

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення корпуса
редуктора 4014П-4618012 приводу гідронасосів

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МП-41
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Левкович М.М.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник

(підпис)

Радик Д.Л.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Дячун А.Є.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Окіпний І.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

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

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Левковичу Михайлу Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення корпусу редуктора 4014П-4618012 приводу гідронасосів

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 21 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи креслення деталі, річна програма випуску N=30000, технічні умови на виготовлення корпусу 4014П-4618012

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

1 Загально-технічна частина. 2 Технологічна частина. 3 Конструкторська частина.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Заготовка – А2; Технологічні налагодження – 3 А2; Пристрій поворотний

фрезерний – 1 А1; Пристрій для фрезерування поверхні під кришку – 2 А1;

Контрольний пристрій – А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання 21.01.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічна частина	01.02.2026	
2	Технологічна частина	15.02.2026	
3	Конструкторська частина	08.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	15.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	20.06.2026	

Студент

(підпис)

Левкович Михайло Михайлович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Радик Дмитро Леонідович

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва.	
Аналіз технічних вимог на виріб	7
1.2 Аналіз технічних вимог на виріб та пропозиції щодо їх зміни	8
1.3 Аналіз базового технологічного процесу	10
1.4 Характеристика проєктного варіанту технологічного процесу	14
1.5 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва	18
2.2 Вибір методу одержання заготовки	23
2.3 Вибір технологічних баз	26
2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення	29
2.5 Встановлення контрольних, допоміжних і транспортних операцій	39
2.6 Нормування технологічного процесу, уточнення типу виробництва	44
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	46
3.1 Пристрій для фрезерування поверхні	46
3.1.1 Розроблення та вибір раціональної схеми компоновки пристрою	47
3.1.2 Розрахунок пристрою на точність	48
3.1.3 Розрахунок зусилля кріплення та параметрів силового приводу	49
3.1.4 Опис конструкції та роботи пристрою	50
3.2 Пристрій поворотній фрезерний, для фрезерування встановлюючих лап	51
3.3 Кондуктор швидкодіючий поворотний для операції 055	52
3.4 Розрахунки спеціального різального інструменту	53
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	56
4.1 Загальна характеристика умов праці на ділянці механічної обробки	56
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	57
4.3 Заходи з охорони праці, електро- та пожежної безпеки	58
4.4 Розрахунок штучного освітлення робочого місця оператора верстата	59
ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	62

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота виконана на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення корпусу редуктора 4014П-4618012 приводу гідронасосів», виконаної студентом Левковичем М.Г. групи МП-41 ТНТУ. Керівник роботи – к.т.н., доц. Радик Д.Л..

Пояснювальна записка містить 63 аркуші формату А4, графічну частину та додатки.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, серійне виробництво, режими різання, технологічні бази, фрезерний пристрій, кондуктор, пневматичний привід, спеціальний інструмент, охорона праці.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання розроблення та вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі машинобудівного призначення в умовах серійного виробництва. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення продуктивності та точності обробки, зменшення трудомісткості виготовлення деталей і раціонального використання технологічного обладнання.

У загально-технічній частині наведено службове призначення деталі, проаналізовано її конструктивні особливості та технічні вимоги, виконано аналіз базового технологічного процесу та обґрунтовано напрями його вдосконалення.

У технологічній частині обґрунтовано тип і організаційну форму виробництва, вибрано метод одержання заготовки та технологічні бази. Розроблено технологічні процеси, виконано розрахунок режимів різання, здійснено вибір обладнання, інструменту й оснащення, визначено контрольні, допоміжні та транспортні операції, а також виконано нормування технологічного процесу.

У конструкторській частині розроблено спеціальні пристрої для операцій, виконано розрахунки точності, зусиль кріплення та параметрів силового приводу, а також спеціального різального інструменту.

У розділі з безпеки життєдіяльності проаналізовано умови праці на ділянці механічної обробки, визначено небезпечні та шкідливі виробничі фактори, розроблено заходи з охорони праці та виконано розрахунок штучного освітлення робочого місця оператора верстата.

