

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
СТІЙКИ ОСНОВИ 00.046

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМ-41
Ковальчук Денис Віталійович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2025 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2025 року

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

АНОТАЦІЯ

Ковальчук Д. В. Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки стійки основи 00.046. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, п'яти розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

У кваліфікаційній бакалаврській роботі розроблено технологічний процес виготовлення механічної стійки основи 00.046.

У вступній частині проаналізовано функціональне призначення деталі та технічні вимоги до її виготовлення. Проведено розрахунок способу отримання заготовки та обґрунтовано вибір методів обробки поверхонь.

У технологічному розділі розглянуто технологічність конструкції деталі, визначено бази для обробки, допуски та технологічні розміри, а також виконано розрахунок припусків. Обрано режими різання, необхідне обладнання та відповідне технологічне оснащення.

У конструкторській частині розроблено верстатний та контрольний пристрої, а також спроектовано механічну виробничу ділянку. Проведено розрахунок основних техніко-економічних показників ділянки.

У розділі, присвяченому охороні праці, досліджено санітарно-гігієнічні умови на виробництві, проаналізовано засоби забезпечення безпечної праці, а також розглянуто заходи протипожежного захисту.

Ключові слова: технологічний процес, корпус, механічна обробка.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Значення машин у народному господарстві є надзвичайно важливим, що зумовлює постійну увагу до розвитку машинобудівної галузі. Цей сектор перебуває у фокусі через його стратегічне значення та необхідність постійного вдосконалення.

Рівень розвитку технологій суттєво впливає на стан виробництва. Від нього залежить ефективність використання матеріальних і енергетичних ресурсів, якість кінцевої продукції, а також економічні показники підприємства загалом.

Особливе значення у прискоренні науково-технічного прогресу в машинобудуванні має проектування прогресивних технологічних процесів. Це сприяє вдосконаленню існуючих методів виготовлення й контролю продукції та розробці нових рішень.

У галузі технології машинобудування виокремлюють дві основні проблеми: підвищення якості продукції та зростання продуктивності праці. Ці завдання охоплюють низку більш конкретних питань — забезпечення надійності й довговічності виробів, технологічність конструкцій, розробка нових методів обробки, автоматизація виробничих процесів та управлінських функцій, а також підвищення ефективності наукових досліджень.

Під час виконання бакалаврської роботи вибір технологічного процесу, обладнання, оснастки та методів отримання заготовок здійснюється на основі техніко-економічного аналізу. Це дозволяє обґрунтувати й запропонувати найоптимальніше рішення.

Головна мета бакалаврської роботи — створити новий технологічний процес механічної обробки стійки основи, який би, за рахунок використання раціонального обладнання та оптимальних параметрів різання, забезпечував мінімальні витрати ресурсів і трудових зусиль при виготовленні цієї деталі.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь

Деталь 00.046 є стійкою основи і належить до класу корпусних деталей. Вона виготовляється методом лиття зі сталі 40ХЛ згідно з ДСТУ 7809:2015. Зважаючи на високі експлуатаційні навантаження, яким піддається деталь у процесі роботи, до неї висуваються підвищені вимоги щодо точності виготовлення. Саме тому для її виготовлення обрано конструкційну леговану сталь 40ХЛ.

Цей матеріал має високі показники в'язкості, зносостійкості та міцності завдяки наявності легуючих елементів у складі. Це дозволяє застосовувати сталь 40ХЛ для виготовлення деталей, що функціонують за умов високих швидкостей, значних питомих тисків та ударних навантажень.

Важливим етапом у розробці технологічного процесу виготовлення стійки є аналіз технічних вимог. Робоче креслення деталі має містити повну інформацію, необхідну для розуміння її форми та виготовлення заготовки, включаючи всі проєкції, перерізи та розміри з допусками. Також повинні бути вказані класи точності обробки поверхонь і допустимі відхилення від геометричних форм.

Оскільки під час експлуатації деталь зазнає значних статичних і динамічних навантажень, обраний матеріал — сталь 40ХЛ — повністю відповідає встановленим вимогам.

Механічні та хіміко-фізичні характеристики сталі 40ХЛ наведено в таблиці 1.1.

Провівши детальний аналіз креслення, можна зробити висновок, що воно містить необхідну кількість виглядів і розрізів, які дають повне уявлення про конфігурацію зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталі.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 1.1 – Хімічний склад і механічні властивості сталі 40ХЛ
ДСТУ 7809:2015

Марка мат.	Хімічний склад				
40ХЛ	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ti, %
	0,22-0,29	0,17-0,37	0,80-1,10	1,00-1,30	0,03-0,09
	Механічні властивості				
	σ_s , кгс/мм ²		σ_m , кгс/мм ²		НВ
	150		110		≤217

Технічні вимоги включають в себе значення граничних відхилень розмірів, які не зазначені безпосередньо на кресленні, а також дані щодо твердості матеріалу, характеристики заготовки. Крім того, відсутня інформація про ливарні нахили та радіуси заокруглень.

У результаті детального аналізу технічних умов були виявлені відповідні дані, які систематизовано та наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Аналіз технічних умов

Позначення поверхні	Технічна умова	Методи виконання	Методи контролю
К	Забезпечити висоту мікро нерівностей $R_a=6,3\text{мкм}$ Точність розміру по К9	фрезерування	Профілограф-профілометр, скоба, шаблон
Б	Забезпечити перпендикулярність до пов. К, висоту нерівностей $R_z=5\text{мкм}$	фрезерування	Контрольна плита

1.2 Вибір методу одержання заготовки

Вибір способу отримання заготовки залежить від низки факторів: матеріалу деталі, її функціонального призначення, вимог до механічних властивостей, обсягу та серійності виробництва, а також форми поверхні й габаритів.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$V=175000+7000-989,6-534,07-141,37-188,5+71760+71760+43560+6000-6000-245-374= 366607,46\text{мм}^3;$$

$$q = 366,60746 \times 7,8 \times 10^{-3} = 2,86 \text{ (кг)}$$

Розглянемо спосіб лиття в пісчано – глиняні форми:

$$Q = q \times 1,15 = 2,86 \times 1,15 = 3,29 \text{ (кг)}$$

$$S_{\text{заг.1}} = (1600/1000 \times 3,29 \times 1,1 \times 1,22 \times 0,93 \times 0,93 \times 1) - (3,29 - 2,86) \times 230/1000 = 6 \text{ грн.}$$

Обчислюємо спосіб лиття в кокіль:

$$Q = q \times 1,1 = 3,74 \times 1,1 = 3,15 \text{ (кг)}$$

$$S_{\text{заг.2}} = (1600/1000 \times 3,15 \times 1,1 \times 1,22 \times 0,93 \times 0,93 \times 1) - (3,15 - 2,86) \times 230/1000 = 5,8 \text{ грн.}$$

Економічний ефект для співставлення способів отримання заготовок:

$$E = (S_{\text{заг.2}} - S_{\text{заг.1}}) \times N = (6 - 5,8) \times 50000 = 10000 \text{ грн.}$$

Ми бачимо , що економічний ефект використання методу литва в кокіль є незначний, однак це найбільш універсальний спосіб. Тому, доцільніше для даного процесу обрати саме цей спосіб литва.

1.3 Вибір методу обробки поверхонь

Вибір методів обробки поверхонь проводиться у наступній послідовності:

1. встановлення допуску заготовки, T_z .
2. визначення розрахункового уточнення, ε_p .
3. встановлення кінцевих методів обробки.
4. визначення необхідної кількості переходів, n .
5. встановлення попередніх методів обробки.
6. для кожного методу обробки визначається середньо-економічний квалітет і допуск.

Порядок вибору методів оброблення показаний на прикладі оброблення $\varnothing 35\text{H7}^{(+0,035)}$.

$$T_z = 740 \text{ мкм}, T_d = 46 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon = 740 / 46 = 16$$

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Отже, кількість технологічних переходів:

$$n = \lg 16 / 0,46 = 2,8$$

Приймаємо $n = 3$

За три переходи потрібно піднятися з 14 квалітету точності до 7 – го: $7 = 4 + 2 + 1$,

за 1 перехід отримаємо $14 - 4 = 10$ квалітет.

