

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення
корпуса одноступеневого редуктора 47.7411.1158

Виконав: студент IV курсу, групи МП-41
спеціальності _____

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Владислав ВІРЬОВКА
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Дмитро РАДИК
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) Андрій ДЯЧУН
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____
(підпис) Ігор ОКІПНИЙ
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль,
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувача кафедри

Окіпний І. Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 24 » січня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Віршовці Владиславу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення корпусу одноступеневого редуктора 47.7411.1158.

Керівник роботи Радик Дмитро Леонідович, к. т. н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року № 4/9-26

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення корпусу одноступеневого редуктора 47.7411.1158, базовий технологічний процес виготовлення, річна програма випуску 50000 шт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Зміст. Реферат. Вступ. Загально-технічна частина. Технологічна частина.

Конструкторська частина. Безпека життєдіяльності та основи охорона праці.

Висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Карти технологічного налагодження – А1. Пристрій для фрезерування основи та двох бокових площин – 2А1. Головка свердлильна багатощиндельна – А1. Пристрій для оброблення двох отв. Ø18Н8 та 2-х отв. Ø18Н12 – 2А1. Пристрій для контролю міжцентрових відстаней – А2. Фреза ротаційна – А2.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб	10
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	13
1.3 Аналіз базового технологічного процесу	16
1.4 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу.....	20
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	21
2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва	21
2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки..	24
2.3 Вибір технологічних баз	26
2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення деталі	29
2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки	36
2.6 Вибір різальних та вимірювальних інструментів	40
2.7 Визначення режимів оброблення	41
2.8 Технічне нормування розробленого технологічного процесу	41
2.9 Визначення кількості обладнання. Побудова графіків завантаження та використання обладнання	44
2.10 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі	46
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	49
3.1 Вибір пристосувань для механічного оброблення	49
3.1.1 Вибір пристосувань для фрезерного оброблення	49
3.1.2 Вибір пристосування для оброблення свердлінням	52
3.2 Проектування різального інструменту	57

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	58
4.1 Оцінка розробленого технологічного процесу виходячи з умов безпеки, втомлюваності та продуктивності праці	58
4.2 Розрахунок аварійного освітлення виробничого приміщення	60
4.3 Заходи протипожежної профілактики при експлуатації електроустановок	63
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	66
ДОДАТКИ:	68

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи Вірьовки Владислава Олександровича на тему: «Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення корпусу одноступеневого редуктора 47.7411.1158», для здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра інжинірингу машинобудівних технологій, гр. МП-41. Керівник – канд. техн. наук, доцент Радик Дмитро Леонідович.

Основним завданням кваліфікаційної роботи бакалавра є аналіз та вдосконалення базового технологічного процесу механічного оброблення корпусу одноступеневого редуктора 47.7411.1158, його обґрунтування за техніко-економічними параметрами, а також розроблення заходів щодо безпеки життєдіяльності та охорони праці у виробничих умовах.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є вдосконалення технологічного процесу виготовлення даної деталі, який був би прогресивнішим, економічнішим та продуктивнішим від базового.

Даний виріб є корпусною деталлю в одноступеневому редукторі, який служить для зміни крутного моменту й кількості обертів в механізмі приводу.

Для виконання кваліфікаційної роботи служили такі початкові дані: робоче креслення корпусу одноступеневого редуктора 47.7411.1158, базовий (заводський) техпроцес його виготовлення та програма випуску на один рік.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра:

Визначено функціональне призначення деталі та сформульовано технічні вимоги до її виготовлення. Проведено аналіз технологічності конструкції виробу за якісною та кількісною оцінками. На основі аналізу базового техпроцесу виготовлення даного виробу вдосконалено технологічний маршрут його механічного оброблення, а також підібрано необхідне верстатне обладнання, різальний та контрольний-вимірювальний інструменти. Вибрано заготовку, обґрунтовано оптимальний метод її виготовлення з техніко-економічної точки

зору, а також розраховано її геометричні розміри та припуски на подальше оброблення. Розраховано оптимальні режими різання та визначено норми часу на операції технологічного процесу. Обґрунтовано вибір та виконано розрахунок верстатних пристосувань, засобів технічного контролю, а також спеціального різального інструменту. Обґрунтовано комплекс заходів щодо забезпечення охорони праці та безпеки життєдіяльності в умовах виробничого процесу. Розроблено комплект технологічної документації.

Кваліфікаційна робота включає пояснювальну записку та графічну частину. Пояснювальна записка охоплює вступ, чотири розділи, висновки, перелік посилань та додатки. Загальний обсяг текстової частини становить 67 сторінок, а додатки розміщено на 36 сторінках формату А4. Графічна частина виконана на 7 аркушах формату А1.

ВСТУП

Економічна ефективність та інноваційний прогрес машинобудівного сектору, а також конкурентоспроможність його продукції визначаються завчасним оновленням матеріально-технічної бази. Крім того, ключову роль відіграє системне впровадження інструментів техніко-економічного аналізу, які забезпечують раціоналізацію конструкторських рішень та максимізацію прибутку.

Роль і завдання всіх цих питань при підготовці кваліфікованих фахівців і спеціалістів виробництва, що повністю оволоділи інженерними методами проектування виробничих процесів є очевидним. Кваліфікаційна робота бакалавра закріплює, поглиблює й узагальнює теоретичні компетентності, отримані студентом під час лекційних та практичних занять, а також сприяє набуттю практичних результатів навчання.

В процесі роботи над кваліфікаційною роботою студент здійснює узагальнену задачу з аналізу конструкції деталі, її технологічності, проектування технологічного процесу її виготовлення, конструювання технологічного оснащення для її виготовлення, вибору обладнання різального та вимірювального інструментів, розрахунку економічної ефективності прийнятих рішень. Також розглядаються питання охорони праці та безпеки життєдіяльності у виробничих умовах при виготовлення даного виробу. Все це є підготовкою до виконання обов'язків інженера технолога на виробництві.

При виконанні кваліфікаційної роботи особлива увага приділяється самостійній творчості здобувача вищої освіти з метою розвитку його ініціативи у розв'язанні технічних та організаційних задач, а також детального і творчого аналізу існуючих технологічних процесів.

Основна задача, яка ставиться полягає в тому, щоб були внесені такі пропозиції з вдосконалення існуючої технології виготовлення виробу, оснастки, запровадження прогресивних методів виробничого менеджменту та

економічного моделювання, які значно перевершують існуючі технології виготовлення деталей відповідно до технічного завдання.

У зв'язку з цим виникає необхідність у вивченні перспективних тенденцій розвитку технологій та інструментарію з подальшою аналітичною оцінкою технологічних методів та засобів і на основі аналізу та встановлення якісних та кількісних показників, надати свої пропозиції та рекомендації щодо раціональнішого процесу виготовлення даної деталі. Значну увагу необхідно приділити економічному обґрунтуванню методів отримання заготовки, вибору варіантів технологічних маршрутів оброблення для того, щоб запропоновані рішення були економічно ефективними, а випуск даного корпусу редуктора – рентабельним.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб.

Корпус 47.7411.1158 використовується в одноступеневому редукторі, який змінює крутний момент і кількість обертів в механізмі приводу.

Даний редуктор працює в таких же умовах, як і всі стандартні редуктори. Тому використовуємо найбільш розповсюджений матеріал для редукторів – сірий чавун марки СЧ 18 згідно ДСТУ 8833:2019, а значить основний спосіб отримання заготовки – лиття.

Орієнтовна точність розмірів заготовки 8-13Т згідно ДСТУ 8981:2020 «Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення», а квалітет точності розмірів деталі, які отримані механічним обробленням згідно СТ СЕВ 144-75.

Ливарні радіуси 5-10 мм, шорсткість Rz320, співвісність отворів діаметра 110 Н7 і діаметра 90Н7 (отвори для встановлення підшипників) складає 25 мкм, відхилення від не перпендикулярності площин Л і М для отворів під підшипники 0,1 мм на 100 мм, овальність цих отворів 18 мкм для діаметра 90 Н7 і 20 мкм для діаметра 110 Н7 (рис. 1.1).

Похибка розташування отворів під болти для кріплення кришок відносно отворів під підшипники діаметрів 90 Н7 і 110 Н7 – 0,15 мм, биття заплечиків отворів корпусів не більше 45 мкм.

У результаті аналізу креслення деталі маємо:

– основні конструкторські бази: в даній деталі це поверхня основи редуктора А з отв. 6 і 7;

– допоміжні конструкторські бази: в нас отвори під підшипники марки 72 та 73;

– конструктивна форма деталі повинна передбачати повне механічне оброблення пов. Е та Б від єдиної бази, тобто від пов. А та 2-х отворів 6 та 7;

- конструкція деталі повинна забезпечити можливість оброблення поверхонь торців та отворів М, Л на прохід, тому ці поверхні не повинні мати виступів;
- поверхні для встановлення підшипників 72 та 73 не мають внутрішніх виступів, які заважають розточуванню отворів;
- деталь не повинна мати поверхонь неперпендикулярних до осей отворів на вході й на виході;
- форма деталі повинна бути наближена до правильної геометричної форми;
- необхідно зменшувати різноманітність розмірів отворів, різьб та допусків на них.

Результати аналізу технічних умов зводимо в таблицю 1.1.

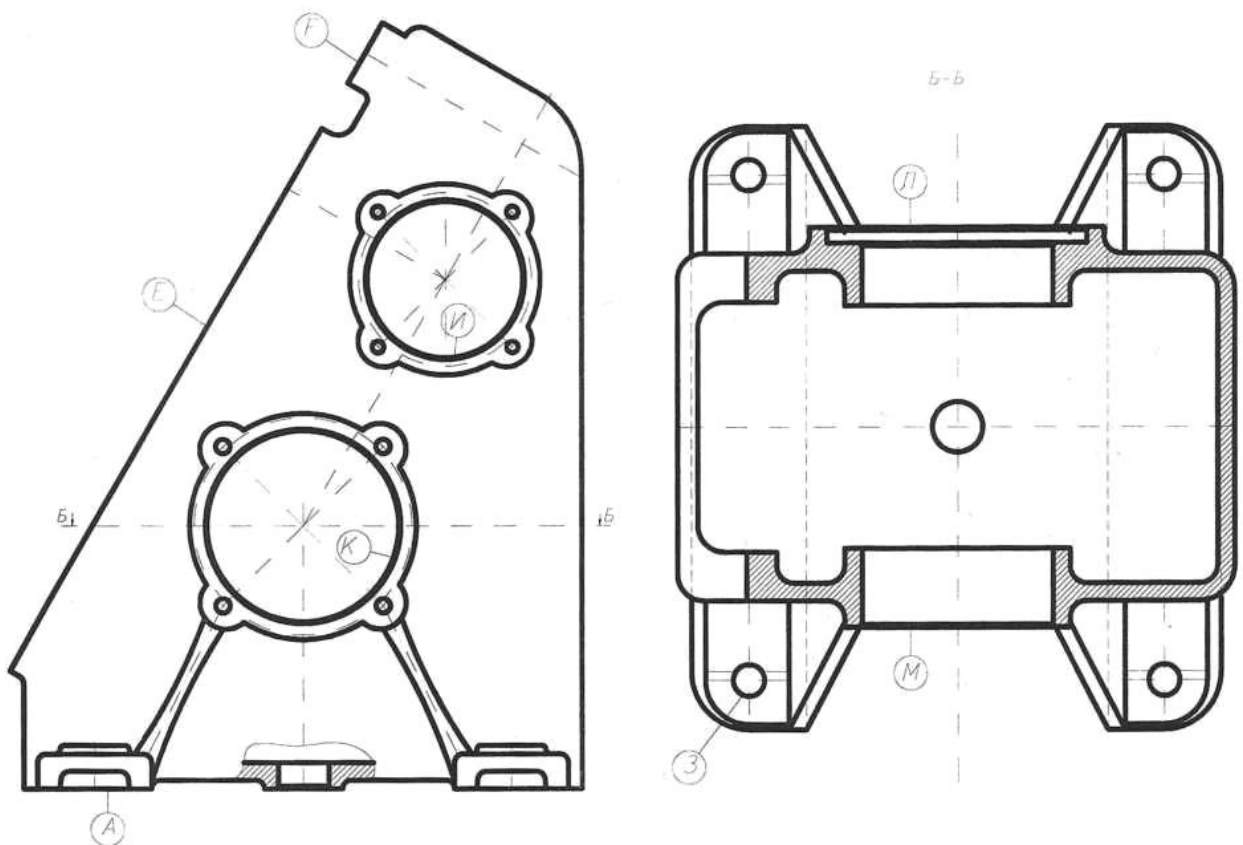


Рисунок 1.1 – Позначення поверхонь деталі Корпус 47.7411.1158

Таблиця 1.1 – Аналіз технічних вимог

Позна-чення поверхонь	Технічні вимоги	Метод механічного оброблення	Метод контролю
1	2	3	4
А, М, Л	Забезпечити висоту бобишки розміру $525 \pm 0,5$ й розміру поверхонь під підшипники $45 \pm 0,5$ й $30 \pm 0,5$. Шорсткість Rz80	Фрезерування	Штангенрейсмус, штангенциркуль, шаблони шорсткості
Е	Забезпечити розмір між віссю отворів під підшипники до поверхні під кришку $105 \pm 0,2$. Шорсткість Rz 80	Фрезерування	Штангенциркуль, шаблони шорсткості
Б	Забезпечити розмір між віссю отворів під підшипники до бобишки отвору $95 \pm 0,2$. Шорсткість Rz 80	Фрезерування	Штангенциркуль, шаблони шорсткості
К, И	Забезпечити розмір отворів під підшипники $\text{Ø}90\text{H}7$ і $\text{Ø}110\text{H}7$, а також співвісність 0,025.	Алмазне розточування	Пробка
З	Забезпечити розмір $\text{Ø}18\text{H}8$ для 2-х базових отворів.	Розвертування	Пробка

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.