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку машинобудування особливої актуальності набуває прискорення науково-технічного прогресу за рахунок широкого впровадження автоматизованого обладнання, агрегатних верстатів і гнучких виробничих систем. Зростання складності конструкцій машин, підвищення вимог до точності, якості оброблених поверхонь і надійності вузлів зумовлюють необхідність постійного вдосконалення технологічних процесів механічної обробки деталей.

У виробництві значне поширення отримали агрегатні верстати, робота яких базується на принципі концентрації технологічних операцій. Таке обладнання формується з уніфікованих силових головок, поворотних столів, барабанів та інших стандартних вузлів, що забезпечує можливість багатосторонньої обробки деталей за одну установку з використанням різних ріжучих інструментів. Це дозволяє суттєво зменшити основний час обробки, скоротити допоміжні переходи та підвищити стабільність якості виготовлення виробів.

Важливим фактором підвищення продуктивності є рівень автоматизації верстатних пристроїв, що особливо актуально під час виготовлення корпусних деталей, зокрема корпусів редукторів приводу гідронасосів. Такі деталі характеризуються значними габаритами, складною геометрією та високими вимогами до взаємного розташування отворів і посадочних поверхонь.

Подальший розвиток технологій механічної обробки пов'язаний із застосуванням ріжучих інструментів із сучасних інструментальних матеріалів, розширенням використання обладнання з ЧПК, упровадженням роботизованих виробничих комплексів і гнучких автоматизованих систем з комп'ютерним керуванням. Реалізація цих напрямів дозволяє підвищити ефективність технологічних процесів, зменшити трудомісткість і забезпечити стабільну якість виготовлення корпусів редукторів у сучасних умовах виробництва.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва.

Аналіз технічних вимог на виріб

Об'єктом виробництва є вузол «Редуктор приводу з гідронасосами», який призначений для передавання крутного моменту від карданного вала двигуна автотранспорту до гідронасосів вантажопідіймального механізму та гідропідсилювача рульового керування. Редуктор забезпечує узгоджену роботу гідросистеми машини та стабільну подачу робочої рідини до споживачів.

До складу вузла «Редуктор приводу гідронасосів 4014П-4618009» входять такі основні деталі та агрегати: гідронасос вантажопідіймального механізму, гідронасос гідропідсилювача керма, редуктор гідроприводу, корпус редуктора, циліндричні косозубі шестерні з числом зубців $z = 56$ та $z = 34$, первинний і вторинний вали.

Деталь 4014П-4618012 призначена для розміщення та фіксації елементів редуктора приводу, а також для приєднання гідронасосів. Редуктор є одноступеневим і працює з циліндричними косозубими зубчастими колесами, передавальне відношення становить $U = 1,65$. Корпус кріпиться до рами автотранспорту, а до його торцевих поверхонь приєднуються гідронасоси.

Конструкція корпусу включає систему площин, отворів і внутрішніх порожнин. Внутрішня поверхня корпусу механічній обробці не підлягає; після лиття передбачається її очищення та нанесення захисного покриття. Для встановлення редуктора на рамі автотранспорту передбачені монтажні лапи, жорсткість яких забезпечується ребрами жорсткості.

У монтажних лапах виконані чотири кріпильні отвори діаметром 13 мм для болтового з'єднання корпусу з рамою машини. Площина під встановлення кришки редуктора призначена для герметичного з'єднання з використанням ущільнювача; у ній виконано шість різьбових отворів під гвинти М8 – 6Н.

Отвори під підшипникові гнізда призначені для встановлення підшипників кочення. Вони виконані діаметром 90 мм з полем допуску Н7,

що забезпечує необхідну посадку. Для полегшення монтажу підшипників передбачені фаски, а також кільцеві канавки під стопорні кільця. Торцеві поверхні підшипникових гнізд використовуються для кріплення кришок підшипників і приєднання гідронасосів.