2 перехід отримаємо $10 - 2 = 8$ квалітет.

3 перехід отримаємо $8 - 1 = 7$ квалітет.

Кількість переходів на всі інші поверхні визначаються аналогічно.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

В умовах ринкової економіки річна програма випуску виробу може бути представлена такою формулою:

$$N_{зан.} = N_{вин.} \times (1 + \alpha/100 + \beta/100 + \gamma/100);$$

де $\alpha = 3 \dots 5$ – відсоток браку;

$\beta = 2 \dots 10$ – відсоток незавершеного виробництва;

$\gamma = 2 \dots 10$ – відсоток запасних частин;

$$N_{вин.} = 50000 \text{ шт.}$$

$$N_{зан.} = 50000 \times (1 + 4/100 + 5/100 + 5/100) = 57000 \text{ шт.}$$

На попередньому етапі проектування технології на підставі програми запуску (дод. 1 [1]) встановлюємо, що тип виробництва може бути багатосерійним, що відповідає $Kз = 1 \dots 10$.

Для визначення організаційної форми виробництва необхідно зіставити середню норму часу $T_{шт.сер.}$ з розрахунковим тактом випуску T_6 :

Визначаємо штучний час для операцій по формулі:

$$T_{шт.} = T_0 \times \varphi,$$

де T_0 – основний технологічний час;

φ – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва.

Основний технологічний час визначаємо для кожного технологічного переходу.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

005 Вертикально-фрезерна операція

1. Фрезерувати поверхню 1 начорно

$$T_o = 6 \times L = 6 \times 66 \times 10^{-3} = 0,396 \text{ хв.}$$

2. Фрезерувати поверхню 1 напівчисто

$$T_o = 4 \times L = 4 \times 66 \times 10^{-3} = 0,264 \text{ хв.}$$

3. Свердлити 4 отвори 2 одночасно

$$T_o = 0,52 \times dL = 0,52 \times 10 \times 12 \times 10^{-3} = 0,0624 \text{ хв.}$$

$$\Sigma T_o = 0,7476 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 0,7476 \times 1,51 = 1,129 \text{ хв,}$$

де $\phi = 1,51$ (для крупносерійного виробництва для фрезерної операції)

010 Горизонтально-фрезерна операція

1. Фрезерувати дві поверхні 3 начорно

$$T_o = 6 \times L = 6 \times 66 \times 10^{-3} = 0,396 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 0,396 \times 1,51 = 0,6 \text{ хв.}$$

015 Горизонтально-фрезерна операція

1. Фрезерувати поверхню 4 начорно

$$T_o = 6 \times L = 6 \times 70 \times 10^{-3} = 0,42 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 0,42 \times 1,51 = 0,63 \text{ хв.}$$

020 Вертикально-фрезерна операція

1. Фрезерувати поверхню 5 начорно

$$T_o = 6 \times L = 6 \times 135 \times 10^{-3} = 0,81 \text{ хв.}$$

2. Фрезерувати поверхню 5 начисто

$$T_o = 6 \times L = 4 \times 135 \times 10^{-3} = 0,54 \text{ хв.}$$

3. Фрезерувати поверхню 6 начорно

$$T_o = 6 \times L = 6 \times 55 \times 10^{-3} = 0,33 \text{ хв.}$$

4. Фрезерувати поверхню 6 начисто

$$T_o = 6 \times L = 4 \times 55 \times 10^{-3} = 0,22 \text{ хв.}$$

$$\Sigma T_o = 1,9 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,9 \times 1,51 = 2,869 \text{ хв.}$$

025 Горизонтально-розточувальна операція

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3. Нарізати різь у 4 отворах 16 одночасно

$$T_o = 0,4 \times d \times L = 0,4 \times 12 \times 8 \times 10^{-3} = 0,038 \text{ хв.}$$

4. Свердлити 4 отвори 17 наскрізь одночасно

$$T_o = 0,52 \times d \times L = 0,52 \times 6 \times 10 \times 10^{-3} = 0,031 \text{ хв.}$$

5. Зенкерувати 4 отвори 17 одночасно

$$T_o = 0,21 \times d \times L = 0,21 \times 6 \times 10 \times 10^{-3} = 0,013 \text{ хв.}$$

6. Нарізати різь у 4 отворах 17 одночасно

$$T_o = 0,4 \times d \times L = 0,4 \times 6 \times 10 \times 10^{-3} = 0,024 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 0,05 \times 1,41 = 0,0705 \text{ хв.}$$

де $\varphi = 1,41$ (для свердлильних операцій)

035 Вертикально-свердлильна операція

1. Свердлити 2 отвори 18 одночасно

$$T_o = 0,52 \times d \times L = 0,52 \times 6 \times 15 \times 10^{-3} = 0,0468 \text{ хв.}$$

2. Зенкерувати 2 отвори 18 одночасно

$$T_o = 0,52 \times d \times L = 0,52 \times 6 \times 15 \times 10^{-3} = 0,0189 \text{ хв.}$$

3. Нарізати різь у 2 отворах 18 одночасно

$$T_o = 0,52 \times d \times L = 0,52 \times 6 \times 15 \times 10^{-3} = 0,036 \text{ хв.}$$

$$\Sigma T_o = 0,1017 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 0,1017 \times 1,41 = 0,132 \text{ хв.}$$

$$\Sigma T_{\text{шт.к.}} = 6,4105 \text{ хв.}$$

Середній штучний час для всіх операцій:

$$T_{\text{шт.сер.}} = 0,916 \text{ хв.}$$

Визначаємо розрахункову кількість обладнання, необхідну для виконання кожної операції:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot F_g \cdot \eta_{з.н.}}$$

де N – річна програма випуску, шт.;

$T_{\text{шт.к.}}$ – штучно-калькуляційний час;

F_g – дійсний річний фонд роботи обладнання ($F_g = 4059$ год.)

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,8$)

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	009Б-25.00.00.00.000 ПЗ					

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Відпрацювання конструкції на технологічність є безперервним процесом, що починається ще на етапі проектування виробу, продовжується під час розробки технологічного процесу та завершується при виготовленні дослідних зразків. Рівень технологічності конструкції безпосередньо залежить від масштабів виробництва та його типу.

Цей процес передбачає виконання комплексу заходів, спрямованих на досягнення необхідного рівня технологічності згідно з встановленими показниками. Основна мета — підвищення продуктивності праці, зниження витрат і скорочення часу виготовлення виробу при збереженні його якості на належному рівні.

Оцінка технологічності конструкції може бути двох типів: якісна та кількісна.

Якісна оцінка проводиться на основі професійного досвіду та експертної думки й може застосовуватись на всіх етапах проектування як попередня.

Кількісна оцінка базується на числових показниках і є доцільною тоді, коли ці показники мають суттєвий вплив на технологічність розроблюваної конструкції.

Якісна оцінка технологічності

Деталь типу корпусу виготовляється зі сталі 40ХЛ методом лиття в кокіль. Зовнішній контур і внутрішні порожнини конструкції не створюють суттєвих труднощів під час формування заготовки. Проте, для утворення отворів у конструкції передбачається використання стержнів, що ускладнює процес формовки.

До малотехнологічних елементів можна віднести поверхні 8 та 13 (Ø35Н7, Ra=0.8). Для їх обробки потрібна точність 7-го квалітету, тоді як суміжні поверхні обробляються лише до 10-го квалітету, що ускладнює налаштування інструменту та процес обробки в цілому.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Водночас, загалом конструкція має достатній рівень технологічності. Вона містить зручні базові поверхні, придатні для первинного встановлення деталі. Розташування кріпильних отворів дозволяє ефективно застосовувати багатоінструментальну обробку, що позитивно впливає на загальну оброблюваність деталі.

Кількісна оцінка технологічності.