Аналіз конструкції деталі за технологічними ознаками проводимо за двома показниками.

Якісна оцінка.

Деталь виготовляється з доступного та дешевого матеріалу. Вона отримується методом лиття. Конфігурація зовнішніх та внутрішніх поверхонь не створює труднощів при їх механічному обробленні та технічному контролі. З точки зору доступу до поверхонь механічного оброблення деталь недоліків не має. Легкий доступ різальних інструментів.

Кількісна оцінка.

Основною метою оцінки технологічності конструкції деталі за кількісною оцінкою є мінімізація витрат праці та матеріальних ресурсів за рахунок впровадження високоефективних методів обробки деталей.

а) Рівень технологічності конструкції за трудомісткістю конструкції при виготовленні:

$$K_{pm} = \frac{T_{\epsilon}}{T_{\bar{\epsilon}}}, \quad (1.1)$$

де $T_{\bar{\epsilon}}$ – базова трудомісткість;

T_{ϵ} – досягнута трудомісткість.

Звідси:

$$K_{pm} = \frac{30,03}{102,5} = 0,32.$$

б) Рівень технологічності конструкції деталі за технологічною собівартістю:

$$K_{pc} = \frac{C_m}{C_{\bar{m}}}, \quad (1.2)$$

де C_m і $C_{\bar{m}}$ – відповідно досягнута і базова технологічна собівартість, яка

визначається після розроблення операційного техпроцесу і одержання необхідних для розрахунку даних.

Звідси:

$$K_{pc} = \frac{1,3}{4} = 0,325.$$

в) Рівень технологічності конструкції за точністю оброблення:

$$K_{pmч} = \frac{K_{\text{бмч}}}{K_{mч}}, \quad (1.3)$$

де $K_{\text{бмч}}$ – базовий коефіцієнт точності обробки;

$K_{mч}$ – досягнутий:

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{\text{сер}}} = 1 - \left(\frac{N_i T_i}{N_i} \right)^{-1}, \quad (1.4)$$

де $T_{\text{сер}}$ – середнє числове значення параметру точності обробки виробу;

N_i – число розмірів з відповідним числовим значенням параметру точності;

T_i – числове значення параметру точності обробки (квалітету).

З формули (1.4) маємо для базового варіанту:

$$K_{\text{бмч}} = K_{mч\text{а}} = 1 - \left(\frac{3 \cdot 13 + 2 \cdot 8 + 2 \cdot 7 + 1 \cdot 9 + 2 \cdot 12 + 1 \cdot 13}{3 + 2 + 2 + 1 + 2 + 1} \right)^{-1} = 0,905.$$

Для проектного варіанту:

$$K_{mч} = K_{mч\text{б}} = 1 - \left(\frac{4 \cdot 12 + 2 \cdot 8 + 2 \cdot 7 + 1 \cdot 9 + 2 \cdot 12 + 0 \cdot 13}{4 + 2 + 2 + 1 + 2 + 0} \right)^{-1} = 0,901.$$

Тоді з формули 1.3 рівень технологічності за точністю оброблення:

$$K_{pmч} = \frac{0,905}{0,901} = 1,005.$$

Базовий і проєктний варіант приблизно однакові.

г) Рівень технологічності конструкції деталі за шорсткістю:

$$K_{pш} = \frac{K_{\sigma ш}}{K_{ш}}, \quad (1.5)$$

де $K_{ш}$ – досягнутий коефіцієнт шорсткості.

Коефіцієнт шорсткості поверхні визначаємо за формулою:

$$K_{ш} = 1 - \frac{I}{Ш_{сер}} = 1 - \frac{N_i}{N_i Ш_i}, \quad (1.6)$$

де $Ш_{сер}$ – середнє числове значення параметра шорсткості поверхні;

N_i – число поверхонь з відповідними числовими значеннями параметру шорсткості певної поверхні виробу.

Для базового варіанту з (1.6):

$$K_{\sigma ш} = 1 - \frac{11}{4 \cdot 20 + 5 \cdot 2,5 + 2 \cdot 40} = 0,936.$$

Для проєктного варіанта:

$$K_{ш} = 1 - \frac{11}{4 \cdot 12,5 + 5 \cdot 2,5 + 2 \cdot 25} = 0,902.$$

д) Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K = \frac{M}{M_m}, \quad (1.7)$$

де M – маса готової деталі;

M_m – маса матеріалу, який витрачено на виготовлення деталі.

Тоді:

$$K = \frac{49,2}{51} = 0,96 \text{ кг.}$$

1.3 Аналіз базового технологічного процесу.

У базовому варіанті техпроцесу виготовлення деталі чорною базою є поверхні бобишок лап Т, яка служить для підготовки проміжної бази – основа лап редуктора, пов. А.

В ході механічного оброблення після операцій 005 і 010 чистову базу виконують в кінці 015 операції 6-им переходом, що дає більші похибки для поверхонь, які обробляються на попередніх операціях 005, 010, 015.

Отже в проєктному варіанті маршруту механічного оброблення деталі необхідно зробити так, щоб оброблення чистових баз було на самому початку техпроцесу, тобто забезпечувалося виконання принципу постійності та єдності технологічних баз.

Також треба сумістити ряд переходів, щоб зменшити машинний час, тому треба (якщо можливо) використовувати комбінований інструмент, агрегатні верстати, які дозволяють обробляти одночасно декількох площин, ширше використовувати багатошпindelні головки.

Для більш прогресивних режимів різання ми можемо використовувати ротаційну фрезу для торцевого фрезерування.

Взагалі якість обробки деталі нас задовольняє. Кількість операцій та робочих місць однакова.

Базовий техпроцес в нас такий:

005 ПОЗДОВЖНЬО-ФРЕЗЕРНА операція

1. Фрезерувати одночасно з трьох сторін площину основи А витримуючи розміри $25^{+0,5}$ і торці бобишек фланців М, Л витримуючи розміри $45^{+0,195}$ і $280^{-1,0}$ напрохід начисто.

Верстат мод. ГФ687СЗ, $t_{ум.к.} = 6,14$ хв.

010 ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНА операція

1. Фрезерувати площину Е під кришку оглядового вікна в розмір $105 \pm 0,2$.

2. Фрезерувати площину бобишки F в розмір $95 \pm 0,2$.

Верстат мод. 6Г83, $t_{ум.к.} = 5,4$ 2хв.

015 РАДІАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНА операція

1. Свердлити послідовно 2 отв. $\text{Ø}18\text{H}14$ напрохід в розміри $33\pm 0,5$; $290\pm 0,8$ і $240\pm 0,8$ начисто;
 2. Свердлити послідовно 2 отв. $\text{Ø}17,5\text{H} 12$ напрохід в розміри $33\pm 0,5$, $290\pm 0,8$ і $240\pm 0,8$ напівчисто;
 3. Свердлити отв. $\text{Ø}30,5\text{H}12$ під різьбу Труб.1" напрохід в розміри $145\pm 0,5$ і $120\pm 0,5$;
 4. Зенкувати фаску $1,6\times 45^\circ$ в отв. $\text{Ø}30,5\text{H} 12$ начисто.
 5. Нарізати різьбу Труб.1" в отв. $\text{Ø}30,5\text{H} 12$ напрохід начисто
 6. Розгорнути 2 отв. $\text{Ø}17,5\text{H}12$ до $\text{Ø}18\text{H}8$ напрохід начисто.
- Верстат мод. 2Н55, $t_{\text{шт.к.}} = 5,92 \text{ хв.}$

020 КООРДНАТНО-РОЗТОЧНА операція

1. Розточити отв. $\text{Ø}80$ до $\text{Ø}89,6$ напрохід, розгорнути отв. $\text{Ø}89,6$ до $\text{Ø}89,9$;
 2. Розгорнути отв. $\text{Ø}89,9$ до $\text{Ø}90\text{H}7$ кінцево;
 3. Розточити отвір $\text{Ø}100$ до $\text{Ø}109,6$ напрохід, розгорнути отв. $\text{Ø}109,6$ до $\text{Ø}109,9$;
 4. Розгорнути отв. $\text{Ø}109,9$ до $\text{Ø}110\text{H}7$ кінцево;
 5. Розвернути стіл на 180 градусів
- Розточити отв. $\text{Ø}100$ до $\text{Ø}109,6$ напрохід, розгорнути отвір $\text{Ø}109,6$ до $\text{Ø}109,9$, розточити отвір $\text{Ø}150$ до $\text{Ø}156\text{H}11$ в розмір $9\pm 0,5$;
6. Розточити отвір $\text{Ø}109,9$ до $\text{Ø}110\text{H}7$ кінцево;
 7. Підрізати торець бобишки начисто
 8. Розточити отв. $\text{Ø}80$ до $\text{Ø}89,6$ напрохід, розгорнути отв. $\text{Ø}89,6$ до $\text{Ø}89,9$ попередньо;
 9. Розгорнути отв. $\text{Ø}89,9$ до $\text{Ø}90\text{H}7$ кінцево.
- Верстат мод. 262Г, $t_{\text{шт.к.}} = 35,8 \text{ хв.}$

025 РАДІАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНА операція

1. Сверлити 4 отв. $\varnothing 8,3$ на глибину $29 \pm 0,165$ в розмір $\varnothing 130$;
 2. Сверлити 4 отв. $\varnothing 6,7^{+0,1}$ на глибину $l=20^{+0,52}$ в розмір $\varnothing 110$;
 3. Зняти фаски $1,6 \times 45^\circ$ в 4 отв. $\varnothing 8,3$;
 4. Зняти фаски $1,6 \times 45^\circ$ в 4 отв. $\varnothing 6,7$;
 5. Нарізати різь М8-7Н в 4 отв. $\varnothing 6,7$ на глибину $l = 15^{+0,43}$;
 6. Нарізати різь М10-7Н в 4 отв. $\varnothing 8,3$ на глибину $l = 25^{+0,52}$;
- Верстат мод. 2Н55,1; $t_{ум.к.} = 12,86хв.$

030 РАДІАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНА операція

1. Свердли 6 отв. $\varnothing 6,7$ під різь М8-7Н на глибину $l = 20^{+0,52}$ витримуючи розмір $\varnothing 125 \pm 0,125$;
 2. Свердли 4 отв. $\varnothing 10,2$ під різьбу М12-7Н; напрохід в розміри $\varnothing 190$ і кут 40° , кут 100° ;
 3. Зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$ в 6 отв. $\varnothing 6,7$;
 4. Зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$ в 4 отв. $\varnothing 10,2$;
 5. Свердли 4 отв. $\varnothing 6,7$ під різь М8-7Н на глибину $l = 20^{+0,52}$ в розмір $\varnothing 110$;
 6. Зняти фаски $1,6 \times 45^\circ$ в 4 отв. $\varnothing 6,7$;
 7. Нарізати різь М8-7Н в 4 отв. $\varnothing 6,7$ на глибину $l = 15 \pm 0,5$ $\varnothing 110$;
 8. Нарізати різь М8-7Н в 6 отв. $\varnothing 6,7$ на глибину $l = 15^{+0,43}$;
 9. Нарізати різь М12-7Н в 4 отв. $\varnothing 10,2$ напрохід, начисто.
- Верстат мод. 2Н55, $t_{ум.к.} = 15,62хв.$

035 РАДІАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНА операція

1. Свердли 10 отв. під різь М8-7Н на глибину $20^{+0,52}$ витримуючи розміри $10 \pm 0,095$, $140 \pm 0,125$, $50 \pm 0,08$, $140 \pm 0,125$, $290 \pm 0,16$;
2. Зняти фаски $1,6 \times 45^\circ$ в 10 отв. $\varnothing 6,7$;
3. Нарізати різь М8-7Н в 10 отв. $\varnothing 6,7$ на глибину $l = 15^{+0,43}$;
4. Свердли 2 отв. $\varnothing 19,8$ Н12 напрохід в розміри $31 \pm 0,1$ і $90 \pm 0,11$ в площині бобишки F;

5. Сверлити 2 отв. $\varnothing 9,8$ Н12 на глибину $135 \pm 0,5$ в розміри $31 \pm 0,1$ і $90 \pm 0,11$;

6. Сверлити 2 отв. $\varnothing 5$ Н12 під різь М6-7Н напрохід витримуючи розміри $80 \pm 0,025$ і $90 \pm 0,1$;

7. Розгорнути 2 отв. $\varnothing 19,8$ до 20 Н9 напрохід начисто;

8. Розгорнути 2 отв. $\varnothing 9,8$ Н12 до $\varnothing 10$ Н9 начисто;

9. Зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$ в 2 отв. $\varnothing 20$ Н9;

10. Зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$ в 2 отв. $\varnothing 10$ Н9;

11. Зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$ в 2 отв. $\varnothing 5$ Н12;

11. Нарізати різь М6-7Н в 2 отв. $\varnothing 5$ Н12 напрохід начисто.