На торцевих поверхнях виконані різьбові отвори для закріплення кришок підшипників гвинтами М8 – 6Н, при цьому точність взаємного розташування регламентується розміром $85 \pm 0,2$ мм. Окремо передбачені отвори М10 – 6Н для кріплення насоса гідропідсилювача керма та М12 – 6Н для встановлення насоса вантажопідіймального механізму.

Внутрішня порожнина корпусу використовується як масляна ванна. Для обслуговування редуктора передбачені три наскрізні отвори з конічною різьбою: під установа віддушини, зливної та контрольної пробки. Заправка масла здійснюється через отвір віддушини до рівня контрольної пробки, а злив відпрацьованого масла – через зливну пробку. На отворах виконані фаски для забезпечення герметичності з'єднань.

Особливо важливим є дотримання заданого розміру між базовими поверхнями корпусу, оскільки від його точності залежить правильне взаємне розташування валів і нормальна робота зубчастої передачі редуктора.

1.2 Аналіз технічних вимог на виріб та пропозиції щодо їх зміни

Аналіз відповідності технічних вимог службовому призначенню деталі показує, що наведені на кресленні вимоги в цілому забезпечують працездатність корпусу редуктора та відповідають умовам його експлуатації. Разом із тим виникає необхідність уточнення, перегрупування та доповнення окремих положень з метою приведення їх у відповідність до сучасних вимог оформлення та технологічної доцільності.

На кресленні деталі шорсткість поверхонь R_a подана з відповідними числовими значеннями для кожної функціональної поверхні. Значення параметрів шорсткості призначаються з урахуванням призначення поверхонь, способу їх обробки та вимог до точності.

Монтажні лапи корпусу обробляються з точністю одинадцятого квалітету, при цьому для них призначається шорсткість $Ra = 6,5$ мкм, що забезпечує надійне встановлення редуктора на рамі машини. Кріпильні отвори діаметром 13 мм отримуються свердлінням з точністю дванадцятого квалітету та шорсткістю $Ra = 12,5$ мкм. Два з цих отворів використовуються як базові, тому підлягають додатковій механічній обробці та виконуються з підвищеною точністю і шорсткістю $Ra = 2,5$ мкм.

Отвори під підшипникові гнізда виготовляються з підвищеними вимогами до точності та якості поверхні, для них призначається шорсткість $Ra = 6,3$ мкм. Аналогічне значення шорсткості встановлюється для торців підшипникових гнізд, оскільки вони впливають на осьове положення валів і правильність роботи підшипників. Площина під установа кришки редуктора отримується фрезеруванням і також має шорсткість $Ra = 6,3$ мкм, що забезпечує герметичність з'єднання з ущільнювальним елементом.

Усі кріпильні отвори з метричною різьбою виконуються з однаковими вимогами до точності та якості поверхні. До них належать отвори для кріплення кришки редуктора, кришок підшипників, насоса гідропідсилювача керування та насоса вантажопідіймального механізму. Для різьбових поверхонь призначається шорсткість $Ra = 6,3$ мкм, яка досягається обробкою мітчиком. Отвори з конічною дюймовою різьбою, призначені для встановлення віддушини та пробок, виконуються зі шорсткістю $Ra = 3,2$ мкм. Для фасок, що виконують допоміжну та монтажну функцію, встановлюється шорсткість $Ra = 12,5$ мкм.

До технічних вимог доцільно додати положення щодо граничних відхилень розмірів, не зазначених безпосередньо на кресленні. Для таких розмірів пропонується приймати відхилення за чотирнадцятим квалітетом точності. Вимоги до паралельності осей, перпендикулярності торців підшипникових гнізд до осей посадочних отворів, а також до циліндричності отворів сформульовані коректно і не потребують змін або доповнень.

Допуски на ливарні розміри корпусу встановлені таким чином, що забезпечують необхідну точність геометрії заготовки та достатні припуски на

подальшу механічну обробку. Прийнятий рівень точності виливки дозволяє отримати заготовку, яка відповідає вимогам серійного виробництва корпусних деталей.