Проведемо кількісну оцінку технологічності по коефіцієнтах уніфікації, точності поверхонь, шорсткості поверхонь та по коефіцієнту використання матеріалу.

1) Коефіцієнт точності:

$$T_{cp} = \frac{140 + 72 + 40 + 56}{10 + 6 + 4 + 8} = 11.$$

Отже коефіцієнт точності буде:

$$K_m = 1 - \frac{1}{11} = 0,91.$$

$$K_{m.норм.} = 0,8.$$

Оскільки $K_m > K_{m.норм.}$ - то деталь технологічна за точністю.

2) Коефіцієнт шорсткості:

$$Ш_{cp} = \frac{6,3 \cdot 21 + 3,2 \cdot 1 + 18 \cdot 1,6 + 8 \cdot 0,8}{45} = 3,8.$$

$K_{ш.п.} = 1 / 46,7 = 0,02 < 0,32 \Rightarrow$ деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{3,8} = 0,83.$$

$$K_{ш.норм.} = 0,8$$

$K_{ш} > K_{ш.норм.}$ - отже деталь технологічна за шорсткістю.

3) Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{32}{35} = 0,91.$$

$$K_{y.норм.} = 0,85$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	009Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

$K_{y.} \geq K_{y.норм}$ - то деталь технологічна за ступенем уніфікації.

4) коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{2,86}{3,15} = 0,91.$$

$$K_{в.м.норм.} = 0,75$$

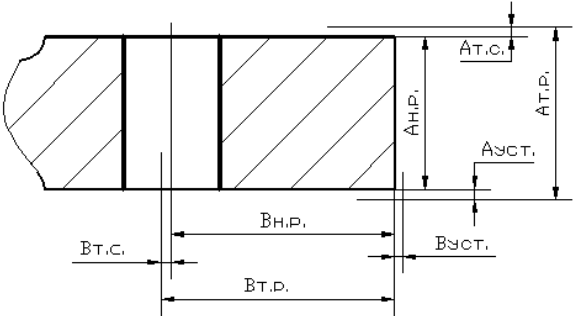
$K_{в.м.} > K_{в.м.норм.}$ - деталь технологічна за ступенем використання матеріалу.

2.2 Вибір технологічних баз

Призначення технологічних і вимірювальних баз є одним із ключових і водночас найбільш складних етапів при розробці технологічного процесу. Від правильного вибору баз значною мірою залежить фактична точність виготовлення, точне взаємне розміщення поверхонь, ефективність застосування складальних пристроїв, а також ріжучого та вимірювального інструменту. Крім того, це впливає на загальну продуктивність обробки заготовки.

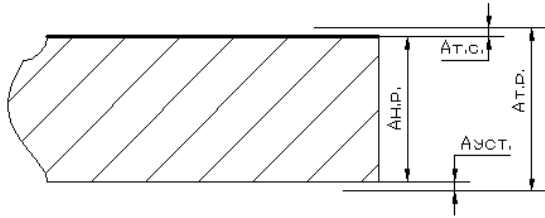
До основних вихідних даних, що враховуються при виборі баз, належать: робоче креслення деталі, технічні вимоги до її виготовлення, тип заготовки, стан її поверхонь, а також бажаний рівень автоматизації виробництва.

Таблиця 2.2 – Вибір технологічних баз

№ оп.	Назва переходу (оп.)	Поверхня, що обробл.
1	2	3
005		$\omega_{А.т.р.} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} + \omega_{\delta} + \omega_{з}$; $\omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} = 0,12 \text{ мм [1]}$; $\omega_{уст.} = \omega_{\delta} + \omega_{з}$; $\omega_{\delta} = 0$; $\omega_{з} = 0,03 \text{ мм [2]}$; $\omega_{А.т.р.} = 0,12 + 0,03 = 0,15 \text{ мм}$; $А.т.р. = 12.3h10. T = 0.35 \text{ мм. Обробка}$ можлива, тому що $T > \omega_{А.т.р.}$. $\omega_{В.т.р.} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} + \omega_{\delta} + \omega_{з}$; $\omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} = 0,1 \text{ мм [1]}$; $\omega_{уст.} = \omega_{\delta} + \omega_{з}$; $\omega_{\delta} = 0$; $\omega_{з} = 0,03 \text{ мм [2]}$; $\omega_{В.т.р.} = 0,1 + 0,03 = 0,13 \text{ мм}$; $В.т.р. = 12h14. T = 0.43 \text{ мм. Обробка}$ можлива, тому що $T > \omega_{В.т.р.}$.

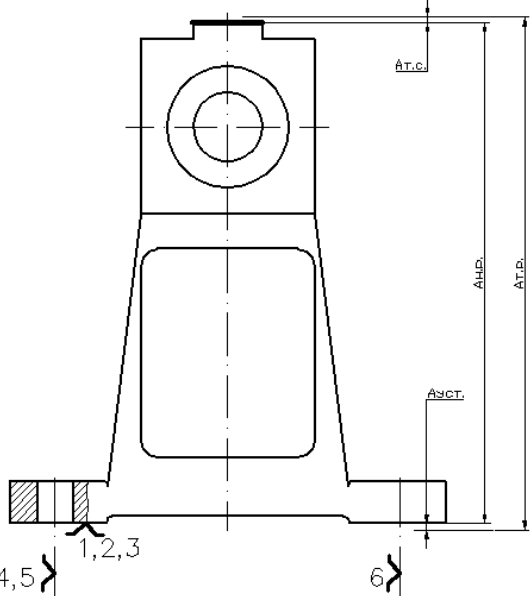
					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			

010



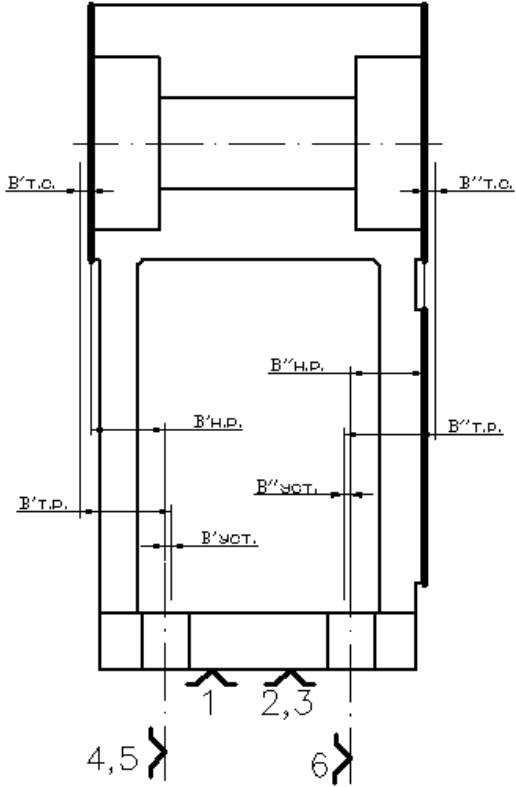
$\omega_{A.т.р.} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} + \omega_{\delta} + \omega_{\alpha}$;
 $\omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} = 0,12 \text{ мм [1]}$;
 $\omega_{уст.} = \omega_{\delta} + \omega_{\alpha}$; $\omega_{\delta} = 0$;
 $\omega_{\alpha} = 0,03 \text{ мм [2]}$;
 $\omega_{A.т.р.} = 0,12 + 0,03 = 0,15 \text{ мм}$;
 $A_{т.р.} = 12-0.2$. $T = 0.20 \text{ мм}$. Обробка
 можлива, тому що $T > \omega_{A.т.р.}$.