Верстат мод. 2Н55, $t_{\text{шт.к.}} = 17,24 \text{ хв.}$

040 РАДІАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНА операція

1. Зняти фаску $1 \times 45^\circ$ в отв. $\varnothing 110$ Н7 з однієї сторони;

2. Зняти фаску $1 \times 45^\circ$ в отв. $\varnothing 90$ Н7 з однієї сторони;

3. Зняти фаску $1 \times 45^\circ$ в отв. $\varnothing 156$ Н11;

4. Зняти фаску $1 \times 45^\circ$ в отв. $\varnothing 110$ Н7 з другої сторони;

5. Зняти фаску $1 \times 45^\circ$ в отв. $\varnothing 90$ Н7 з другої сторони.

Верстат мод. 2Н55, $t_{\text{шт.к.}} = 3,51 \text{ хв.}$

1.4 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу.

У результаті аналізу за базовим варіантом технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус одноступеневого редуктора 47.7411.1158” можна зробити висновок, що базовий ТП немає значних технологічних недоліків, але при стрімкому розвитку та впровадженні у виробництво більш прогресивного обладнання та різального інструменту необхідно його вдосконалити.

Основним завданням на кваліфікаційну роботу є розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі – «Корпус одноступеневого редуктора 47.7411.1158», проєктування верстатно-інструментального оснащення та проведення його техніко-економічного обґрунтування.

Вихідними даними на кваліфікаційну роботу є робоче креслення деталі, технічні умови на виготовлення та орієнтовна програма випуску. Ці параметри мають певний вплив на постановку завдання та напрямки його вирішення.

Орієнтовна програма випуску деталей зумовлює тип виробництва, який в свою має значний вплив на вибір металорізального обладнання, інструменту та верстатного оснащення. На основі вихідних даних передбачаємо розробку маршрутної технології. Для неї назначаємо відповідно інструментальне забезпечення з подальшим розробленням техпроцесу механічного оброблення деталі.

Отже, метою кваліфікаційної роботи є розроблення техпроцесу виготовлення даної деталі на основі базового, який повинен бути більш прогресивним, економічнішим і продуктивнішим.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

Згідно із виданим завданням на кваліфікаційну роботу програма випуску становить 50000 штук в рік, маса деталі – 30,4 кг. Виходячи з цього в нас орієнтовно – масовий тип виробництва, так як при річній програмі випуску більше 5000 штук і масі виробу від 10 кг до 100 кг на машинобудівних заводах як правило застосовують даний тип виробництва.

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплених операцій,

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}; \quad (2.1)$$

де O – кількість операцій;

P – кількість робочих місць.

Для встановлення кількості робочих місць необхідно визначити розрахункову кількість обладнання за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш.к.} \cdot K}{60 \cdot F_{\partial} \cdot n_{з.н}}; \quad (2.2)$$

де N – місячна програма випуску деталей;

$T_{ш.к.}$ – штучно-калькуляційний час виконання проєктованої операції на даному верстаті;

F_{∂} – дійсний річний фонд часу;

$n_{з.н}$ – коефіцієнт нормативного завантаження обладнання.

Число операцій закріплених за одним робочим місцем визначаємо за формулою:

$$O_{р.м.} = \frac{60 \cdot F_{\partial} \cdot K \cdot n_{з.н}}{T_{ш.к.} \cdot N}, \quad (2.3)$$

де N – програма випуску на рік;

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

F_o – дійсний річний фонд часу, 3975 год при 2-хзмінній роботі на потоковій лінії;

n_n – коефіцієнт нормативного завантаження обладнання, 0,65 в масовому та багатосерійному виробництві.

K_e – середній коефіцієнт виконання норм, $K_e = 1,3$;

Штучно-калькуляційний час знаходимо за формулою

$$T_{шт.к.} = \varphi_k \cdot T_o; \quad (2.4)$$

Значення φ_k та T_o знаходимо з довідкових таблиць.

Програму запуску деталей на рік визначаємо за формулою:

$$N = N_1 \left(1 + \frac{\beta}{100} \right), \quad (2.5)$$

де N_1 – річна програма випуску виробів;

β – обсяг додаткового випуску деталей для запасних частин визначається як відсоток від річного плану виробництва, $\beta = 3,7\%$.

Тоді:

$$N = 50000 \left(1 + \frac{3,7}{100} \right) = 51850 \text{ шт.}$$

Отримані результати розрахунків заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Визначення коефіцієнта закріплення операцій для базового техпроцесу виготовлення деталі

Назва операції	Штучно-калькуляційний час, $T_{шт.к}$, хв	Кількість місць, P , шт	Кількість різних операцій, O_i	$K_{зо}$	Тип виробництва	Форма організації
005	6,14	2	0,63	0,96	Масовий	Потокова (неперервна)
010	5,42	2	0,72			
015	5,92	2	0,66			
020	35,8	8	0,11			
025	12,86	3	0,3			
030	15,62	4	0,25			
035	17,24	4	0,23			
040	3,51	1	1,12			
<i>Всього:</i>	102,51	26	4,02			

Основний технологічний час знаходимо за наближеними формулами:

Для торцевого фрезерування: $T_0 = 6 \cdot l \cdot 10^{-3}$ хв.

Для свердління: $T_0 = 0,52 \cdot l \cdot 10^{-3}$ хв.

Для розточування: $T_0 = 0,2 \cdot l \cdot 10^{-3}$ хв.

Для нарізання різі мітчиками: $T_0 = 0,4 \cdot l \cdot 10^{-3}$ хв.

Для розвертування: $T_0 = 0,2 \cdot l \cdot 10^{-3}$ хв.

Коефіцієнт φ_k має наступні значення:

$\varphi_k = 1,51$ – для фрезерних верстатів;

$\varphi_k = 1,41$ – для радіально-свердлильних верстатів;

$\varphi_k = 3,25$ – для розточних верстатів;

$\varphi_k = 1,30$ – для вертикально-свердлильних верстатів.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Попереднє визначення коефіцієнту закріплення операцій для проєктного ТП

Назва оп-ції	Штучно-калькуляційний час, $T_{шт.к}$, хв	Кількість місць, P , шт	К-кість різних операцій O_i	K_{30}	Тип виробництва	Форма організації
005	5,457	2	0,71	0,93	Масовий	Потокова (неперервна)
010	3,796	1	1,02			
015	3,260	1	1,19			
020	12,264	3	0,32			
025	0,84	1	4,63			
030	1,65	1	2,36			
035	2,342	1	1,66			
040	11,7	3	0,26			
<i>Всього</i>		13	12,15			

2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки

Основним критерієм при виборі заготовки є забезпечення необхідної якості готової деталі при її мінімальній собівартості.

Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки для розглядуваної деталі проводимо по кількох напрямках: металоємності, трудомісткості, собівартості, враховуючи при цьому конкретні виробничі умови.

Так як програма випуску складає 50000 шт в рік і матеріал заготовки - чавун, то метод отримання заготовки вибираємо лиття. Корпус 47.7411.1158 - деталь складної форми. Тому заготовка є відливка з отворами. Матеріал корпуса 47.7411.1158, його розміри і конструкція дозволяють зробити заготовку шляхом лиття, що є найбільш раціональним способом.

Спосіб отримання того чи іншого виду відливок залежить від характеру виробництва, матеріалу, ваги деталі, виробничих можливостей її інших факторів.

Вибираємо два способи одержання заготовки:

- 1) Лиття у вакуумно-плівкові форми;
- 2) Лиття в піщано-глинясті форми.

Результати аналізу зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Порівняльна характеристика способів одержання заготовки

Назва показника	1 варіант	2 варіант
1	2	3
Вид заготовки	Лиття	Лиття
Клас точності	10	10
Ряди припусків	3	4
Розміри заготовки для розмірів деталі:		
45	47 ^{+2,8}	50 ^{+2,8}
110	105,5 _{-3,2}	104,5 _{-3,2}
90	94 ^{+2,4}	94,5 ^{+2,8}
Ø90	Ø86,5 _{-0,6}	Ø84,4 _{-2,8}
Ø110	Ø106,5 _{-0,6}	Ø99 _{-3,2}
230	234 ^{+3,6}	241,6 ^{+3,6}
105	107 ^{+3,2}	110,5 ^{+3,2}
150	152 ^{+3,2}	155,5 ^{+3,2}
95	97 ^{+2,8}	99,5 ^{+2,8}

1	2	3
Об'єм заготовки, м ³ .	0,0039	0,00393
Маса заготовки, кг.	31,8	32,2
Коефіцієнт використання матеріалу, кг	0,956	0,944
Вартість заготовки, грн.	79,9	80,7
Економічний ефект, грн.	41480	0

Отже використовуємо лиття у плівкові форми. При цьому досягається економічний ефект $E = 41480$ грн.

2.3 Вибір технологічних баз

Якість оброблення деталі в значній мірі залежить від правильного вибору технологічних та вимірювальних баз. Неправильний їх вибір спотворює положення деталі відносно інструменту, веде до неправильної оброблення деталі по кресленню, створює нерівномірні припуски на оброблення і може служити причиною браку деталі.

Базуючими поверхнями називають поверхні або ті, що їх замінюють поєднання поверхонь, відносно яких визначається положення інших поверхонь заготовки деталі в процесі оброблення.

Кожен перехід від даної бази до іншої збільшує накопичені похибки встановлення, тому бажано застосовувати принцип постійності баз.

За наявності жорстких вимог до точності оброблення, вибір схеми базування повинен здійснюватися за критерієм мінімізації похибки встановлення та закріплення деталі за окремими операціями техпроцесу.

Забезпечення заданої точності оброблення деталі вимагає дотримання принципу єдності та суміщення баз (збігу технологічної, вимірювальної та установчої баз), а також збереження їх незмінності на наступних операціях оброблення.

Для забезпечення точності виготовлення деталі необхідно дотримуватись принципу суміщення баз - технологічних, вимірювальних, установочних, намагатись забезпечити їх постійність при наступних операціях оброблення.

Зміна технологічних баз у процесі обробки призводить до зниження її точності, що зумовлено появою похибки взаємного розташування нових і раніше використовуваних баз.

Вибір баз для чорнового оброблення:

1. При механічному обробленні заготовок, одержаних методом лиття, чорнові (необроблені) поверхні дозволяється використовувати як бази лише під час виконання перших технологічних операцій. На наступних етапах оброблення це не допускається.

2. Роль технологічних баз мають виконувати поверхні достатніх розмірів, що гарантують високу точність базування та надійність закріплення заготовки в пристосуванні. Такі поверхні повинні мати підвищений клас точності, мінімальну шорсткість, а також бути позбавленими ливарних напливів, окалини та інших дефектів.

3. Для деталей, що не підлягають механічному обробленню, як технологічні бази на першій операції доцільно використовувати поверхні, які залишаються необробленими. Це дозволить мінімізувати зміщення оброблених поверхонь відносно чорнових.

4. Первинну технологічну базу для першої операції слід обирати так, щоб забезпечити оптимальні умови для оброблення поверхонь деталі, які використовуватимуться як бази на наступних операціях.

Підбір баз для поверхні з чистовим обробленням:

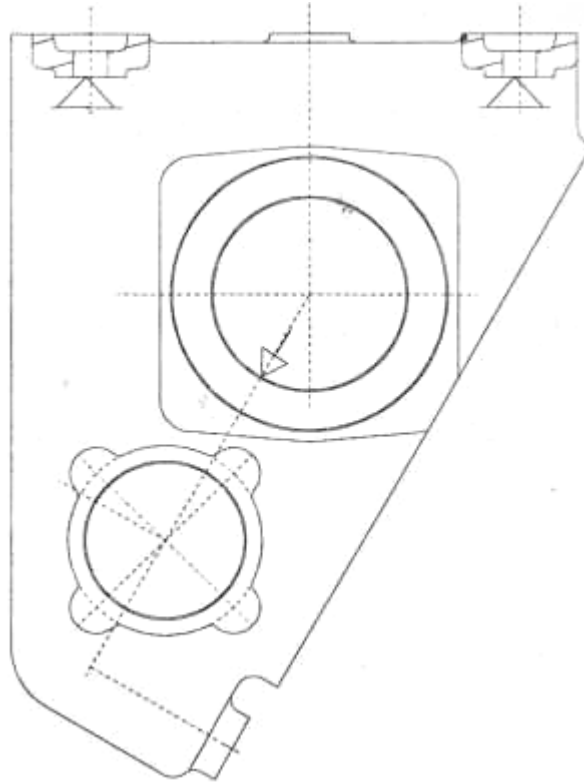
1. Під час вибору баз слід враховувати, що максимальна точність оброблення досягається за умови використання на всіх етапах техпроцесу одних і тих самих базових поверхонь, тобто за умови дотримання принципу єдності баз.

2. Базові поверхні, що використовуються на етапі остаточного оброблення, повинні відрізнятися найвищим рівнем точності.

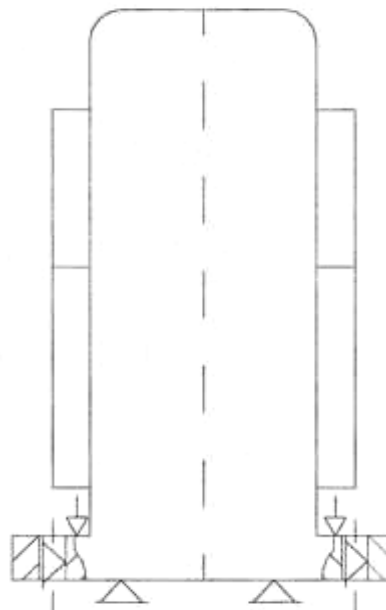
3. Під час чистового оброблення також рекомендується дотримуватися принципу поєднання баз, згідно з яким як технологічні бази використовують конструкторські та вимірювальні бази.