Матеріалом деталі є сірий чавун марки СЧ18 – 36, який має феритно-перлітну структуру. Його хімічний склад та мех. властивості матеріалу наведені в таблиці 1.1, 1.2 і відповідають вимогам, що висуваються до корпусів редукторів.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад СЧ18 – 36

$C_i \%$	$S_i \%$	$M_n \%$	$S_1 \%$	$P_1 \%$
3,2 ÷ 3,6	2,1 ÷ 2,4	0,5 ÷ 0,6	≤ 0,15	≤ 0,65

Таблиця 1.2 – Механічні властивості СЧ18 – 36

$\sigma_{роз}, МПа$	$\sigma_{ст}, МПа$	$\sigma_{зг}, МПа$	$\tau_{кр}, МПа$	ВН	$\delta, \%$
≥ 180	≈ 700	≥ 360	≈ 240	163 – 224	0,2 ÷ 0,5

Інші технічні вимоги, наведені на кресленні, сформульовані послідовно та повністю забезпечують функціональне призначення деталі, тому не потребують змін або доповнень.

1.3 Аналіз базового технологічного процесу

Базовий ТП корпуса редуктора розроблений для умов серійного виробництва та передбачає виконання комплексу операцій механічної обробки на універсальному та спеціалізованому обладнанні. Послідовність операцій оброблення корпуса редуктора наведена в таблиці 1.3.

Проведений аналіз показує, що існуючий технологічний процес не є повністю придатним для використання в умовах крупносерійного виробництва. Основним недоліком є наявність окремих операцій, зокрема 010, 040 та 045, які потребують частого налагодження обладнання, заміни ріжучого інструменту та переналагодження пристроїв. Такі дії призводять до збільшення допоміжного часу та зниження стабільності технологічного процесу, що є небажаним у

багатосерійному виробництві, де обробка повинна виконуватися на попередньо налагоджених робочих позиціях.

Разом з тим у базовому процесі вдало реалізовано низку агрегатних операцій, зокрема операції 025, 030 та 035. На цих операціях застосовується комбінований та багатошпиндельний інструмент, що забезпечує одночасну обробку кількох отворів із зняттям фасок, а також багатосторонню обробку корпусу. Зокрема, в операції 035 кріпильні отвори обробляються одночасно з трьох сторін, що істотно скорочує основний час і підвищує продуктивність.

Елементи багатінструментальної обробки також використані в операції 010, де застосовується чотиришпиндельна свердлильна головка для обробки отворів діаметром 13 мм. В операції 020 на поздовжньо-фрезерному верстаті встановлено чотири фрези, які попарно виконують обробку торцевих поверхонь, що дозволяє зменшити кількість установок.

Для базування та закріплення під час обробки застосовані спеціально спроектовані пристрої. На першій операції використовується фрезерний поворотний пристрій, який дає змогу обробляти деталь без повторного перевстановлення. На операції 040 застосований поворотний кондуктор, що забезпечує поворот деталі на 180° для продовження обробки з протилежного боку без порушення базування. На агрегатних операціях використовуються спеціальні пристрої, змонтовані безпосередньо на столах верстатів, а в операції 025 застосований двопозиційний поворотний упор.

Контроль параметрів оброблених поверхонь здійснюється виконавцями операцій, а після завершення механічної обробки передбачена окрема контрольна операція. Для контролю використовуються нутроміри, штангенциркулі, гладкі та різбові калібри-пробки. Для перевірки непаралельності осей, а також неперпендикулярності торців підшипникових гнізд до осей посадочних отворів застосовується спеціально розроблений контрольний пристрій.

Нарізання різьб у заводських умовах здійснюється на вертикально-свердлильних верстатах, переобладнаних під різьбарізні операції. Такий підхід не забезпечує максимальної продуктивності та стабільної якості різьб.

Доцільним є використання спеціалізованих різенарізних напівавтоматів, що дозволило б підвищити точність виконання різбових отворів і зменшити трудомісткість.