015



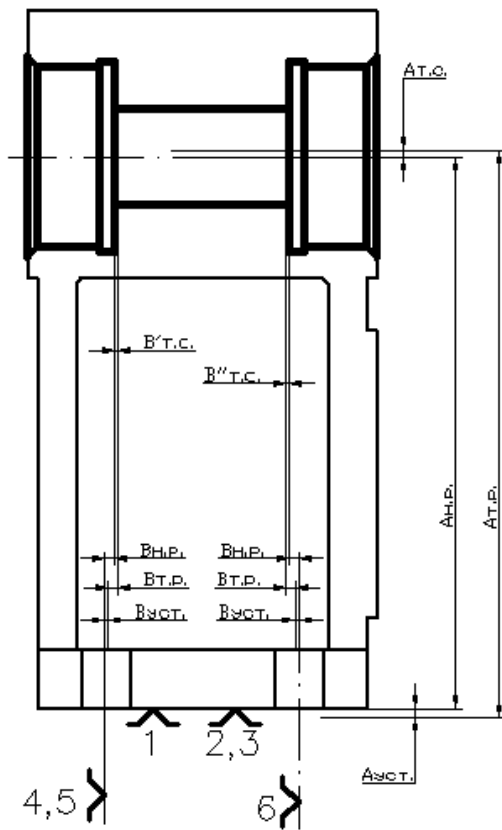
$\omega_{A.т.р.} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} + \omega_{\delta} + \omega_{\alpha}$;
 $\omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} = 0,17 \text{ мм [1]}$;
 $\omega_{уст.} = \omega_{\delta} + \omega_{\alpha}$; $\omega_{\delta} = 0$;
 $\omega_{\alpha} = 0,03 \text{ мм [2]}$;
 $\omega_{A.т.р.} = 0,17 + 0,03 = 0,2 \text{ мм}$;
 $A_{т.р.} = 12-0.2$. $T = 0.20 \text{ мм}$. Обробка
 можлива, тому що $T > \omega_{A.т.р.}$.

020



Тут з'являється похибка базування, яка залежить від максимального зазору між базуючими стержнями та отворами, а також від відстані між ними.
 $S_{max} = D_{min} - d_{max} = 10.15 - 10 = 0,15 \text{ мм}$.
 $L = \sqrt{35^2 + 100^2} = 105,9 \text{ мм}$;
 Тоді похибка базування буде рівна:
 $\omega_{\delta} = l \cdot \text{tg} \alpha$, - де l - довжина обробки,
 $\omega_{\delta}' = 55 \cdot 0,001 = 0,055 \text{ мм}$;
 $\omega_{\delta}'' = 135 \cdot 0,001 = 0,135 \text{ мм}$;
 $\omega_{B.т.р.} = \omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} + \omega_{\delta} + \omega_{\alpha}$;
 $\omega_{н.р.} + \omega_{т.с.} = 0,17 \text{ мм [1]}$;
 $\omega_{уст.} = \omega_{\delta} + \omega_{\alpha}$;
 $\omega_{\alpha} = 0,03 \text{ мм [2]}$;
 $\omega_{B.т.р.}' = 0,17 + 0,03 + 0.055 = 0,255 \text{ мм}$;
 $B_{т.р.}' = 17,5h14$. $T = 0.43 \text{ мм}$. Обробка
 можлива, тому що $T > \omega_{B.т.р.}'$.
 $\omega_{B.т.р.}'' = 0,17 + 0,03 + 0.135 = 0,335 \text{ мм}$;
 $B_{т.р.}'' = 17,5h14$. $T = 0.43 \text{ мм}$. Обробка
 можлива, тому що $T > \omega_{B.т.р.}''$.

025



Похибки базування по діаметрах:

$$\omega_{\delta}' = 35 \cdot 0,001 = 0,035 \text{ мм};$$

$$\omega_{\delta}'' = 20 \cdot 0,001 = 0,020 \text{ мм};$$

Похибки базування по довжині:

$$\omega_{\delta}' = 18 \cdot 0,001 = 0,018 \text{ мм};$$

$$\omega_{\delta}'' = 34 \cdot 0,001 = 0,034 \text{ мм};$$

$$\omega_{\text{А.т.р.}} = \omega_{\text{н.р.}} + \omega_{\text{т.с.}} + \omega_{\delta} + \omega_{\delta}';$$

$$\omega_{\text{н.р.}} + \omega_{\text{т.с.}} = 0,05 \text{ мм [1];}$$

$$\omega_{\text{уст.}} = \omega_{\delta} + \omega_{\delta}';$$

$$\omega_{\delta} = 0,03 \text{ мм [2];}$$

Для розміру 115_{-0.1} ($\omega_{\delta} = 0$):

$$\omega_{\text{А.т.р.}} = 0,05 + 0,03 + 0 = 0,08 \text{ мм};$$

Ат.р. = 115_{-0.1}. Т = 0.10 мм. Обробка можлива, тому що $T > \omega_{\text{А.т.р.}}$.

По діаметрах:

$$\omega_{\text{А.т.р.}}' = 0,05 + 0,03 + 0,035 = 0,115 \text{ мм};$$

Ат.р. = 35Н7. Т = 0.25 мм. Обробка можлива, тому що $T > \omega_{\text{А.т.р.}}$.

$$\omega_{\text{А.т.р.}}'' = 0,05 + 0,03 + 0,020 = 0,1 \text{ мм};$$

Ат.р. = 20Н14. Т = 0.52 мм. Обробка можлива, тому що $T > \omega_{\text{А.т.р.}}$.

По довжині:

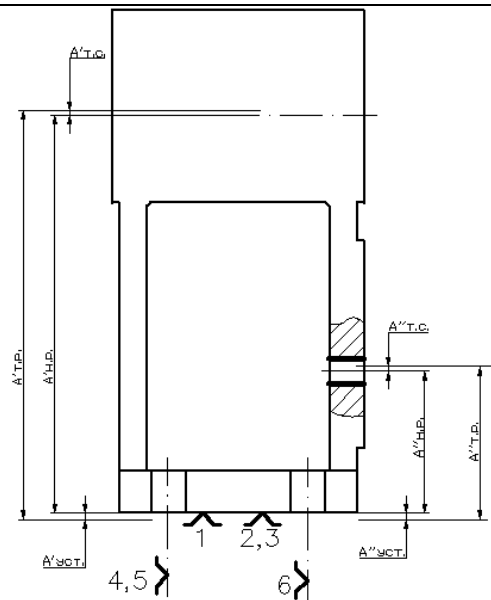
$$\omega_{\text{А.т.р.}}' = 0,05 + 0,03 + 0,018 = 0,098 \text{ мм};$$

Вт.р. = 18Н14. Т = 0.52 мм. Обробка можлива, тому що $T > \omega_{\text{В.т.р.}}$.

$$\omega_{\text{А.т.р.}}'' = 0,05 + 0,03 + 0,034 = 0,339 \text{ мм};$$

Вт.р. = 18Н14. Т = 0.52 мм. Обробка можлива, тому що $T > \omega_{\text{В.т.р.}}$.

030



$$\omega_{\text{А.т.р.}} = \omega_{\text{н.р.}} + \omega_{\text{т.с.}} + \omega_{\delta} + \omega_{\delta}';$$

$$A_{\text{тр.}}' - \omega_{\text{н.р.}} + \omega_{\text{т.с.}} = 0,07 \text{ мм [1];}$$

$$A_{\text{тр.}}'' - \omega_{\text{н.р.}} + \omega_{\text{т.с.}} = 0,08 \text{ мм [1];}$$

$$\omega_{\text{уст.}} = \omega_{\delta} + \omega_{\delta}'; \quad \omega_{\delta} = 0;$$

$$\omega_{\delta} = 0,03 \text{ мм [2];}$$

$$\omega_{\text{А.т.р.}}' = 0,07 + 0,03 + 0 = 0,10 \text{ мм};$$

Ат.р. = 115_{-0.1}. Т = 0.10 мм. Обробка можлива, тому що $T > \omega_{\text{А.т.р.}}$.

$$\omega_{\text{А.т.р.}}'' = 0,08 + 0,03 + 0 = 0,11 \text{ мм};$$

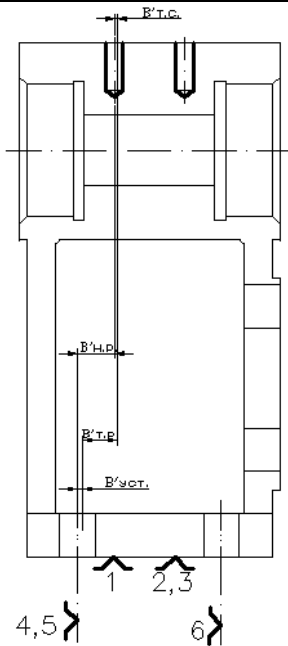
Ат.р. = 30_{±0.2}. Т = 0.40 мм. Обробка можлива, тому що $T > \omega_{\text{А.т.р.}}$.