З врахуванням цих рекомендації розроблені схеми базування за операціями техпроцесу, які приведені на ескізах:

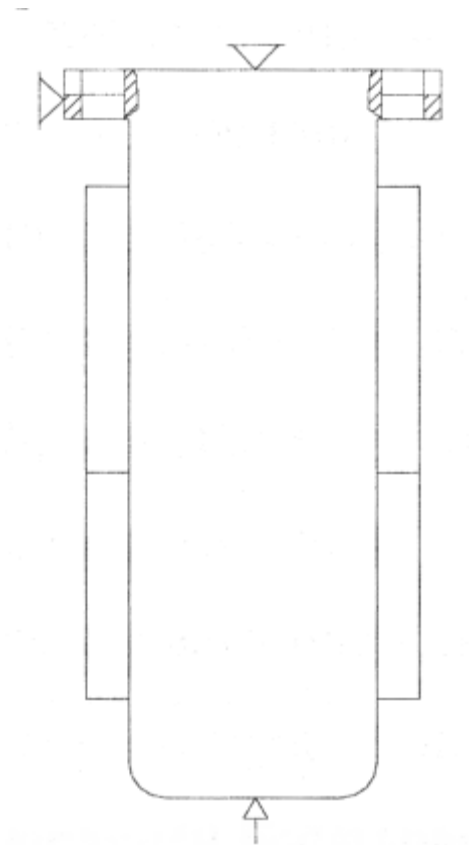
Фрезерна операція



Фрезерна , агрегатна, алмазна (розточна)



Свердлильна



2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Для підтвердження доцільності запропонованого технологічного маршруту механічної обробки деталі необхідно провести техніко-економічне обґрунтування. На основі порівняльного аналізу обирають той варіант, який забезпечує мінімальну суму поточних і приведених капітальних витрат на одиницю продукції.

Для вибору раціонального технологічного процесу проводимо аналіз базового і двох проєктних технологічних маршрутів.

Для визначення найбільш економічно вигідного рішення проведено порівняльний аналіз собівартості технологічних операцій, що мають відмінності. Згідно з розрахунками, наведеними в проєктній частині роботи, запропонований варіант технологічного процесу є економічно доцільнішим.

Також при встановленні плану і способу оброблення деталей необхідно вказати на якому обладнанні виконується та чи інша операція.

Вибір верстатного обладнання є одним із ключових завдань проектування технологічного процесу механічного оброблення заготовки. Раціональний підбір обладнання безпосередньо впливає на продуктивність виробництва, ефективність використання площ та електроенергії, рівень механізації й автоматизації ручної праці, що в кінцевому підсумку визначає собівартість готового виробу.

Вибір типів обладнання перш за все визначається можливістю забезпечити виконання вимог до оброблюваної поверхні. Чим вище вимоги за чистотою й точністю, тим дорожче обладнання і вища кваліфікація робітника, що відповідно впливає на собівартість оброблення. Вибір верстату проводимо відповідно з розміром оброблюваної деталі й характером оброблення, щоб використовувати всі технологічні можливості верстату.

Необхідно, щоб потужність, що затрачається на зняття стружки максимально наближалась до ефективної потужності верстату.

З економічної точки зору важливе значення має продуктивність верстату, так як верстат повинен використовуватись на повну потужність. При виборі обладнання враховувати його вартість для зниження собівартості виготовлення деталі.

Складемо два варіанти техпроцесу механічного оброблення деталі та представимо їх у вигляді таблиць 2.4 і 2.5.

Таблиця 2.4 – Базовий маршрут механічного оброблення деталі

№ операції	Назва операції (переходу)	Обладнання
1	2	3
Розміри, мм		
005	Поздовжньо-фрезерна: Фрезерувати одночасно з трьох сторін: площину основи та торці бобишок фланців з двох сторін.	Верстат мод. ГФ687С3
010	Горизонтально-фрезерна: 1. Фрезерувати площину під кришку оглядового вікна 2. Фрезерувати площину бобишки.	Верстат мод. 6М83
015	Радіально-свердлильна 1. Свердлити послідовно 2 отв. Ø18 Н14 2. Свердлити послідовно 2 отв. Ø17,5 Н12 3. Свердлити отв. Ø30,5 Н12 4. Зенкувати фаску 1,6×45° 5. Нарізати різь Труб 1 6. Розвернути 2 отв. Ø18 Н8	Верстат мод. 2Н55
020	Координатно-розточна: 1. Розточити отв. Ø80 до Ø89,6 2. Розвернути отв. Ø89,6 до Ø89,9 3. Розвернути отв. Ø89,9 до Ø90 Н7 4. Розточити отв. Ø100 до Ø109,6 5. Розвернути отв. Ø109,6 до Ø109,9 6. Поворот на 180° 7. Розточити отв. Ø100 до Ø109,6 8. Розвернути отв. Ø109,6 до Ø109,9 9. Розточити отв. Ø150 до Ø156 Н11 10. Розточити отв. Ø109,9 до Ø110 Н7 11. Підрізати торець бобики 12. Розточити отв. Ø80 до Ø89,6 13. Розвернути отв. Ø89,6 до Ø89,9 14. Розвернути отв. Ø89,9 до Ø90 Н7	Верстат мод. 262Г

1	2	3
025	Радіально-свердлильна 1. Свердлити 4 отв. Ø8,3 2. Свердлити 4 отв. Ø6,7 ^{+0,1} 3. Зняти фаски 1,6×45° в 4-х отв. Ø8,3 4. Зняти фаски 1,6×45° в 4-х отв. Ø6,7 5. Нарізати різь М8-7Н в 4-х отв. Ø6,7 6. Нарізати різь М10-7Н в 4-х отв. Ø8,3	Верстат мод. 2Н55
030	Радіально-свердлильна 1. Свердлити 6 отв. Ø6,7 2. Свердлити 4 отв. Ø10,2 3. Зняти фаску 1,6×45° в 6-ти отв. Ø6,7 4. Зняти фаску 1,6×45° в 4-х отв. Ø10,2 5. Свердлити 4 отв. Ø6,7 6. Зняти фаски 1,6×45° в 4-х отв. Ø6,7 7. Нарізати різь М8-7Н в 4-х отв. Ø6,7 на глибину $l = 15 \pm 0,5$ 8. Нарізати різь М8-7Н в 6-ти отв. Ø6,7 на глибину $l = 15^{+0,43}$ 9. Нарізати різь М12-7Н в 4-х отв. Ø 10,2	Верстат мод. 2Н55
035	Радіально-свердлильна 1. Свердлити 10 отв. під різь М8-7Н 2. Зняти фаски 1,6×45° в 10-ти отв. Ø6,7 3. Нарізати різь М8-7Н в 10-ти отв. Ø6,7 4. Свердлити 2 отв. Ø19,8 Н12 5. Свердлити 2 отв. Ø9,8 Н12 6. Свердлити 2 отв. Ø5 Н12 7. Розвернути 2 отв. Ø19,8 до 20 Н9 8. Розвернути 2 отв. Ø9,8Н12 до Ø10 Н9 9. Зняти фаску 1,6×45° в 2 отв. Ø20 Н9 10. Зняти фаску 1,6×45° в 2 отв. Ø10 Н9 11. Зняти фаску 1,6×45° в 2 отв. Ø5 Н12 12. Нарізати різь М6-7Н в 2 отв. Ø5 Н12	Верстат мод. 2Н55
040	Радіально-свердлильна 1. Зняти фаску 1×45° в отв. Ø 110 Н7 2. Зняти фаску 1×45° в отв. Ø 90 Н7 3. Зняти фаску 1×45° в отв. Ø 156 Н11 4. Зняти фаску 1×45° в отв. Ø 110 Н7 5. Зняти фаску 1×45° в отв. Ø90 Н7	Верстат мод. 2Н55

Таблиця 2.5 – Проектний маршрут механічного оброблення деталі

№ операції	Назва операції (переходу)	Обладнання
1	2	3
005	Поздовжньо-фрезерна Фрезерувати одночасно з трьох сторін: площину основи та торці бобишок фланців з двох сторін.	Верстат мод. ГФ687С3
010	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити одночасно 2 отв. Ø18 Н14 та отв. Ø17,6 Н12 та розвернути 2 отв. Ø17,6Н12 до Ø18Н8	Верстат мод. 2Н135
015	Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати площину під кришку оглядового вікна; 2. Фрезерувати площину бобишки	Верстат мод. 6М82Г
020	Агрегатна I Задня нахилена головка <u>Позиція I</u> Одночасно свердлити в площині кришки оглядового вікна 10 отв. Ø6,9 Н12 зі зняттям фасок $1,6 \times 45^\circ$ та свердлити в площині бобики 2 отв. Ø5 Н12 зі зняттям фасок $1,5 \times 45^\circ$. Права горизонтальна головка <u>Позиція I</u> Розточити різцями послідовно розміщені отв. Ø86 до Ø88,6Н12, отв. Ø106 до Ø108,6Н12. Ліва горизонтальна головка <u>Позиція I</u> Розвернути отв. Ø8,6Н12 до Ø89,4Н9 та отв. Ø108,6Н12 до Ø109,4Н9 одночасно зі зняттям фаски $1,0 \times 45^\circ$ в отв. Ø156Н11 та фасок $1,6 \times 45^\circ$ в отв. Ø109,4 Н10 та отв. Ø89,4 Н10	Верстат агрегатний А-1

1	2	3
025	<p>Агрегатна II</p> <p>Ліва горизонтальна головка</p> <p><u>Позиція II</u></p> <p>Свердлити отв. Ø30,5 Н12 зі зняттям фаски 1,6×45°</p> <p>Вертикальна головка</p> <p><u>Позиція II</u></p> <p>Свердлити 4 отв. Ø6,7 Н12 та 4 отв. Ø8,5Н12.</p> <p><u>Позиція III</u></p> <p>Зняти фаски 1,6×45° в 4-х отв. Ø6,7 Н12 та фаски 1,6×45° в 4-х отв. Ø8,5 Н12</p> <p>Права горизонтальна головка</p> <p><u>Позиція III</u></p> <p>Нарізати різь Труб.1" в отв. Ø30,5 Н12</p>	Верстат агрегатний А-2
030	<p>Агрегатна III</p> <p>Ліва горизонтальна головка</p> <p>Зенкувати фаски 1,3×45° в отв. Ø109,4 Н10 та отв Ø80,4 Н10</p> <p>Нахилена головка</p> <p>Свердлити 2 отв. Ø20 Н11 зі зняттям фасок 1,6×45° та 2 отв. Ø10 Н11 зі зняттям фасок 1,6×45°</p> <p>Права горизонтальна головка</p> <p>Свердлити одночасно 4 отв. Ø6,7 Н12, 4отв. Ø10,2 Н12, 6 отв. Ø6,7 Н12 зі зняттям в них фасок 1,6×45°.</p>	Верстат агрегатний А-3

1	2	3
035	<p>Агрегатна IV</p> <p>Ліва горизонтальна головка</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нарізати різь М8-7Н в 4 отв. Ø6,7 Н12 2. Нарізати різь М10-7Н в 4 отв. Ø8,3 Н12 <p>Нахилена головка</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нарізати різь М6-7Н в 2отв. Ø5 Н12 2. Нарізати різь М8-7Н в 10 отв. Ø6,7 Н12 <p>Права горизонтальна головка</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нарізати різь М8-7Н в 4отв. Ø6,7 Н12 2. Нарізати різь М12-7Н в 4отв. Ø10,3 3. Нарізати різь М8-7Н в ботв. Ø6,7 Н12 	Верстат агрегатний А-4
040	<p>Алмазно-розточувальна</p> <p>Лівий мост</p> <p>Розточити в 2 проходи одночасно отв. Ø89,4 Н10 до Ø90 Н7 та отв. Ø109,4 Н10 до Ø90 Н7 з одної сторони</p> <p>Правий мост</p> <p>Розточити в 2 проходи одночасно отв. Ø89,4 Н10 до Ø90 Н7 та отв. Ø109,44 Н10 до Ø110 Н7 з другої сторони</p>	Верстат мод. 2712

Другий (проектний) варіант технологічного процесу передбачає впровадження сучасного високотехнологічного обладнання та застосування новітніх ефективних методів оброблення деталей.

Остаточне вирішення питання про вибір раціонального маршруту може дати техніко-економічне обґрунтування обох варіантів, яке в подальшому буде проведено. Попередньо в якості проектного варіанту техпроцесу виготовлення деталі Корпус одноступеневого редуктора 47.7411.1158 вибираємо II варіант.

2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки

Припуски на механічне оброблення визначають розрахунково-аналітичним методом і за таблицями.

Розрахунок аналітичним методом ґрунтується на встановленні виробничих похибок, що виникають за певних умов виготовлення заготовок, та їх подальшого оброблення, визначення величин елементів, які складають припуск та їх сумування. Аналітичний розрахунок припусків визначає оптимальні проміжні розміри заготовок за всіма технологічними переходами. Скорочення числа технологічних операцій на шляху від чорнової заготовки до готової деталі досягається завдяки раціональному вибору встановлювальних баз та методів оброблення.

Аналітичний розрахунок припусків забезпечує економію метала, зменшення трудомісткості процесів механічного оброблення, зменшення витрат різального інструмента і зменшення номенклатури вимірювального інструмента.