Таблиця 1.3 – Заводський маршрут виготовлення

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Обладнання, верстатом
005	Вертикально – фрезерна 1. Фрезерувати установчу п-ню витримуючи розмір $15 \pm 0,1$ мм. 2. Фрезерувати установчу п-ню витримуючи розмір $15 \pm 0,1$ мм.	Вертикально - фрезерний 6М13П
010	Радіально – свердлильна 1. Свердлити 4отв. d13мм. 2. Зенкерувати 2отв. d13мм. 3. Розвернути 2отв. d13H7 мм.	Радіально - свердлильна 2Н55
015	Горизонтально – фрезерна 1. Фрез. поверхню під кришку витримуючи розмір $20 \pm 0,12$ мм і кут 15°	Горизонтально – фрезерна 6Р83
020	Поздовжньо-фрезерна 1. Фрезерувати одночасно торці T_1 і T_4 в розмір $106,5_{-0,22}$ мм і торці T_2 і T_3 в розмір $130_{0,25}$ мм	Поздовжньо – Фрезерна ГФ1899
025	Агрегатно-розточна 1. Розточити 4отв. $d88^{+0,5}$ мм з двох сторін начорно на прохід одночасно знімаючи фаски $2 \times 45^\circ$. 2. Розточити 2 канавки в двох отворах до d93,5мм. 1. Розточити 4отв.з 2-х сторін начисто до $d89,5^{+0,5}$.	Агрегатно – розточна 8А729
030	Горизонтально - розточна 1. Розточити 4отв. d90H7 тонко на прохід.	Горизонтально – розточна 8А730
035	Агрегатно – свердлильна 1. Свердл. 4отв. $d10,2^{+0,17}$ мм і 4отв. $d6,7^{+0,17}$ мм одночасно.	Агрегатно – свердлильна 8А731

	2. Свердлити 4отв. $d8,43^{+0,2}$ мм і 4отв. $d6,7^{+0,17}$ мм одночасно. 3. Свердлити 6отв. $d6,7^{+0,17}$ мм одночасно.	
040	Радіально – свердлильна 1. Свердл. отвір $d22,9$ на прохід. 2. Розвернути отв.$d23,66$мм. 3. Зенкерувати фаску $2 \times 45^\circ$. 4. Нарізати різь $K \ 3/4"$. 5. Свердлити отв. $d10,7$ мм на прохід. 6. Розвернути отв.до $d11,31$ мм. 7. Зенкерувати фаску $2 \times 45^\circ$. 8. Нарізати різь $K \ 1/4"$.	Радіально – свердлильний 2Н55
045	1. Радіально - свердлильна 2. Свердлити отв. $d8,6$мм. 3. Зняти фаску $1,5 \times 45^\circ$. нарізати різь $K \ 1/8"$.	Радіально – свердлильний 2Н55
050	Вертикально-свердлильна 1. Зняти фаски $1,5 \times 45^\circ$ в 16отв.	Вертикально – свердлильна 2Н118
055	Вертикально-свердлильна 1. Зняти фаски $1,5 \times 45^\circ$ в 6 отв.на площині під кришку.	Вертикально – свердлильна 2Н118
060	Різенарізна 1. Сформув. різь М12-Н6 в 4отв.на пов. T_3.	2А-55
065	Різенарізна 1. Сформув. різь М10-Н6 в 4отв.на пов. T_2.	2А-55
070	Різенарізна 1. Нарізати різь М8-Н6 в 4отв.на пов. T_1. 2. Нарізати різь М8-Н6 в 4отв.на пов. T_4.	2А-55
075	Різенарізна 1. Нарізати різь М8-Н6 в 6 отв.на пов. під кришку.	2А-55

Для мех. обробки корпусу редуктора, виготовленого із сірого чавуну СЧ18 – 36, застосовуються ріжучі інструменти з твердосплавними пластинами та інструменти зі швидкорізальних сталей. Торцеві фрези, свердла, різці та розточні головки оснащені твердим сплавом, що забезпечує можливість роботи

на підвищених режимах різання та підвищує продуктивність процесу. Свердла, зенківки, зенкери та мітчики виготовлені зі швидкорізальних сталей. Механічна обробка виконується із застосуванням змащувально-охолоджувальних рідин, що сприяє зменшенню зносу інструменту та покращенню якості поверхонь.