Арк.

009Б-25.00.00.00.000 ПЗ

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

035



$\omega_6 = 15 \cdot 0,001 = 0,015 \text{ мм};$
 $\omega_{\text{В.т.р.}} = \omega_{\text{н.р.}} + \omega_{\text{т.с.}} + \omega_6 + \omega_3;$
 $\omega_{\text{н.р.}} + \omega_{\text{т.с.}} = 0,1 \text{ мм [1];}$
 $\omega_{\text{уст.}} = \omega_6 + \omega_3; \omega_3 = 0,03 \text{ мм [2];}$
 $\omega_{\text{В.т.р.}} = 0,1 + 0,03 + 0,015 = 0,145 \text{ мм};$
 В.т.р. = 33Н14. Т = 0.62 мм. Обробка
 можлива, тому що $T > \omega_{\text{В.т.р.}}$

2.3 Визначення допусків на технологічні розміри, розрахунок припусків

Для визначення припусків на механічну обробку буде застосовано розрахунково-аналітичний метод. Оскільки під час лиття формуються два отвори — №9 та №12, розрахунок припусків виконується саме для цих поверхонь.

Вихідні дані мають такі значення:

$Rz = 200 \text{ мкм}$ — висота мікронерівностей на поверхні заготовки,

$h = 300 \text{ мкм}$ — товщина дефектного поверхневого шару.

Після проведення механічної обробки, величини зазначених параметрів зменшуються до таких значень:

- для чорнового розточування: $Rz = 50 \text{ мкм}; h = 50 \text{ мкм};$

- для чистового розточування: $Rz = 10 \text{ мкм}; h = 25 \text{ мкм};$

- для тонкого розточування: $Rz = 5 \text{ мкм}; h = 10 \text{ мкм};$

При такій обробці досягаються параметри, задані на кресленні.

Визначаємо просторове відхилення на заготовку для $\text{Ø } 35\text{H}7$:

$$\rho = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2},$$

де ρ_1 — питома короблення отвору виливка, мкм ;

ρ_2 — сумарне зміщення отвору виливка, мкм.

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	009Б-25.00.00.00.000 ПЗ					

$\rho_1 = \sqrt{(k \times d)^2 + (k \times l)^2}$, де $k = 0,7$ мкм/мм – питоме короблення виливка;

$d = 35$ мм – діаметр отвору;

$l = 18$ мм – довжина отвору.

$$\rho_1 = \sqrt{(0,7 \times 35)^2 + (0,7 \times 18)^2} = 28 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_2 = 200 \text{ (мкм)}$$

Таким чином, просторове відхилення на заготовку :

$$\rho = \sqrt{28^2 + 200^2} = 201,95 \text{ (мкм)}$$

Остаточне просторове відхилення :

- після чорнового розточування: $\rho_1 = \rho \times 0,05 = 201,95 \times 0,05 = 10$ мкм;

- після чистового розточування: $\rho_2 = \rho \times 0,005 = 201,95 \times 0,005 = 1$ мкм;

Оскільки остання величина досить мала, то вона не буде впливати на розрахунки і нею нехтуємо.

Дані розрахунків заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5- Розрахунок припуску

Технологічні переходи	Елементи припуску				$2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск T_a , мкм	Кінцевий розмір, мм		Кінцеве значення припуску	
	R_z	h	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$, мкм	$2z_{\max}$, мкм
Заготовка	200	300	202	-	-	33,317	620	32,70	33,32	-	-
Розточування чорнове	50	50	10	30	2×709	34,735	160	34,58	34,74	1,420	1,88
Розточування чистове	10	25	-	-	2×110	34,955	62	34,90	34,96	0,22	1,32
Розточування тонке	5	10	-	-	2×35	35,025	25	35,00	35,03	0,07	0,1
Всього										1,708	3,3

На основі записаних в таблиці даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків :

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

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ					Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата						

Мінімальний припуск під чорнове розточування :

$$2z_{\min} = 2 \times (200 + 300 + \sqrt{202^2 + 30^2}) = 2 \times 709 \text{ мкм};$$

Мінімальний припуск під чистове розточування:

$$2z_{\min} = 2 \times (50 + 50 + \sqrt{10^2 + 0^2}) = 2 \times 110 \text{ мкм};$$

Мінімальний припуск під тонке розточування:

$$2z_{\min} = 2 \times (10 + 25 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 2 \times 35 \text{ мкм};$$

Розрахунковий розмір починаємо визначати з кінця:

$$d_{p4} = 35,025 \text{ мм}$$

$$\text{для чистового розточування: } d_{p3} = 30,025 - 2 \times 0,035 = 34,955 \text{ мм};$$

$$\text{для чорнового розточування: } d_{p2} = 29,955 - 2 \times 0,110 = 34,735 \text{ мм};$$

$$\text{для заготовки: } d_{p1} = 29,735 - 2 \times 0,709 = 33,317 \text{ мм}.$$

Проводимо перевірку правильності виконання розрахунків :

$$z_{\max 2} - z_{\min 2} = 1880 - 1420 = 460 \text{ мкм}$$

$$T_{a2} - T_{a1} = 620 - 160 = 460 \text{ мкм}$$

$$460 \text{ мкм} = 460 \text{ мкм}$$

На інші оброблювальні поверхні деталі припуски і допуски розраховуємо табличним методом і записуємо їх значення в таблицю 2.6

Таблиця 2.6 - Припуски та допуски на оброблювані поверхні

Розмір, мм	Припуск	Допуск
145Н10	2 × 2	0,50
20Н12	2 × 1,5	0,70
35Н10	2 × 2	0,50
Ø12Н9	2 × 1,5	0,40
Ø6Н9	2 × 1,0	0,20

2.5 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

Проводимо розрахунок і призначаємо режими різання для обробки деталі.

Аналітичний розрахунок режимів різання проводимо для свердління.

Вибираємо ріжучий інструмент – свердло спіральне DIN 345. Розміри робочої частини: $D = 10 \text{ мм}; l = 110 \text{ мм};$

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Глибина різання : $t = 0,5 D = 6$ мм.

Подача : $s = 0,5$ мм/об.

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v;$$

де $C_v = 18,0$ – поправочний коефіцієнт;

$q = 0,6$; $x = 0,2$; $y = 0,3$; $m = 0,25$;

$T = 20$ – період стійкості;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \times K_{uv} \times K_{iv} \times K_{nv};$$

де $K_{mv} = K_z \times (750 / \sigma_B) = (750 / 800) = 0,94$ (табл. 1 [3]);

$K_{uv} = 1,0$; $K_{iv} = 1,0$;

$K_{nv} = 0,8$; $K_v = 0,94 \times 1 \times 1 \times 0,8$.

