 Єдина система конструкторської документації. Загальні положення (ГОСТ 2.001-93, IDT).
10. ДСТУ ГОСТ 2.001:2006. Єдина система конструкторської документації. Загальні положення (ГОСТ 2.001-93, IDT).
11. ДСТУ ГОСТ 2.051:2006. Єдина система конструкторської документації. Електронні документи. Загальні положення (ГОСТ 2.051-2006, IDT).
12. ДСТУ ГОСТ 2.052:2006. Єдина система конструкторської документації. Електронна модель виробу. Загальні положення (ГОСТ 2.052-2006, IDT).

13. ДСТУ ГОСТ 2.053:2006. Єдина система конструкторської документації. Електронна структура виробу. Загальні положення (ГОСТ 2.053-2006, ІДТ).
14. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. – Львів. : Афіша, 2000. – 350 с.
15. Когут М. С. Технологічні процеси машинобудування : практикум до виконання курсового проекту для студентів спеціальностей «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні меліоративні машини і обладнання» та «Обладнання переробних і харчових виробництв». – Львів, 2010. – 114 с.
16. Лехман С. Д., Врубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. – Київ. : Урожай, 1993. – 270 с.
17. Малафєєв Ю. М. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»; 133 «Галузеве машинобудування» /; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 201 с.
18. Малащенко В. О., Янків В. В. Деталі машин. Курсове проектування. – Львів : Новий світ-2000, 2006. – 252 с.
19. Новіков Ф. В., Новіков Д. Ф., Єрмоленко О. А., Жовтобрюх В. О. Техніко-економічне обґрунтування сучасних технологій виробництва : навчальний посібник. Дніпро : ЛІРА, 2022. 256 с
20. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
21. Стукалець І. Г. Основи інженерного аналізу технічних об'єктів. Курс лекцій для студентів інженерних спеціальностей. Львів : ЛНУП, 2022. – 109 с.
22. Стукалець І. Г., Швець О. П. Методичні рекомендації до оформлення графічної частини кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» для студентів факультету механіки та енергетики за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». Львів : ЛНАУ, 2021. – 62 с.
23. Стукалець І. Г., Березовецький С. А., Баранович С. М. «Оформлення робочих креслеників складальних одиниць». Методичні рекомендації до

виконання лабораторної роботи з дисципліни інженерна та комп'ютерна графіка. Львів : ЛНАУ – 2017 р. – 29 с.

24. Устюгов І. І. Деталі машин. – К.: Вища школа, 1984. – 400 с.

25. Швець О. П., Стукалець І. Г. Методичні рекомендації до виконання дипломних проектів освітнього рівня «Бакалавр» для студентів факультету механіки та енергетики за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». Львів : ЛНАУ, 2020. – 62 с.