Для кріплення інструменту використовуються стандартні втулки, оправки та швидкозмінні патрони, а для спрямування свердел – кондукторні втулки.

Таким чином, для адаптації наявного технологічного процесу до умов крупносерійного виробництва необхідно модернізувати радіально-свердлильні та різенарізні операції, замінивши їх на більш продуктивні спеціалізовані рішення. Водночас запропоновані фрезерні та агрегатні операції є доцільними та можуть ефективно застосовуватися у великосерійному виробництві.

1.4 Характеристика проєктного варіанту технологічного процесу

Проєктний варіант ТП виготовлення редуктора 4014П-4618012 розроблений з урахуванням умов крупносерійного виробництва та усунення недоліків базового процесу. Основною метою проєктування є підвищення продуктивності, зменшення допоміжного часу, стабілізація якості виготовлення та зниження трудомісткості операцій.

Проєктний технологічний процес передбачає максимальну концентрацію переходів і широке застосування агрегатних та багатоінструментальних операцій. Обробка основних базових і приєднувальних поверхонь виконується за мінімальної кількості установок деталі, що дозволяє зменшити похибки базування та покращити взаємне розташування поверхонь.

Радіально-свердлильні та малопродуктивні різенарізні операції, характерні для базового процесу, у проєктному варіанті замінено на обробку на спеціалізованих багатошпиндельних і різенарізних напівавтоматах. Це забезпечує виконання свердління, зенкування та нарізання різи за одну установку без переналагодження верстатів, що є принципово важливим для умов крупносерійного виробництва.

Для механічної обробки застосовуються сучасні ріжучі інструменти, оснащені твердими сплавами типу ВК8, а також інструменти зі швидкорізальних

сталей у допоміжних операціях. Обрані режими різання є прогресивними та забезпечують високу продуктивність за умови стабільної якості поверхонь. У процесі обробки використовуються змащувально-охолоджувальні рідини, що сприяє зниженню зносу інструменту та підвищенню його ресурсу.

Закріплення та базування корпусу редуктора в проєктному процесі здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв із пневматичними приводами. Конструкція пристроїв забезпечує швидке встановлення деталі, жорстку фіксацію та можливість повороту без перевстановлення. Це призводить до скорочення допоміжного часу і дозволяє підвищити повторюваність результатів обробки.

Контроль геометричних параметрів інтегрований у технологічний процес і виконується на місцях, та під час заключної контрольної операції. Для контролю застосовуються універсальні та спеціальні засоби вимірювання, що забезпечують оперативне виявлення відхилень і запобігають накопиченню браку в серії.

Таблиця 1.4 – Порівняльна характеристика базового та проєктного ТП виготовлення корпусу 4014П-4618012

Показник	Базовий ТП	Проєктний ТП
Тип виробництва	Дрібносерійне або серійне	Крупносерійне
Загальна структура процесу	Послідовне виконання універсальних операцій	Оптимізована структура з укрупненням операцій
Використовуване обладнання	Універсальні верстати (токарні, фрезерні, радіально-свердлильні)	Фрезерні верстати з ЧПК, агрегатні та спеціалізовані верстати
Свердлильні операції	Виконуються на радіально-свердлильних верстатах	Замінені на фрезерно-свердлильні або агрегатні операції
Нарізання різьб	Окремі різенарізні операції	Суміщене з обробкою отворів на одному встановленні

Базування заготовки	Переважно змінне, з повторним установленням	Базування по основних технологічних базах
Оснащення	Стандартні пристрої загального призначення	Спеціальні та універсально-збірні пристрої
Використання кондукторів	Обмежене або відсутнє	Застосування кондукторних втулок для свердління
Інструмент	Стандартний різальний інструмент	Стандартний та спец. швидкозмінний інструмент
Точність обробки	Забезпечується за рахунок кваліфікації оператора	Забезпечується технологічно та конструкцією оснащення
Трудомісткість	Підвищена	Знижена (укрупнення операцій)
Тривалість циклу	Значна	Скорочена
Продуктивність	Обмежена	Підвищена
Рівень механізації	Середній	Високий
Економічна ефективність	Прийнятна для малих обсягів	Вища при великих обсягах випуску
Відповідність сучасним вимогам	Часткова	Повна

У порівнянні з базовим варіантом, проєктний технологічний процес характеризується меншою кількістю операцій, скороченням тривалості циклу виготовлення та зниженням трудомісткості. Запропоновані технічні рішення забезпечують можливість стабільної роботи в умовах крупносерійного виробництва та відповідають сучасним вимогам машинобудування.