Таким чином:

$$v = (18,0 \times 10 \times 0,8) / (20 \times 6 \times 0,5) = 28,1 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпінделя:

$$n = (1000 \times v) / (\pi \times D) = (1000 \times 28,1) / (3,14 \times 10) = 895 \text{ об/хв};$$

Приймаємо значення частоти обертання згідно паспортних даних верстату:

$$n = 800 \text{ об/хв.}$$

Тоді швидкість різання:

$$v_\phi = (\pi \times D \times n_\phi) / 1000 = 25,12 \text{ м/хв.}$$

Крутний момент визначаємо за формулою:

$$M_{kp} = 10 C_M D^q t^x S^y K_p;$$

де $C_M = 0,09$;

$$K_p = (H_B / 190) = (190 / 190) = 1;$$

$q = 1$; $x = 0,9$; $y = 0,8$;

$$M_{kp} = 10 \times 0,09 \times 10 \times 6 \times 0,5 \times 1 = 23,5 \text{ Нм.}$$

Осьову силу визначаємо за формулою:

$$P_v = 10 C_P D^q t_x S^y K_P;$$

де $C_P = 67$; $x = 1,2$; $y = 0,65$; $K_P = 1$;

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$P_o = 10 \times 67 \times 6 \times 0,5 \times 1 = 2769 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N = 4 \cdot (M_{кр} \times n) / 9750 = 4 \cdot (23,5 \times 800) / 9750 = 5,16 \text{ кВт.}$$

$N_{\text{факт.}}$ верстату по паспортним даним: $N_{\text{факт}} = 6,6 \text{ кВт.}$

Аналогічно визначаємо режими різання для інших операцій та переходів.

Таблиця 2.5 – Розрахунок режимів різання по операціях

№ операції	Назва операції	№ переходу	Глибина різання t, мм	Подача		Швидкість різання v, м/хв	Частота обертання n, об/хв	Мах потужність різання N, кВт
				So, мм/о б	Sz, мм/об			
005	Вертикально-фрезерна	1	1.4	-	0,15	30,3	500	0,99
		2	0,6	-	0,15	30,3	500	0,99
		3	6,0	0,5	-	25,12	800	0,99
010	Горизонтально-фрезерна	1	2	-	0,15	30,3	500	6,6
015	Горизонтально-фрезерна	1	2	-	0,15	30,3	500	6,6
020	Вертикально-фрезерна	1	1.4	-	0,15	30,3	500	6,6
		2	0.6	-	0,15	30,3	500	6,6
		3	1.4	-	0,15	30,3	500	6,6
		4	0.6	-	0,15	30,3	500	6,6
025	Горизонтально-розточна	1	1.5	0,5	-	25,12	800	2,16
		2	1.4	0,5	-	25,12	800	2,16
		3	1.5	0,5	-	25,12	800	2,16
		4	0.5	0,3	-	25,12	800	2,16
		5	0,1	0,7	-	25,12	800	2,16
		7	1.4	0,7	-	25,12	800	2,16
		8	1.5	0,5	-	25,12	800	2,16
		9	0.5	0,3	-	25,12	800	2,16
		10	0.1	0,5	-	25,12	800	2,16
		030	Агрегатна	1	0,9	0,15	-	20,8
2	0,2			0,15	-	20,8	800	3,2
3	0,1			0,15	-	20,8	800	3,2
4	2,8			0,5	-	20,8	800	3,2
5	5,8			0,5	-	20,8	800	3,2
6	0,25			0,7	-	20,8	800	3,2
7	0,25			0,7	-	20,8	800	3,2

035	Вертикаль-но-свердиль-на	1	3,0	0,5	-	25,12	800	4
		2	0,2	0,2	-	25,12	800	4
		3	0,1	0,2	-	25,12	800	4

2.6 Нормування технологічного процесу

Для багатосерійного виробництва нормою часу є штучний час, що визначається за такою формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_в + T_{обс} + T_{відп}$$

T_0 - основний машинний час, хв.;

$T_в$ - допоміжний час, хв.;

$T_{обс}$ - час на обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп}$ - час на відпочинок та особисті потреби, хв..

Мінімальне значення основного часу T_0 для кожної операції обробки може бути розраховано на основі даних про режими різання. Для кожної операції необхідно визначити параметри, такі як швидкість різання, подачу, глибину обробки, які залежать від виду обробки.

Знаючи ці величини, можна використовувати формули для визначення основного часу T_0 для кожної операції, а потім підсумовувати ці значення для отримання загальної норми часу для виробничого процесу.

Для операції 010:

де $L = L_1 + L_2 + L_3$ – довжина обробки;

L_1 – величина врізання, мм.

$L_2 = 15$ мм – додаткова довжина на зняття пробної стружки: на пробному верстаті, коли забезпечується отримання потрібного розміру $L_2 = 0$.

L_3 – величина перебігу, мм.

$L = 20 + 195 + 20 = 235$ мм;

$S_z = 0,15$ мм/зуб – подача на зуб;

$n = 800$ хв.⁻¹ – частота обертання інструменту.

$$T_0 = \frac{235;0}{15 \cdot 800} = 1,95 \text{ хв.}$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	009Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

Тоді $T_{ум} = 1,95 + 0,715 + 0,165 + 0,186 = 3,0165$ хв.

Штучний час на інші операції визначаємо аналогічно. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.8 .

Таблиця 2.8 – Норми часу по операціям

і	Операці	T_o , хв	T_d , хв	$T_{об}$, хв	$T_{від}$, хв	$T_{ум}$, хв
	005	2	0,725	0,170	0,210	3,105
	010	1,95	0,715	0,165	0,186	3,016
	015	1,8	0,805	0,311	0,141	3,057
	020	2,2	1,050	0,125	0,252	3,627
	025	3,2	0,625	0,241	0,287	4,353
	030	0,7	2,607	0,275	0,155	3,737
	035	1,2	2,307	0,133	0,113	3,753

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Верстатний пристрій для фрезерування

4.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії та структурної схеми

Вибір пристосувань для обробки деталей на фрезерних верстатах має ключове значення для забезпечення точності, підвищення продуктивності та ефективності процесу. Враховуючи особливості типу обробки та вимоги до якості виготовлення, необхідно ретельно підбирати конструкцію та механізм затискання.

Ключові фактори вибору пристосування:

Тип обробки: Для фрезерування плоских поверхонь обираємо конструкцію, що дасть можливість ефективно фіксувати деталь і мінімізувати похибки в розташуванні деталі на верстаті.

Тип верстата: Вибір верстата також визначає тип пристосування, яке буде використовуватися. Для вертикальних і горизонтальних розташувань оброблюваних поверхонь використовуються різні варіанти фіксації.

Тип виробництва: Для серійного або масового виробництва потрібні пристосування, які забезпечують швидкість і точність роботи з мінімальним людським втручанням (наприклад, автоматизовані або пневматичні механізми затискання).

Надійність і безпека: Вибір конструкції повинно передбачати стабільне фіксування заготовки, щоб уникнути її зсуву або пошкодження під час обробки.

Переваги пневмоприводу для затискання:

Велика швидкість дії: Пневмопривід дозволяє швидко здійснювати фіксацію заготовки без потреби в довгих налаштуваннях, що особливо важливо для серійного виробництва.

Простота конструкції: Пневматичний механізм є відносно простим у виготовленні і обслуговуванні, що знижує витрати на його обслуговування.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Незалежність від температурних коливань: Пневмопривод не чутливий до температурних змін, що забезпечує стабільність роботи навіть в умовах змінних температур.

Опис двох варіантів компоновки для фрезерування:

Вертикальне розташування оброблюваної поверхні: При цьому варіанті для фіксації можна використовувати затискні губки з пневмоприводом. Однак така компоновка може призвести до похибок у базуванні, що негативно позначиться на точності обробки. Крім того, для правильної фіксації заготовки в губках потрібно буде розробляти складні опорні пластини, що збільшить складність конструкції і витрати на виготовлення.

Горизонтальне розташування оброблюваної поверхні: Це більш оптимальний варіант, оскільки при такому розташуванні мінімізуються похибки базування, що важливо для точності обробки. Така компоновка дозволяє ефективно використовувати пневмопривід, що забезпечує надійне і швидке фіксування деталі. Це також дає змогу застосовувати затискне пристосування на різних верстатах, що збільшує універсальність використання цього обладнання.

Висновок: Для забезпечення високої точності обробки та мінімізації похибок базування, а також для збільшення продуктивності при серійному виробництві, оптимальним вибором є затискне пристосування з пневмоприводом для горизонтального розташування оброблюваної поверхні. Це забезпечує надійне і швидке фіксування заготовки, мінімальні похибки та зручність у використанні на різних типах верстатів.