Сумарне просторове відхилення для заготовки цього типу розраховують за такою формулою:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}; \quad (2.6)$$

де $\rho_{зм}$ – величина зміщення отворів;

$\rho_{кор}$ – величина короблення;

Величину короблення слід враховувати як в діаметральному та і в осьовому його січенні, тому:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta kd)^2 + (\Delta kl)^2}; \quad (2.7)$$

де Δk – величина питомого короблення на 1 мм довжини;

d , l – відповідно діаметр і довжина оброблюваної поверхні;

Похибка встановлення при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}; \quad (2.8)$$

де ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення.

Похибка базування в цьому випадку виникає внаслідок зміщення заготовки в горизонтальній площині під час її встановлення на шарніри пристосування. Таке зміщення зумовлене наявністю зазорів між найбільшим діаметром встановлювальних отворів і найменшим діаметром пальців (стрижнів).

Тобто похибка встановлення визначається як

$$\varepsilon_6 = \delta_a + \delta_s + S_{\min}; \quad (2.9)$$

де δ_a – допуск на отвір;

δ_s – допуск на діаметр стержня;

Залишкова похибка при чорновому розвертуванні:

$$\varepsilon_2 = 0,06 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_{\text{нид}};$$

На основі даних, наведених у табл. 2.3, виконують розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків користуючись базовою формулою:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right); \quad (2.10)$$

Графу «Розрахунковий розмір» заповнюють у зворотному порядку, починаючи з кінцевого значення (у цьому випадку – розміру за кресленням), шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску для кожного технологічного переходу.

Запишемо значення допусків на кожен технологічний перехід і заготовку, відповідно до точності того чи іншого типу оброблення.

В графі «Номінальний граничний розмір» визначаємо їх значення для кожного технологічного переходу, визначаючи розрахункові розміри, збільшуючи їх значення до порядку значення допуску.

Найбільші граничні розміри визначаємо додаванням допуску до округленого розміру.

Граничні величини припусків $2Z_{\min}^{np}$ дорівнюють різниці найбільших граничних розмірів поточного (виконуваного) та попереднього переходів, а максимальні $2Z_{\max}^{np}$ – різниці їхніх найменших граничних розмірів.

Загальні припуски Z_{\min}^o і Z_{\max}^o розраховуємо як суму проміжних припусків, їх значення записуємо внизу відповідних граф.

Визначаємо величину номінального припуску:

$$Z_{o.ном} = Z_{o.min} + H_3 - H_\delta;$$

Номінальний діаметр заготовки:

$$d_{з.ном} = d_{o.ном} + Z_{o.ном};$$

Проводимо перевірку правильності отриманих результатів:

$$2Z_{\max_3}^{np} - 2Z_{\min_3}^{np} = \delta_2 - \delta_3;$$

$$2Z_{\max_2}^{np} - 2Z_{\min_2}^{np} = \delta_1 - \delta_2;$$

$$2Z_{\max_1}^{np} - 2Z_{\min_1}^{np} = \delta_3 - \delta_1;$$

Якщо права і ліва частини співпали значить розрахунки проведені правильно.

Схема графічного розміщення припусків і допусків для оброблення отвору $\varnothing 110$ H7 мм зображена на рис. 2.1.

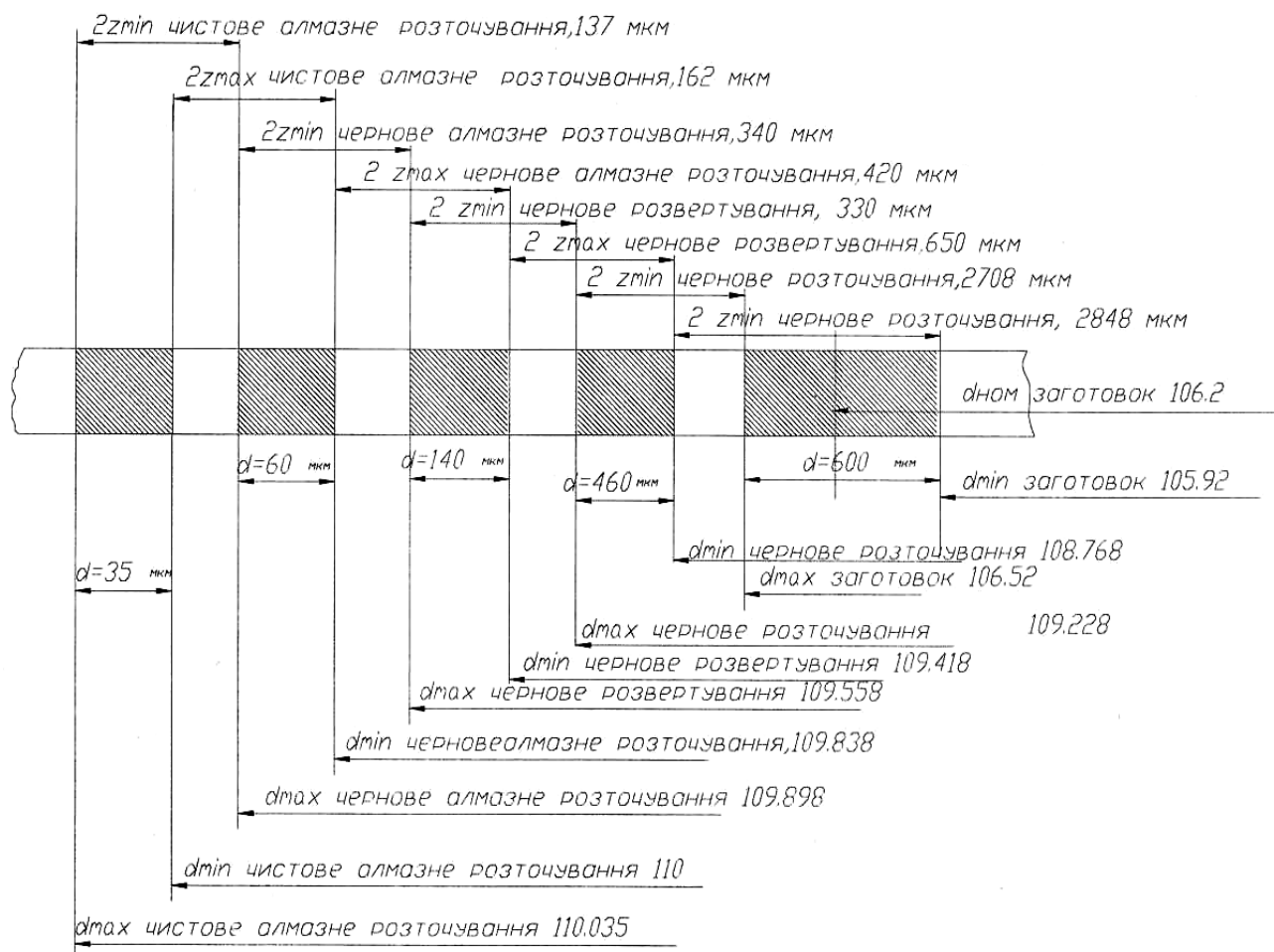


Рисунок 2.1 – Схема графічного розміщення припусків і допусків на оброблення отвору $\varnothing 110$ H7 мм

Таблиця 2.6 – Розрахункові припуски на механічне оброблення

Технологічний перехід обр.отв. Ø110H7	Елементи припуску, мкм				Розрах. припуск $2Z_{\min \text{ ном}}$	Допуск, δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	Rz	T	ρ	ε			d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	–	600	744	-		600	105,92	106,52		
Чорнове розточування	600	–	41	123	2708	460	108,768	109,228	2708	2848
Чорнове розвертування	5	50	23	50	330	140	109,418	109,558	330	650
Чорнове розточування	20	25	19	123	340	60	109,838	109,895	34	420
Чистове алмазне розточування	5	10	-	50	137	35	110	110,035	137	162
Всього:									3515	4080

2.6 Вибір різальних і вимірювальних інструментів

Під час вибору різального інструменту необхідно керуватися насамперед затвердженим технологічним маршрутом обробки деталі. З урахуванням цього фактора, а також матеріалу заготовки, припусків на оброблення та технічних вимог до виробу, здійснюють підбір різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту з подальшим його внесенням до технологічної документації.

Підбір різального та контрольно-вимірювального інструментів, необхідного для реалізації спроектованого техпроцесу виготовлення деталі «Корпус одноступеневого редуктора 47.7411.1158», наведено в таблиці 2.7 (Додаток В1).

2.7 Визначення режимів оброблення

Вибір режимів оброблення визначаємо аналітичним методом на два переходи. На інші переходи методи оброблення призначаємо за таблицями.

Розрахунково-аналітичний метод визначення методів оброблення зводиться до наступного:

- встановлюється характеристика інструменту;
- коректуються оптимальні значення подач;
- розраховується оптимальна швидкість різання;
- визначається число обертів;
- коректується число обертів шпинделя по існуючому обладнанню (паспорт верстату);
- визначається значення складової сили різання P_z і крутного моменту $M_{кр}$;
- проводиться перевірочний розрахунок потужності різання і потужності двигуна приводу головного руху.

У зв'язку зі зміною в технологічному процесі змінюються й і режими різання. Отже зведемо усі обчислені для проектного технологічного процесу режими різання в таблицю 2.8 (Додаток В2).

2.8 Технічне нормування розробленого технологічного процесу

Під технічним нормуванням часу розуміють час, необхідний для виконання даного об'єму робіт при визначених організаційно-технічних умовах і найбільш ефективному використанні всіх засобів виробництва і передового досвіду.

Норма штучного часу визначається:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{об} + T_{одм}; \quad (2.11)$$

де T_o – основний час, хв.;

T_δ – допоміжний час, хв.;

$T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{одт}$ – час на відпочинок і особисті потреби, хв.;

$$T_\delta = T_{вст} + T_{закр} + T_{уп} + T_{вим}; \quad (2.12)$$

де $T_{вст}$ – час на встановлення деталі, хв.;

$T_{закр}$ – час на закріплення і відкріплення деталі, хв.;

$T_{уп}$ – час на прийоми управління, хв.;

$T_{вим}$ – час на вимірювання, хв.;

Розрахунок норм часу виконують у такій послідовності: на основі розрахункових розмірів визначають основний (машинний) час T_o для кожного переходу, встановлюють комплекс допоміжних дій та обчислюють допоміжний час T_δ з урахуванням суміщених переходів і перекриття елементів штучного часу. Далі за нормативами визначають час на обслуговування робочого місця, а також час на відпочинок і особисті потреби працюючих.

Верстати з ЧПК на дільниці працюють з однаковими режимами різання, і програмуються в залежності від оброблюваного матеріалу; деталі на них обробляються будь-які і в будь-якому порядку, що вирівнює умови завантаження кожного верстату.

Норма часу на обслуговування робочого місця:

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}, \quad (2.13)$$

де $T_{тех}$ – час на технічне обслуговування робочого місця;

$T_{орг}$ – час на організаційне обслуговування робочого місця.

При визначенні норм часу використовуємо нормативи.

Таблиця 2.9 – Розрахунок норм часу за операціями технологічного процесу

№ опер.	T_o , хв	T_b , хв			T_{on} , хв	$T_{об}$, хв		$T_{от}$, хв	$T_{ит}$, хв
		T_{yc}	T_{yn}	$T_{из}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$		
005	2.08	1.4	0.32	0.2	4	0.05	0.07	0.2	4.32
010	2.5	1.4	0.06	0.11	4.07	0.04	0.07	0.22	4.4
015	1.1	1.4	0.61	0.21	3.4	0.012	0.058	0.17	3.64
020	2.65	1.4	-	0.15	4.05	0.16	0.15	0.2	4.56
025	3.6	1.4	—	0.15	3.6	0.15	0.13	0.18	4.06
030	2.48	1.4	0.02	0.15	4.05	0.16	0.15	0.2	4.56
035	0.75	1.4	0.02	0.43	2.6	0.1	0.1	0.13	2.93
040	2.25	1.4	0.04	0.16	3.85	0.26	0.26	0.19	4.56

Проводимо корегування основного часу відносно такту випуску.

Таблиця 2.10 – Зведена таблиця відкорегованих технічних норм часу за операціями технологічного процесу.

№ опер.	T_o , хв	T_b , хв			$T_{оп}$, хв	$T_{об}$, хв		$T_{от}$, хв	$T_{шт}$, хв
		T_{yc}	T_{yn}	$T_{из}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$		
005	2.34	1.4	0.32	0.2	4.26	0.05	0.07	0.21	4.6
010	2.74	1.4	0.06	0.11	4.27	0.05	0.07	0.21	4.6
015	2.17	1.4	0.51	0.21	4.29	0.029	0.07	0.22	4.6
020	2.59	1.4	—	0.15	4.14	0.10	0.15	0.21	4.6
025	4.6	1.4	—	0.15	4.0	0.16	0.15	0.2	4.6
030	2.51	1.4	0.02	0.15	4.08	0.16	0.15	0.2	4.6
035	2.23	1.4	0.02	0.43	4.08	0.16	0.15	0.2	4.6
040	2.48	1.4	0.04	0.16	4.08	0.16	0.15	0.2	4.6

2.9 Визначення кількості обладнання. Побудова графіків завантаження та використання обладнання.

Обґрунтований вибір обладнання є передумовою його раціонального виконання в часі. З цією метою, поряд з іншими техніко-економічними показниками, розраховують коефіцієнти, які відображають ступінь завантаження як окремих верстатів, так і всього технологічного обладнання за розробленим техпроцесом.

Для забезпечення технологічного процесу виготовлення деталі Корпус 47.7411.1158 вибране наступне технологічне обладнання.

Операція 005 Поздовжньо-фрезерна.