1.5 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є вдосконалення існуючого ТП виготовлення деталі. У межах роботи передбачається аналіз базового ТП та розроблення проєктного варіанта, що відповідає сьогodenнім вимогам серійного та крупносерійного виробництва.

Для досягнення поставленої мети виконується вибір раціонального способу отримання заготовки, визначення технологічних баз та формування оптимального маршруту виготовлення з врахуванням продуктивності, точності обробки та економічної доцільності.

Для обраного маршруту здійснюється розрахунок припусків на механічну обробку і міжопераційних розмірів, а також проєктування заготовки. У процесі виконання роботи вирішуються основні інженерні задачі, зокрема вибір різального та контрольно-вимірювального інструменту, розрахунок режимів різання і норм часу на виконання операцій.

Важливим етапом є обґрунтований вибір технологічного обладнання та організація його ефективного використання за потужністю і фондом робочого часу. З метою підвищення точності та продуктивності обробки в роботі передбачається розроблення спеціальних верстатних і контрольних пристроїв.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є технологічна документація на виготовлення деталі «Корпус 4014П-4618012», а також креслення спеціальних верстатних і контрольних пристроїв зі специфікаціями та карти налагодження технологічних операцій.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

Вихідними даними для виконання подальших розрахунків є задана річна програма випуску деталей, яка становить $N = 30\,000$ шт., а також прийнятий двозмінний режим роботи дільниці мех. обробки. При роботі на дільниці в дві зміни дійсний річний фонд часу роботи обладнання становить 4015 год.

Такт випуску визначається:

$$\tau = \frac{60Fg}{N} = \frac{60 \cdot 4015}{30000} = 8,03 \text{ хв.}; \quad (2.1)$$

Розроблення попереднього варіанту маршруту обробки деталі та його наближене нормування з врахуванням виробництва «велико-серійне».

Норму штучного часу який необхідний для виконання певної операції:

$$T_{шт} = \phi_k \cdot T_0 \quad (2.2)$$

Наведемо приклад наближеного нормування вертикально – фрезерної операції 005.

Вона має два аналогічні переходи, отже вираз для визначення T_0 :

$$T_0 = T_1 + T_2 = \frac{2 \cdot L}{S_{кв}} = \frac{2 \cdot 290}{315} = 1,84 \text{ хв.} \quad (2.3)$$

$T_{шт}$ для вертикально-фрезерного верстату, при $\phi_k = 1,51$:

$$T_{шт} = 1,51 \cdot 1,84 = 2,78 \text{ хв.}$$

Для решти операцій ТП проведемо ланки аналогічних розрахунків, результати яких подано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Нормування технологічного маршруту обробки

№ операції	Зміст операції та її переходів	T_0 , хв	ϕ_k	$T_{шт}$ хв.
005	Вертикально – фрезерна 1. Фрезерувати установчу поверхню лапи з обох сторін.	$T_0 = T_1 + T_2 = 1,84$ $T_1 = l/S = 0,92$ $T_1 = T_2 = 0,92$	1,51	2,78