4.1.2 Силовий розрахунок параметрів приводу

В даному випадку заготовка встановлюється на пальці на нижню базову поверхню і закріплюється затискним механізмом. На заготовку діє сила різання. Потрібна сила затиску визначається по формулі:

$$2 \cdot Q \cdot f = K \cdot P_z$$

Звідси:

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$K_3 = 1,2$ - враховує ударне навантаження на інструмент;

$K_4 = 1$ - характеризує затискний механізм з точки зору надійності;

$K_5 = 1$ - характеризує зручність розміщення ручок;

$K_6 = 1,5$ - враховується при наявності моментів, які намагаються повернути заготовку.

Тоді коефіцієнт запасу запишеться в наступному вигляді:

$$K = 1,5 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,105$$

Тоді сила затиску буде рівна:

$$Q_{\text{сум}} = \frac{3,105 \cdot 98,7}{2 \cdot 0,15} = 1025 \text{ Н}$$

Необхідна сила затиску $Q = 1025 \text{ Н}$.

При конструюванні пристосувань потрібно використовувати механізовані приводи для затискних механізмів. Для механічної обробки деталей в масовому і багатосерійному виробництві широко використовуються пневмоприводи.

Розрахунок діаметра пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}$$

$p = 0,4 \text{ МПа}$ - тиск стисненого повітря;

$\eta = 0,9$ - ККД, що враховує втрати в циліндрі;

$Q = 1025 \text{ Н}$ - сила, необхідна для затиску заготовки.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1025}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,089 \text{ м} = 89 \text{ мм}$$

Приймаємо згідно стандартного ряду $D = 100 \text{ мм}$, або два циліндри по $D = 50 \text{ мм}$.

4.1.3. Розрахунок на точність

Сумарна похибка оброблення заготовки у пристрою визначається залежністю:

$$E = k \sqrt{E_{\sigma}^2 + E_{py}^2 + E_{pn}^2 + E_{\sigma}^2 + E_3^2 + E_{pne}^2 + E_{nd}^2 + E_n^2 + 3E_{pc}^2 + 3E_t^2 + E_{zn}^2}$$

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

де, $E_g = 0,02...0,05\text{мм}$ - похибка верстату в не навантаженому стані;

$E_{py} = 0,01...0,03\text{мм}$ - похибка розташування установчих елементів;

$E_z = 0,02$ - похибка затиску;

$E_{pne} = 0,02...0,05\text{мм}$ - похибка розташування напрямних елементів пристрою;

$E_{nd} = 0,02...0,05\text{мм}$ - похибка пружних деформацій;

$E_n = 0,01...0,03\text{мм}$ - похибка налагодження;

$E_{pc} = 0,01...0,03\text{мм}$ - похибка розмірного спрацювання різального інструменту;

$E_t = 0,01...0,03\text{мм}$ - температурна похибка;

$E_{zn} = 0,02...0,04\text{мм}$ - похибка зношування;

$k = 1$ - коефіцієнт відносного розсіювання сумарної похибки.

Отже, сумарна похибка базування буде складати:

$$E_g = 1 \cdot \sqrt{0,03^2 + 0,04^2 + 0,02^2 + 0,081^2 + 0,02^2 + 0,03^2 + 0,03^2 + 0,02^2 + 3 \cdot 0,02^2 + 3 \cdot 0,01^2 + 0,03^2} = \sqrt{0,014361} = 0,12\text{мм}$$

Знайдена сумарна похибка повинна бути меншою за допуск на розмір оброблюваної поверхні, $T = 0,18\text{мм}$.

Оскільки $E = 0,12\text{мм} < T = 0,18\text{мм}$, то означає, що пристрій забезпечує точність оброблення.

4.1.4. Опис конструкції пристрою для фрезерування

Цей пристрій призначений для фрезерування поверхні корпусної деталі, і його конструкція спеціально розроблена для даної операції. Пристрій містить кілька основних елементів:

Пальці 3 — ці пальці прикріплені до стійки корпусу 2 та служать для орієнтації та підтримки деталі.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Циліндричні пальці 4 і затискачі 5 — ці елементи використовуються для фіксації положення деталі під час обробки. Пальці і затискачі працюють разом, щоб забезпечити надійне утримання деталі на пристрої.

Пневмоциліндри 1 — кріпляться до корпусу пристрою і відповідають за переміщення штока, що в свою чергу, активує затискачі.

Шток 9 — переміщається всередині пневмоциліндра і передає механічну дію на затискачі, щоб забезпечити фіксацію заготовки під час обробки.

T-подібні пази столу і провушкини пристрою — використовуються для кріплення пристрою до столу верстата, забезпечуючи його стабільність під час роботи.

Принцип роботи пристрою:

У вихідному положенні пневмоциліндри не мають подачі повітря в безштокову порожнину. Шток перебуває в крайньому положенні, і затискачі відведені від деталі. Коли в безштокову порожнину подається повітря, шток переміщається в інше положення, що активує затискачі, які фіксують деталь на місці. Після закінчення обробки повітря з безштокової порожнини випускається, шток повертається у вихідне положення, і затискачі відводяться від деталі. Деталь переставляється для наступної операції, і цикл повторюється.

4.3. Пристрій для контролю співвісності

Цей пристрій використовується для перевірки співвісності шийок деталей з діаметрами $\varnothing 55 \pm 0,01$ мм. Пристрій складається з таких основних елементів:

Плита 1 — основа пристрою, на якій закріплені інші компоненти.

Центри 3 і 7 — два центри, один з яких рухомий. Вони встановлюються на плиті за допомогою болтів 2 і 7, щоб забезпечити точне розташування деталі для контролю.

Важіль 8 — служить для переміщення рухомого центра назад, щоб встановити деталь між центрами.

Індикатори 6 — прикріплені до стійки 5, вони використовуються для вимірювання відхилень при контролі співвісності шийок деталі.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Болти 2 — використовуються для кріплення центрів до плити пристрою.

Принцип роботи пристрою:

Рухомий центр переміщується назад за допомогою важеля 8, щоб дозволити встановити деталь між центрами. Після цього деталь фіксується в центрах, і індикатори 6 вимірюють відхилення від співвісності. Після завершення операції важіль повертається в початкове положення, рухомий центр відводиться, і деталь знімається. Вал обертається вручну потрібну кількість обертів для проведення контролю.

Цей пристрій дозволяє точно перевіряти співвісність шийок деталей, що є важливим для забезпечення точності виготовлення та подальшої збірки виробів.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

4. ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва

Тип виробництва визначається по коефіцієнту закріплення операції K_{30} , тобто по відношенню кількості всіх різних операцій технологічних, які виконані чи підлягають виконанню на протязі місяця, до кількості робочих місць.

Таблиця 4.1- Вихідні дані для розрахунку K_{30} .

Операції	m_p	p	$n_{з.ф}$	O
005	0,65	1	0,65	1,23
010	0,62	1	0,62	1,29
015	0,64	1	0,64	1,25
020	0,76	1	0,76	1,05
025	0,91	1	0,91	0,89
030	0,78	1	0,78	1,03
035	0,78	1	0,78	1,03

- знаходимо коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{3.0} = \frac{1}{23+1.29+1.25+1.05+0.89+1.03+1.03;1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 1.11$$

Отже виходячи із визначеного коефіцієнта K_{30} , встановили, що виробництво в даному випадку є великосерійне, для якого цей коефіцієнт знаходиться в таких межах $1 < K_{30} \leq 10$.

4.1.2 Визначення кількості працівників на дільниці

Розрахунок кількості виробничих робітників механічного відділення виконуємо по кількості верстатів, прийнятих в бакалавській роботі:

$$P_c = \frac{7 \times 4015 \times 0,8}{1860 \times 1,5} = 8,49 \approx 9 \text{чол.}$$

Приймаємо 9 чоловік.