Верстат поздовжньо-фрезерний мод.ГФ687СЗ.

Операція 010 Вертикально-свердлильна.

Верстат вертикально-свердлильний мод.2Н135.

Операція 015 Горизонтально-фрезерна

Верстат горизонтально-фрезерний мод.6Н82Г.

Операції 020-035 Агрегатні.

Використовуємо спеціальні агрегатні верстати. Потужність двигунів визначаємо при розрахунку режимів різання.

Операція 040 Алмазно-розточна.

Верстат алмазно-розточний горизонтальний двохсторонній чотирьохшпindelний мод.2712.

Технічна характеристика верстатного обладнання для механічного оброблення деталі наведена в Додатку В3.

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом в загальному часі роботи верстату визначаємо за формулою:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт}}, \quad (2.14)$$

Графіки використання обладнання за основним часом та завантаження обладнання зображені відповідно на рис. 2.2 та рис. 2.3.

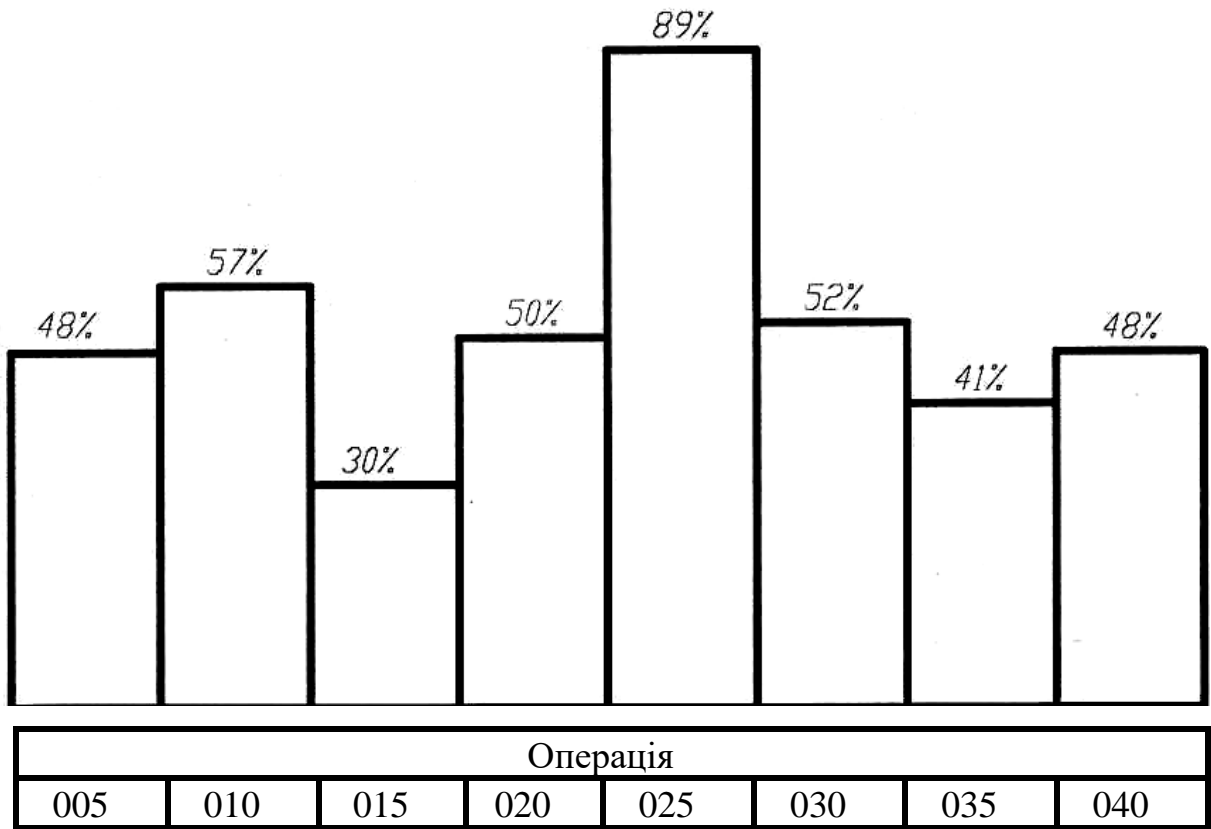


Рисунок 2.2 – Графік використання обладнання за основним часом

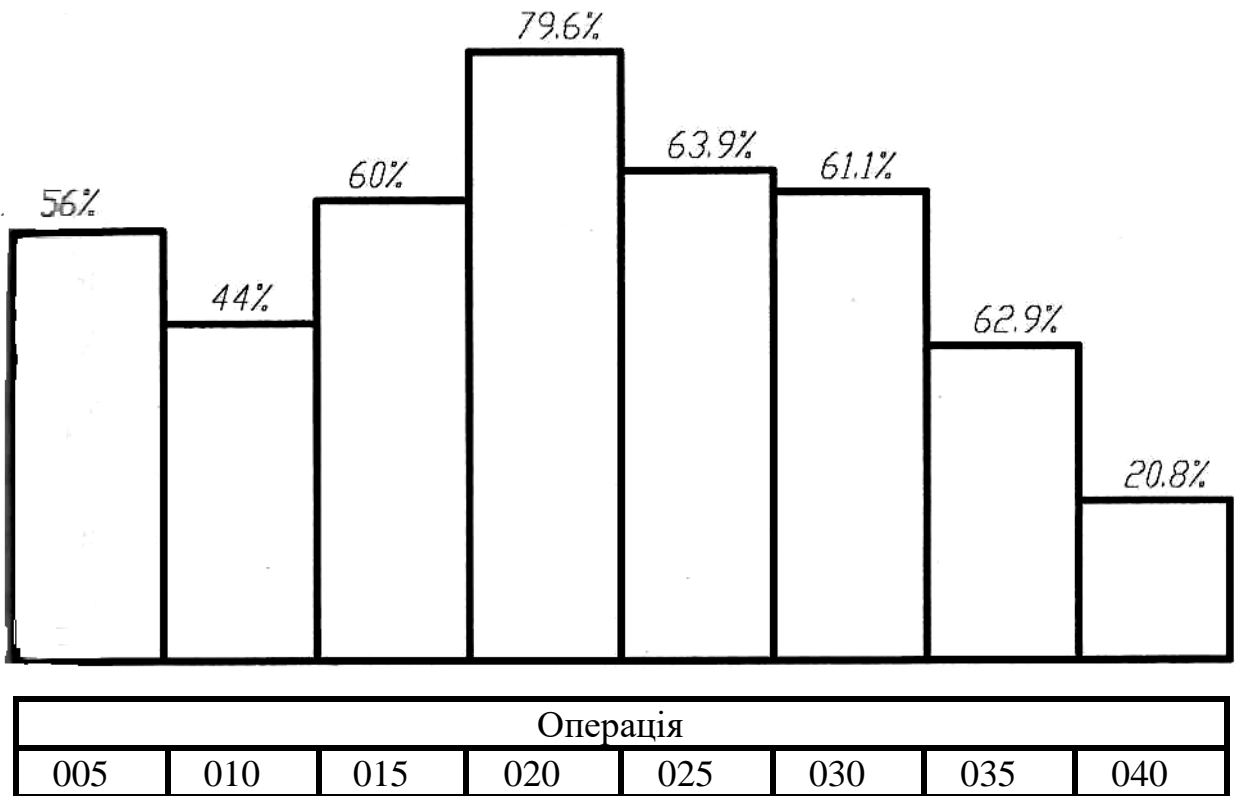


Рисунок 2.3 – Графік завантаження обладнання

2.10 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі

Для техніко-економічного обґрунтування розробленого технологічного процесу виготовлення корпусу одноступеневого редуктора 47.7411.1158 служили такі вихідні дані:

Програма випуску – 50000 шт.

Маса деталі – 30,4 кг

Маса заготовки – 31,8 кг.

Кількість змін – 2.

Встановлюємо штучно-калькуляційний час оброблення деталі за операціями для базового та проектного варіантів техпроцесу її виготовлення:

Для базового техпроцесу:

005 - Поздовжньо-фрезерна операція, $t_{ум.к.} = 6,14$ хв.

010 - Горизонтально-фрезерна операція, $t_{ум.к.} = 5,42$ хв.

015 - Радіально-свердлильна операція, $t_{ум.к.} = 5,92$ хв.

020 - Координатно-розточна операція, $t_{ум.к.} = 35,8$ хв.

025 - Радіально-свердлильна операція, $t_{ум.к.} = 12,86$ хв.

030 - Радіально-свердлильна операція, $t_{ум.к.} = 15,62$ хв.

035 - Радіально-свердлильна операція, $t_{ум.к.} = 17,24$ хв.

040 - Радіально-свердлильна операція, $t_{ум.к.} = 3,51$ хв.

Для проектного техпроцесу:

005 - Поздовжньо-фрезерна, $t_{ум.к.} = 4,6$ хв.

010 - Вертикально-свердлильна, $t_{ум.к.} = 4,6$ хв.

015 - Горизонтально-фрезерна, $t_{ум.к.} = 4,6$ хв.

020 - Агрегатна 1, $t_{ум.к.} = 4,6$ хв.

025 - Агрегатна 2, $t_{ум.к.} = 4,6$ хв.

030 - Агрегатна 3, $t_{ум.к.} = 4,6$ хв.

035 - Агрегатна 4, $t_{ум.к.} = 4,6$ хв.

040 - Алмазно-розточувальна, $t_{ум.к.} = 4,6$ хв.

Технологічна собівартість операції технологічного процесу (умовні позначення див. Додаток В5):

$$C_{то} = M_{ом} + П_m + E_m + З_{ор} + З_{ір} + B_{то} + B_{оо} + B_{пр} + B_{ін} + B_{вим} + B_{нч} + B_m + B_i \quad (2.15)$$

Технологічна собівартість виготовлення деталі:

$$C_{тод} = \sum C_{то} \quad (2.16)$$

Технологічна собівартість деталі, грн./дет.:

$$C_{тод} = M_o + \sum C_{то}, \quad (2.17)$$

де M_o – витрати на основні матеріали з відрахуваннями вартості відходів, які реалізуються.

Для операцій механічного оброблення технологічна собівартість операції,

$$C_{то} = \sum H \cdot T_n / (60 \cdot 100), \quad (2.18)$$

де T_n – норма часу на виконання операції, хв.;

$\sum H$ – сума нормативів, коп/год., в яку входять (умовні позначення див.

Додаток В5):

$$\sum H = H_{зв} + H_{зн} + H_{се} + H_{дм} + H_{пр} + H_{вим} + H_{рі} + H_{ао} + H_m, \quad (2.19)$$

Витрати на основні матеріали, грн. (умовні позначення див. Додаток В5):

$$M_o = H_{вом} \cdot K_{тз} \cdot Ц_m - B_{відх} \cdot Ц_{відх}, \quad (2.20)$$

Для базового варіанту витрати становлять:

$$M_{o_1} = 32,2 \cdot 1,1 \cdot 7 - 1,8 \cdot 0,66 = 246,75 \text{ грн.}$$

Для проєктного варіанту витрати становлять:

$$M_{o_2} = 31,8 \cdot 1,1 \cdot 7 - 1,4 \cdot 0,66 = 243,94 \text{ грн.}$$

Усі значення собівартості виготовлення деталі зводимо в табл. 2.10.

Визначаємо річну економію від зниження витрат на виготовлення деталі за формулою, грн.:

$$E_{\kappa} = (C_{m\bar{o}} - C_{mnp}) \cdot \mathcal{C}_p, \quad (2.21)$$

де $C_{m\bar{o}}$, C_{mnp} – технологічна собівартість відповідно базового і проєктного варіантів виготовлення деталі, грн.;

\mathcal{C}_p – Річна програма випуску деталей, шт.

Отже,

$$E_{\kappa} = (321,9141 - 297,710) \cdot 50000 = 1210205 \text{ грн.}$$

Таким чином річний економічний ефект від запропонованих технологічних рішень при вдосконаленні технологічного процесу виготовлення деталі становить 1210 тис. грн.

Зведені дані з визначення собівартості виготовлення деталі наведені в табл.2.10 (Додаток В4).

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір пристосувань для фрезерного оброблення

3.1.1 Вибір пристосування для фрезерного оброблення

Для операції 005 – фрезерного оброблення вибрано пристосування, яке дозволяє проводити оброблення одразу трьох плоски поверхонь корпусу.

Пристосування встановлюється на столі поздовжньо-фрезерного верстату моделі ГФ687С3. Деталь встановлюється на опори, зусилля притискування створюються за рахунок гідроциліндра, який через важелі прижимає палець 4 вставлений в отвори заготовки.

Пристосування складається з корпусу 1, опори правої 2 і лівої 9, опори відкідної 12, є система важелів, гідроциліндр, планка 13 до якої кріпляться відкідні опори.

Загальний вигляд пристрою представлено на рисунку 3.1. Складальне креслення пристосування представлено в графічній частині проєкту.

Розрахунок і вибір приводу пристосування.

Розраховуємо пристосування для операції 005.

Силовий розрахунок.

Визначаємо зусилля різання

Для операції 005: $N=3,16$ кВт, $V=185$ м/хв.

$$N = \frac{P'_z \cdot V}{102 \cdot 60}, \quad (3.1)$$

де P'_z – сила різання;

V – швидкість різання.

Тоді:

$$P'_z = \frac{102 \cdot 60 \cdot 3,16}{185} = 102,6 \text{ кгс.}$$

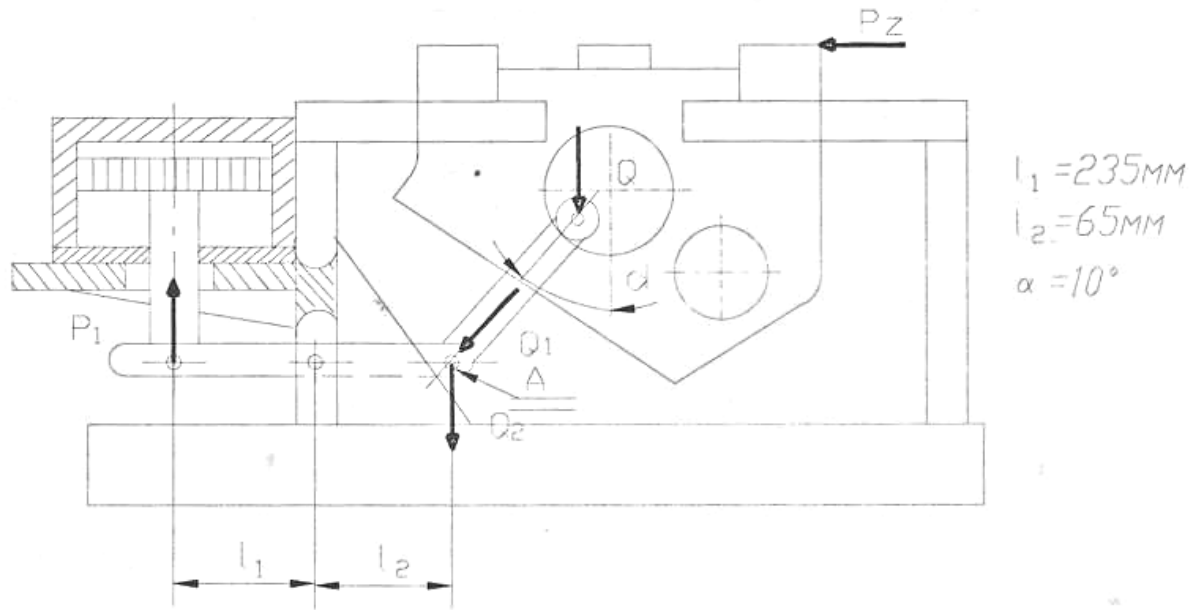


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема пристосування для фрезерування для розрахунку зусилля затиску заготовки.

На операції працює одночасно три фрези, тому

$$P'_z = 3 \cdot 102,6 = 307,8 \text{ кгс.}$$

З іншої сторони

$$P_z = Q \cdot f_{mp}, \quad (3.2)$$

де Q – зусилля зажиму;

f_{mp} – коефіцієнт тертя.

Тоді:

$$Q = \frac{307,8}{0,16} = 1924 \text{ кгс.}$$

$$Q_1 = Q / \cos \alpha; \quad Q_1 = 1924 / \cos 10^\circ = 1954 \text{ кгс.}$$

$$Q_2 = Q_1 \cdot \cos \alpha; \quad Q_2 = 1954 \cdot \cos 10^\circ = 1924 \text{ кгс.}$$

Відомо, що:

$$P_1 \cdot l_1 = Q_2 \cdot l_2. \quad (3.3)$$

Отже,

$$P_1 = \frac{1924 \cdot 65}{235} = 532 \text{ кгс.}$$

Зусилля на штоці циліндра

$$P = k \frac{P_1}{\eta}, \quad (3.4)$$

де k – коефіцієнт запасу;
 η – КПД пневмоциліндра.

Тобто:

$$P = 1,9 \frac{532}{0,8} = 1197 \text{ кгс.}$$

Визначимо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$P = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (3.5)$$

де p – тиск повітря;
 D – діаметр поршня.

Отже,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1197}{4 \cdot 3,14}} = 19,52 \text{ см} = 195,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D = 200 \text{ мм.}$

Тоді:

$$P = 4 \cdot \frac{3,14 \cdot 200^2}{4} = 1256 \text{ кгс;}$$

$$P_1 = 0,8 \cdot 1256 = 1005 \text{ кгс;}$$

$$Q_2 = \frac{1005 \cdot 235}{65} = 3633 \text{ кгс};$$

$$Q_1 = Q_2 / \cos \alpha; \quad Q_1 = 3633 / \cos 10^\circ = 3689 \text{ кгс};$$

$$Q = Q_1 / \cos \alpha; \quad Q = 3689 \cdot \cos 10^\circ = 3633 \text{ кгс}.$$

Міцністний розрахунок пристосування.

Перевіряємо вісь А.

Вона працює на зріз.

Матеріал – Сталь45 ДСТУ 7809:2015, $[\tau_{cp}] = 13,2 \text{ кгс/см}^2$.

$$\tau = Q_1 / F. \quad (3.6)$$

Отже,

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{[\tau_{cp}] \cdot \pi}}; \quad d = \sqrt{\frac{4 \cdot 3689}{13,2 \cdot 3,14}} = 18,86 \text{ мм}.$$

Приймаємо $d = 20 \text{ мм}$.

3.1.2 Вибір пристосування для оброблення свердлінням

Для операції 010 – вертикально-свердлильного оброблення вибрано пристосування, яке забезпечує високу продуктивність процесу.

Багатошпіндельна головка складається з верхнього та нижнього корпусу (поз.3, 22). Всередині розміщуються зубчасті передачі. Крутний момент передається від шпинделя верстата на ведучий шпіндель пристосування за допомогою конуса Морзе №4. При цьому колонка 2 забезпечує стійкість пристосування при дії крутного моменту. На робочий шпіндель 13 крутний момент передається від ведучого шпинделя через шестерню 10, паразитну шестерню 12 та зубчасте колесо 14. Для закріплення різального інструменту використовується конус Морзе №2.

Розрахунок пристосування.

Розраховуємо пристосування для операції 010.

З попередніх розрахунків режими різання наступні:

$$S=0,12 \text{ мм/об,}$$

$$n=250 \text{ об/хв.}$$

Передаточне відношення $Z_1/Z_3=1$, тоді фактичні режими:

$$S_{\phi}=0,12 \text{ мм/об,}$$

$$n_{\phi}=250 \text{ об/хв.}$$

За нормативними даними для свердла $\varnothing 18$:

- крутний момент $M_1=1,39 \text{ кГм}$;
- потужність різання $P_1=0,386 \text{ кВт}$.

За нормативними даними для свердла $\varnothing 17,6$:

- крутний момент $M_2= 1,32 \text{ кГм}$;
- потужність різання $P_2=0,34 \text{ кВт}$.

При одночасній роботі чотирьох свердл:

$$M_2=2 \cdot M_2 + 2 \cdot M_1=2 \cdot 1,39+2 \cdot 1,32=5,42 \text{ кГм,}$$

$$P_2=2 \cdot P_2 + 2 \cdot P_1=2 \cdot 0,386+2 \cdot 0,34=1,452 \text{ кВт.}$$

Потужність верстату 2Н135 (4кВт) забезпечує виконання даного оброблення.

Прийнята наступна конструкція багатшпіндельної головки (рис. 3.2):

1. Обертання шпінделів праве, для чого використовуються чотири паразитних колеса;
2. Відстань між вісями шпінделів дозволяє розмістити зубчасті колеса в один ярус;

$$d_1 = \sqrt{\frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot [\tau]}}; \quad (3.7)$$

Де d_1 – діаметр центрального шпинделя в см;

$[\tau]$ – допустиме напруження кручення в кгс/см²;

$M_{кр}$ – крутний момент в кгс·см.

Тоді,

$$d_1 = \sqrt{\frac{16 \cdot 5,42 \cdot 100}{3,14 \cdot 1500}} = 1,84 \text{ см.}$$

В конструкції діаметр вала прийнятий $d_1 = 25 \text{ мм.}$

Для робочих шпинделів приймаємо діаметр $d_3 = 25 \text{ мм.}$

Модуль ведучої шестерні вибираємо за допомогою довідкових даних залежно від діаметра свердла. Модуль всіх шестерень головки $m = 2,5$. Діаметр ділильної окружності найменшого зубчатого колеса робочого шпинделя прийнята конструктивно $D_1 = 95 \text{ мм.}$

Ширина зубчастих прийнята рівною

$$B = 10 \times m = 10 \times 2,5 = 25 \text{ мм.}$$

Діаметри проміжних валів приймаємо рівними діаметрам робочих шпинделів.

Підшипники підбираємо за діаметрами валів (вісей), на котрих вони встановлюються. Для забезпечення обробки діаметр паразитних коліс приймаємо рівними $D_2 = 95 \text{ мм.}$

Перевірочний розрахунок проводимо за формулою:

а) виходячи з втоми поверхневого шару металу зуба

$$m_{нов} = \sqrt[3]{\frac{i+1}{i\psi} \cdot \left(\frac{180000}{z[\sigma]_к} \right)^2 \cdot \frac{N}{n} \cdot \frac{K}{K_9}}; \quad (3.8)$$

б) виходячи з міцності зуба на згин

$$m_{узз} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{445}{z\psi y [\sigma]_u} \cdot \frac{N}{n} \cdot \frac{K_u}{K_9}} \quad (3.9)$$

В цих формулах

де z – число зубів колеса;

i – передаточне відношення (відношення числа зубів більшого колеса до числа зубів меншого колеса);

ψ – відношення ширини колеса (довжини зуба) до модуля;

$[\sigma]_к$ – допустиме напруження зминання (контактне напруження) в кгс/мм² ;

K та K_u – коефіцієнти довговічності за контактними напруженнями та напруженнями згину;

y – коефіцієнт форми зуба;

$[\sigma]_u$ – допустиме напруження згину в кгс/мм ;

K_9 – коефіцієнт швидкості.

Користуючись попередньо отриманими даними визначаємо модуль зуба для пари колесо робочого шпинделя головки – паразитне колесо.

При $i = 1$; $\psi = 10$; $z = 38$; $[\sigma]_к = 85$ кгс/мм²; $N = 1,452$ кВт;

$n = 250$ об/хв; $K = 1$; $K_9 = 0,83$; $y = 0,102$; $[\sigma]_u = 18$ кгс/мм²:

$$m_{нов} = \sqrt[3]{\frac{1+1}{1 \cdot 10} \cdot \left(\frac{180000}{38 \cdot 85}\right)^2 \cdot \frac{1,976}{250} \cdot \frac{1}{0,83}} = 1,81 \text{ мм};$$

$$m_{узз} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{445}{38 \cdot 10 \cdot 0,102 \cdot 18} \cdot \frac{1,976}{250} \cdot \frac{1}{0,83}} = 1,84 \text{ мм}.$$

Таким чином, прийнятий модуль $m = 2,5$ задовольняє вимоги за контактним напруженням та за напруженням згину.

3.2 Проектування різального інструменту.

В інструментах, що працюють за принципом ковзання між його різальною частиною та оброблюваною поверхнею, швидкість ковзання в значній мірі визначає енергетичні витрати на виконання процесу та стійкість інструмента, якість оброблюваної поверхні.

В ротаційному різанні металів використовується принцип кочення між різальною частиною інструмента, огинаючою стружкою та оброблюваною поверхнею. В ротаційному різанні відмічається значне збільшення стійкості інструмента в десятки разів, що дозволяє при збереженні періоду стійкості НА тому ж рівні збільшити допустиму швидкість різання від 2 до 10 раз.

Ротаційне різання виконується на звичайних металорізальних верстатах спеціальним ротаційним інструментом, ріжуча частина якого має форму конічної чашки та встановлена в його корпусі з можливістю обертання навколо власної геометричної осі. Неперервність вказаного обертання, котре проходить через взаємодію з оброблюваним матеріалом, забезпечується відповідним встановленням ріжучої чашки відносно оброблюваної поверхні.

Фреза складається з корпусу на якому кріпляться державки 4 за допомогою штифта 10 та гвинтів 7. На державці закріплена вісь 2, на якій знаходиться ріжуча частина.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Оцінка розробленого технологічного процесу виходячи з умов безпеки, втомлюваності та продуктивності праці

При впровадженні розробленого технологічного процесу виникають наступні шкідливі фактори:

1. Забруднення повітря виробничих приміщень отруйними газами і парами, такими як оксид вуглецю, сірководень, сірчистий газ, аміак, пари азотної кислоти, пари бензину та ін., особливо в ливарному цеху і при фарбуванні заготовки.

2. При фарбуванні заготовки виділяються пари розчинників, які у відповідних пропорціях з повітрям утворюють газоповітряну суміш;

3. Весь технологічний процес супроводжується значним шумом і вібраціями;

4. В ливарному цеху працюючі зазнають дії променевого тепла та високої температури повітря;

5. Роботи по просіюванню пиловидного кварцу і піску, обсіпання модельних блоків, вибиванні литва, очищенню литва, а також процеси різання супроводжуються виділенням пилу різного походження;

6. Існує небезпека ураження струмом при експлуатації електроустановок і електромереж;

7. При виконанні технологічного процесу за допомогою різних засобів праці можливий контакт працівника з небезпечною зоною, тобто виникає небезпека миттєвого пошкодження організму;

8. При порушенні режиму експлуатації чи міцності посудин чи установок, що працюють на стисненому повітрі, можуть виникнути вибухи.