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата						

009Б-25.00.00.00.000 ПЗ

Таблиця 4.2 – Відомість складу працюючих механічного відділення

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Процентне відношення	Кількість
1	2	3	4
1. Виробничі робітники			
а) верстатники	% від верстат.	3	9
б) слюсарі	1а+1б		1
Всього виробничих робітників			10
2. Допоміжні робітники	% від виробн.	20	2
3. Молодший обслуговуючий персонал (МОП)	% від виробн.	3	-
4. Інженерно-технічні працівники	% від виробн.	10	1
5. Лічильно-конторський персонал	% від виробн.	4...5	-
Всього працюючих			13

4.1.2 Розрахунок виробничої площі дільниці

Приблизна площа дільниці розраховується по питомій площі, що припадає на один верстат. Так як на дільниці 7 верстатів то

$$S_{зат} = 7 \times 26 = 182 \text{ м}^2,$$

26 м² – питома площа, що припадає на один верстат і вибирається по нормах технологічного проектування.

Для обслуговування дільниці в заточному відділенні повинні бути наявності:

- універсальний заточний верстат;
- заточний верстат для заточки свердел.

Кількість контрольних пунктів залежить від кількості виробничих робітників. Для великосерійного виробництва кількість контролерів рівна 6% від кількості виробничих робітників:

$$P_k = 0,065 \times 10 = 0,65 = 1 \text{чол.}$$

Розміри контрольних пунктів приймаємо рівними 2×2 м.

Площа контрольних пунктів:

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	009Б-25.00.00.00.000 ПЗ					

$$S_K = P_K \cdot S,$$

$$S_K = 1 \cdot 4 = 4 \text{ м}^2,$$

Площа цехового складу матеріалів і заготовок для обслуговування даної ділянки рівна:

$$S_u = \frac{98 \cdot 12}{2 \cdot 60 \times 2,8 \times 0,4} = 9 \text{ м}^2.$$

Площа інструментально-роздаточної кладової визначається:

$$S_{PI} = 0,3 \times S_{заг} = 0,3 \times 182 = 54,6 \text{ м}^2.$$

Площа допоміжної кладової:

$$S_{дн} = 0,2 \cdot S_{заг} = 0,2 \cdot 182 = 36,2 \text{ м}^2$$

Площа кладової інструментального оснащення:

$$S_{кю} = 0,4 \cdot S_{заг} = 0,4 \cdot 182 = 72,8 \text{ м}^2$$

Адміністративно-побутові приміщення.

$$S_{АПП} = 4,0 \cdot 13 = 52 \text{ м}^2.$$

Приймаємо $S_{АПП} = 52 \text{ м}^2$.

4.1.3 Основні техніко-економічні показники ділянки

Річна потреба силової і технологічної енергії рівна:

$$E_{сил} = \frac{128 \times 4015 \times 0,55 \times 0,5 \times 0,46}{0,75} = 866808 \text{ кВт.}$$

Таблиця 4.3 – Основні техніко-економічні показники ділянки

№ п/п	Показник	Одиниці виміру	По ділянки
1	Найменування виробу		Стійка основи
2	Річна програма випуску	шт.	50000
3	Кількість верстатів	шт	7
4	Тип виробництва		великосерійне
5	Кількість робітників:	чол.	10
	- основних		2
	- допоміжних		-
	- ІТП		1
	- ЛКП		-
	- МОП		13
	всього		
6	Виробничі площі:	М ²	182
	- основного виробництва		

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

	- допоміжного виробництва		4
	- складів і комор		166
	- магістральних проїздів		-
	- службово-побутових приміщень		52
	всього		404
7	Питома площа на одного основного робітника	М ²	40,4

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці

Забезпечення чистоти повітря та нормальних метеорологічних умов є однією з основних передумов для створення безпечних, комфортних і високопродуктивних умов праці на виробництві. Основні заходи для нормалізації метеорологічних умов включають:

5.1.1 Підтримання температурного режиму

Для забезпечення оптимальної температури в робочій зоні використовуються такі заходи:

- Запобігання перегріванню повітря, наприклад, шляхом застосування змазувально-охолоджуючих рідин (ЗОР) при обробці (точінні, фрезеруванні тощо).

- Відведення надлишкового тепла з місця обробки деталей.

- Теплоізоляція нагрітих поверхонь (обладнання, трубопроводів).

- Опалення приміщень у зимовий період для компенсації тепловтрат через стіни, вікна і двері.

- Повітряні теплові завіси на входах для запобігання проникненню холодного повітря.

5.1.2 Регулювання вологості повітря

Для підтримання оптимальної вологості в робочій зоні використовуються зволожувачі повітря. В літній період вони можуть виконувати функцію охолодження приміщення, покращуючи комфорт працівників.

5.1.3 Організація вентиляції

Вентиляція забезпечує видалення забрудненого або нагрітого повітря і подачу свіжого. Залежно від способу переміщення повітря розрізняють:

- Природну вентиляцію (провітрювання, аерація);

- Механічну вентиляцію;

- Комбіновану систему.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Природна вентиляція

На спроектованій дільниці застосовується природна вентиляція через аераційний ліхтар. Повітрообмін відбувається завдяки:

- Тепловому напору (різниця температур зовнішнього і внутрішнього повітря);
- Дії вітру.

Природна вентиляція може бути:

- Організованою (аерація) — використовується в холодних цехах, де свіже повітря подається через верхні віконні проєми і прогрівається в приміщенні;
- Неорганізованою — відбувається через вікна та двері.

Місцева вентиляція

Використовується витяжна вентиляція для видалення шкідливих речовин безпосередньо із зони робочого місця, зокрема при виконанні операцій з інтенсивним виділенням пилу, вологи або тепла.

При шліфуванні на круглошліфувальному верстаті використовується пилозахисний кожух, який під'єднано до витяжної системи.

Застосування комбінованої вентиляції, теплоізоляційних заходів, опалення, повітряних завіс і пристроїв для зволоження повітря дозволяє підтримувати метеорологічні умови на дільниці в межах санітарних норм, забезпечуючи безпечну та ефективну роботу персоналу.

5.2 Засоби, які забезпечують безпечні умови роботи на спроектованій дільниці

Забезпечення здорових і безпечних умов праці є обов'язком адміністрації підприємства. Основні напрями цієї діяльності включають:

- впровадження сучасних засобів техніки безпеки, що знижують ризик виробничого травматизму;
- забезпечення санітарно-гігієнічних умов, що запобігають професійним захворюванням.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

каска; протишумні навушники; захисні окуляри; скляні щитки; окуляри із жовто-зеленим світлофільтром; захисні маски; діелектричні килимки; дерматологічні захисні засоби (захисні пасти, мазі, біологічні рукавиці).

Застосування засобів індивідуального та колективного захисту, а також належна організація робочого процесу дозволяє мінімізувати вплив шкідливих факторів і забезпечити безпечні умови праці на всіх етапах технологічного процесу.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній бакалаврській роботі розроблено технологічний процес виготовлення механічної стійки основи 00.046.

У вступній частині проаналізовано функціональне призначення деталі та технічні вимоги до її виготовлення. Проведено розрахунок способу отримання заготовки та обґрунтовано вибір методів обробки поверхонь.

У технологічному розділі розглянуто технологічність конструкції деталі, визначено бази для обробки, допуски та технологічні розміри, а також виконано розрахунок припусків. Обрано режими різання, необхідне обладнання та відповідне технологічне оснащення.

У конструкторській частині розроблено верстатний та контрольний пристрої, а також спроектовано механічну виробничу дільницю. Проведено розрахунок основних техніко-економічних показників дільниці.

У розділі, присвяченому охороні праці, досліджено санітарно-гігієнічні умови на виробництві, проаналізовано засоби забезпечення безпечної праці, а також розглянуто заходи протипожежного захисту.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

10. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Halchuk, T., Zaleta, O., Cagáňová, D. (2022). Investigation of the Surface Layer Hardness When Grinding Sintered Porous Workpieces. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Peraković, D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. DSMIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0_35

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		