Для усунення або зменшення дії небезпечних факторів необхідно провести наступні заходи:

- використовувати сигналізацію безпеки;

- проводити широку пропаганду знань по техніці безпеки і навчання безпечних методів праці;
- проводити перевірку стану техніки безпеки і усувати своєчасно виявлені недоліки;
- встановити огороження для ізоляції особливо небезпечних частин обладнання і механізмів, зон різання і місць відділення відлітаючих частинок від оброблюваної деталі, небезпечних по напрузі струмоведучих частин обладнання, зон високих температур і шкідливих випромінювань;
- використовувати запобіжні засоби, що автоматично спрацьовують при виході якого-небудь параметра (стиску повітря, температури, сили струму) за межі допустимих значень;
- встановити захисне заземлення і захисне відключення обладнання у випадку порушення ізоляції струмоведучих частин;
- для уникнення самовільного виключення верстату від випадкового дотику до органів керування, важелі керування повинні мати фіксатори, а електричні пускові кнопки виконуються «втопленими»;
- машини і верстати, які виділяють в процесі роботи пил і гази, оснащуються спеціальними пиле-газоприймачами приєднаними до відсмоктувальних систем і очищувальних пристроїв;
- вантажопідйомні машини повинні бути оснащені приладами безпеки і обмежувачами вантажопідйомності, обмежувачами підйому крюка, кінцевими вимикачами, звуковою сигналізацією;
- для зниження втомлюваності органів зору і підвищення загального тону організму робітників, застосовувати сигнальні кольори покриття елементів обладнання, естетичний вплив гармонії кольорів і архітектурних форм, відповідне освітлення, що підвищить безпеку роботи;
- для зменшення виділення пилу в процесі обробки чавунної заготовки, її попередньо фарбують;
- проводити максимальну герметизацію апаратури і обладнання;

- проводити систематичне прибирання робочих місць і приміщень вологим способом;
- забезпечення робітників спецодягом, респіраторами, окулярами;
- забезпечення робітників комплексом санітарно-побутових приміщень;
- професійний підбір осіб для роботи на ділянці; проводити попередні і періодичні їх медичні огляди;
- проводити заходи по забезпеченню нормальних метеорологічних умов праці.

Провівши запропоновані заходи можна вважати умови праці на ділянці задовільними.

4.2 Розрахунок аварійного освітлення виробничого приміщення

Освітлення виробничих приміщень – важливий захід гігієни та охорони праці і підвищення її тривалості.

У виробничих приміщеннях застосовують два види освітлення: природне і штучне (у різний час доби).

Численні дослідження показали, що поліпшення умов освітленості підвищує працездатність очей, знижує втомлюваність робітників, знижує травматизм і випадки браку. Недостатня освітленість і неправильне спрямування світла можуть привести до нещасних випадків.

На промислових підприємствах практикуються дві системи штучного освітлення: робоче і спеціальне.

Робоче освітлення забезпечує освітленість робочих поверхонь та допоміжних площ виробничого приміщення. Сюди належить загальне, локалізоване, місцеве, комбіноване і ремонтне освітлення.

До спеціального освітлення входить: чергове, сигналізаційне, аварійне і освітлення безпеки.

Черговим освітленням користуються у нічний час для прибирання, охорони приміщень і здійснюється воно частиною світильників, які забезпечують робоче освітлення.

Сигнальне освітлення обладнується у проходах між небезпечним устаткуванням і на сходах.

Аварійне освітлення передбачається на випадок виходу з ладу загального освітлення у приміщеннях і цехах, де обов'язкове дотримання безперервності виробничого процесу, а також для безпечної евакуації людей при вимкненні нормального освітлення. Для продовження роботи аварійне освітлення повинно забезпечувати освітленість робочих поверхонь не менш як на 10% від норм робочого освітлення. Для евакуації людей аварійне освітлення облаштовують у виробничих приміщеннях, де мимовільні дії у темряві можуть спричинити вибух, пожежу, травмування, отруєння, тощо.

Аварійне освітлення забезпечується не менш як двома джерелами живлення з автоматичним перемиканням з одного на інше.

Світильники аварійного освітлення за типом, розмірами і кольором повинні відрізнятися від світильників робочого освітлення. Живити їх найкраще від стартерних акумуляторних батарей.

Оскільки при вимкненні робочого освітлення продовження роботи на проєктованій ділянці недопустиме через можливість отримання травм і збільшення кількості браку, то проведемо розрахунок аварійного освітлення для евакуації людей.

Аварійне освітлення для евакуації людей повинно створювати по лінії проходів освітленість не менше 0,3 лк.

Визначимо необхідну потужність ламп аварійного освітлення. Прийmemo, що світильники підключені до освітлювальної мережі з наругою 127 В, розміщені по кутам квадрата із стороною 10 м висоту підвісу світильників $H = 6$ м. Коефіцієнт запасу освітлюваності установки приймаємо $K = 1,3$, а впливом інших віддалених світильників знехтуємо.

Розрахунок ведемо точковим методом:

1. Визначаємо тангенс кута падіння світлового променя від світильника в розрахункову точку А (див. рис. 4.1).

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{H} = \frac{\sqrt{\left(\frac{10}{2}\right)^2 + \left(\frac{10}{2}\right)^2}}{6} = 1,18; \quad (8.1)$$

2. По обрахованому тангенсу визначаємо кут α і $\cos^3 \alpha$:

$$\alpha = 49,7^\circ; \quad \cos^3 \alpha = 0,27.$$

3. По кривій світла знаходимо силу світла, що випромінюється під кутом $49,7$ світильником «Універсаль», вона складає 167 св.

4. Фактична сила світла світильника визначається за формулою (сумарна сила світла 4-х світильників):

$$\sum T_\alpha = \frac{E_e \cdot H^3 \cdot K}{l \cdot \cos^3 a} = \frac{0,3 \cdot 6^3 \cdot 1,3}{7 \cdot 0,27} = 44,6 \text{ св}; \quad (4.2)$$

де E_e – горизонтальна освітленість проходів.

Необхідний світловий потік ламп:

$$\sum F_\lambda = \frac{1000 \cdot \sum I_\kappa}{I_\alpha} = \frac{1000 \cdot 44,6}{167} = 267 \text{ лм}; \quad (4.3)$$

де 1000 – світловий потік умовної лампи, лм;

I_α – сила світла умовної лампи, св..

Світловий потік кожної лампи:

$$F_\alpha = \frac{\sum F_\lambda}{4} = \frac{267}{4} = 66,75 \text{ лм}; \quad (4.4)$$

Згідно визначеного світлового потоку лампи вибираємо освітлювальну лампу розжарювання потужністю 15 Вт.

Місце при цих джерелах:

$$E_{эф} = \frac{F_l \cdot 4}{K \cdot 1000} = \frac{124 \cdot 4}{1,3 \cdot 1000} = 0,38 \text{ лк.} \quad (4.5)$$

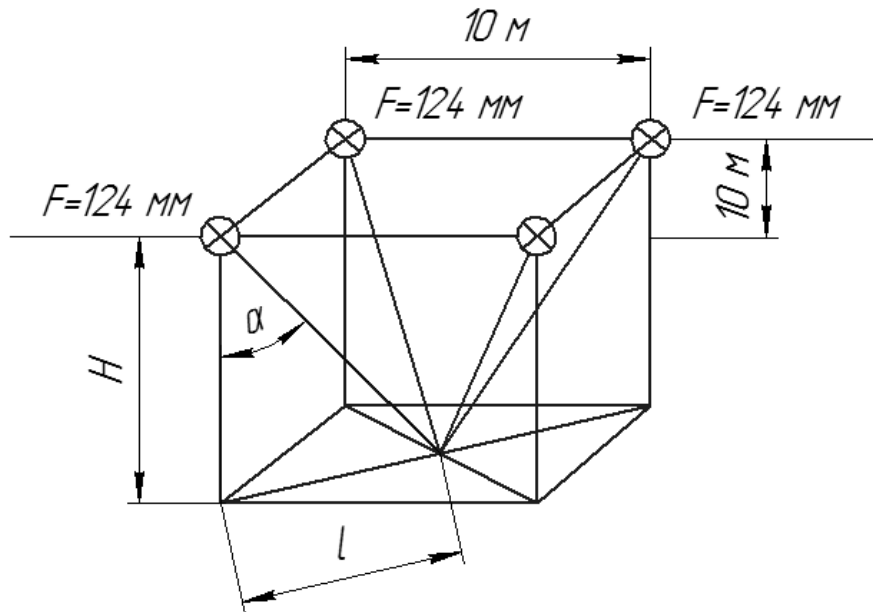


Рисунок 4.1 – Схема для визначення освітленості приміщення

4.3 Заходи протипожежної профілактики при експлуатації електроустановок

Несправність, перевантаження електроустановок є однією з основних причин пожеж в машинобудуванні.

Аналіз пожеж, що виникають в результаті несправності електроустановок, приводить до висновку, що найбільш частими причинами аварій і пожеж є короткі замикання, перевантаження, великі перехідні опори, електричні іскри та дуги. Крім того, причиною пожежі можуть бути розряди статичної атмосферної електрики.

Коротке замикання виникає в результаті порушення ізоляції дротів мережі, попадання на них вологи, роз'їдаючих ізоляцію речовин, неправильного монтажу електромережі та по інших причинах. Струми коротких замикань сучасних потужних електричних системах можуть сягати десятків і сотень тисяч

ампер. При короткому замиканні утворюється велика кількість тепла, в результаті чого температура проводів швидко зростає і викликає загоряння ізоляції.

З метою виключення пожежі вибухів від коротких замикань необхідно своєчасно попереджувати причини, що їх викликають. Найбільш дієвим є правильний підбір і монтаж, а також правильна експлуатація мереж, машин і приладів у відповідності з ПУЄ і ПТЄЄПП та дотримання правил і строків випробувань ізоляції мереж і машин, профілактичних оглядів та ремонту електроустановок. Великий ефект досягається застосуванням швидкодіючого релейного захисту, вимикачів і плавки запобіжників. Апарати захисту вибирають в залежності від параметрів, призначення та умов експлуатації електроустановок.

Перевантаження проводів в мережі виникає тоді, коли по них проходить струм, сила якого вища за розрахункову (допустиму) величину. При цьому відбувається перехід електричної енергії в теплову. Перевантаження усувають правильним вибором січень провідників, виключенням можливості під'єднання податкових споживачів до мережі, якщо вона на це не розрахована, а також періодичною перевіркою температури машин і апаратів.

Ефективним засобом захисту електроустановок від струмів перевантаження є захист їх плавкими запобіжниками чи автоматичними вимикачами з тепловим і максимальним захистом (теплові електромагнітні розмикачі).

Перехідні опори обумовлені сильним звуженням шляху протікання струму при переході його з одного контакту на інший через площадки дійсного їх дотикання для збільшення площадок дійсного дотикання контактів використовують пружні контакти або спеціальні пружини.

Для відводу тепла від місць дотикання та розсіювання, його контакти виготовляють з певною масою і поверхнею охолодження. Для зменшення впливу окислення на перехідний опір контактів необхідно слідкувати за тим, щоб розмикання і замикання супроводжувалось тертям, так як при цьому тонка плівка оксиду руйнується і видаляється. Місця з'єднання проводів зварюють або припаюють. Все це сприяє зменшенню переходів опорів.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі здійснено техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки. Обрана заготовка є більш економічна з точки зору використання матеріалу, порівняно дешева і вимагає меншого механічного оброблення.

Визначено тип виробництва – середньосерійний. На основі нової конструкції заготовки вдосконалено технологічний процес виготовлення даної деталі

Такі результати досягаються за рахунок змін, внесених в технологічний процес виготовлення деталі. Так, базовий технологічний процес забезпечував якісне виготовлення деталі, проте не використовував нового обладнання та оснащення. На даний час широко використовується спеціальний інструмент, агрегатні верстати та верстати з ЧПК, що дозволяє застосувати більш інтенсивні режими механічного оброблення, які використані в новому техпроцесі.

Для забезпечення економічнішого процесу виготовлення деталі використовують агрегатні верстати. Для кінцевого чистового оброблення отворів застосовуємо алмазне розточування. Широко використовується спеціальний інструмент. При цьому відбулася концентрація операцій та покращення якості продукції.

Було проведений економічний аналіз базового та проектного технологічного процесу, який показав що економічний ефект від впровадження нового техпроцесу, порівняно з базовим, становить 210 тис. грн. При цьому витрати на обладнання збільшились, але відбулося зменшення витрат на експлуатацію площ та зменшення часу оброблення деталі.

Також передбачені заходи з безпеки життєдіяльності та основ охорони праці у виробничих умовах.

Розроблено комплект технологічної документації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світ, 1996. 368 с.
2. Добрянський С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 379 с.
3. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно–конструкторські розрахунки пристосувань : навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ ім. І. Пулюя, 2001. 277 с.
4. Дичковський М. Г. Спеціальна технологічна оснастка. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 243 с.
5. Дичковський М. Г., Радик М. Д. Розрахунок точності пристосувань. Тернопіль: ТНТУ, 2015. 28 с.
6. Дячун А. Є., Капаціла Ю. Б., Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
7. Желібо Є. П. Зацарний В. В. Безпека життєдіяльності : підручник. Київ : Каравела, 2009. 280 с.
8. Захаркін О. У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та сучасні Т-системи для їх реалізації): навчальний посібник./ О. У. Захаркін. Суми : Вид-во СумДУ, 2011. 137 с.
9. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.
10. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом : Навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ ім. І. Пулюя, 2003. 81 с.

11. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : Навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

12. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.

13. Практикум з охорони праці [Текст] / Під ред. В. Ц. Жидецького. Львів : Афіша, 2000. 350 с.

14. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навч. посіб. К. : Вища школа, 1993. 414 с.