010	Радіально-свердлильна 1. Свердлити 4 отв. 2. Зенкерувати 2 отв. 3. Розвернути 2 отв. d13H7.	$T_0 = T_1 + T_2 + T_3 = 1,17$ $T_1 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{31}{368 \cdot 0,09} = 0,94$ $T_2 = 0,16, T_3 = 0,07$	1,41	1,65
015	Поздовжньо - фрезерна 1. Фрезерувати поверхні торців $T_1 T_2 i T_3 T_4$.	$T_0 = T_1 = 2,94$ $T_1 = \frac{L}{S} = \frac{470}{160} = 2,94$	1,51	4,44
020	Горизонтально - фрезерна 1. Фрезерувати поверхню під кришку.	$T_0 = T_1 = 2,94$ $T_1 = \frac{L}{S} = \frac{470}{160} = 2,94$	1,51	4,44
025	Агрегатно – розточна 1. Розточити 4 отв. начорно знімаючи фаску. 2. Розточити канавки. 3. Розточити 4 отв. начисто знімаючи фаску.	$T_0 = 4,56$ $T_1 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{57}{0,45 \cdot 80} = 1,58$ $T_2 = \frac{2L}{n \cdot S} = 1,2$ $T_3 = 1,78$	-	4,56
030	Горизонтально – розточна 1. Розточити 4 отв. d 90H7.	$T_0 = T_1 = 2,28$ $T_1 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{57}{0,1 \cdot 250} = 2,28$	-	2,28
035	Агрегатно – свердлильна 1. Сверлити 4 отв. d10,2 і 4 отв. d 6,7 одночасно. 2. Свердлити 4 отв. d 8,4 і 4 отв. d 6,7 одночасно. 3. Свердлити 6 отв. d6,7 одноч.	$T_1 = \frac{40}{0,09 \cdot 350} = 1,26$ $T_2 = \frac{25}{0,08 \cdot 455} = 0,69$ $T_3 = \frac{25}{0,08 \cdot 540} = 0,58$ $T_0 = 1,26$	1,41	1,78
040	Радіально-свердлильна 1. Сверлити отв. d 22,9 мм. 2. Розвернути отв. 3. Зенкерувати отв. 4. Нарізати різь $\frac{3}{4}$ ". 5. Свердлити отв. d10,7 мм.	$T_0 = \Sigma T_i = 1,86$ $T_1 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{26}{0,4 \cdot 300} = 0,22$ $T_2 = \frac{16}{0,395} = 0,56$ $T_3 = 0,56; T_4 = 0,104$ $T_5 = \frac{24}{0,3 \cdot 375} = 0,22$	1,41	2,62

	6. Розвернути отв. 7. Зенкерувати фаску. 8.нарізати різь $K \frac{1}{4}"$	$T_6 = \frac{15}{0,3 \cdot 95} = 0,53$ $T_7 = 0,06; T_8 = 0,104$		
045	Радіально-свердлильна 1. Свердлити отв. $d8,6$ мм. 2. Зенкувати фаску. 3. Нарізати різь $K \frac{1}{8}"$	$T_0 = 0,29$ $T_1 = \frac{17}{0,315 \cdot 500} = 0,11$ $T_2 = 0,05, T_3 = 0,13$	1,41	0,41
050	Вертикально-свердлильна 1. Зняти фаски в 16 отв.на торцях.	$T_0 = 0,64$ $T_1 = \frac{16L}{nS_0} = \frac{16 \cdot 2}{0,25 \cdot 320} = 0,64$	1,3	0,83
055	Вертикально - свердлильна 1. Зняти фаски в 6 отв. на поверхні під кришку.	$T_0 = 0,24$ $T_0 = \frac{2 \cdot 6}{0,25 \cdot 325} = 0,24$	1,3	0,31
060	Різенарізна 1. Нарізати різь М12-6Н в 4отв. на торці T_3	$T_0 = 0,55$ $T_0 = \frac{L + L_{всм}}{n \cdot P} \cdot 4 = 0,55$	1,3	0,72
065	Різенарізна 1. Нарізати різь М10-6Н в 4отв. на торці T_2	$T_0 = T_1 = 0,5$ $T_1 = 4 \cdot \frac{L \cdot L_{всм}}{n \cdot P} = \frac{4 \cdot 18}{235 \cdot 1}$	1,3	0,65
070	Різенарізна 1.Нарізати різь М8-6Н в 4отв. на торці T_1 . 2. Нарізати різь в 4отв. на торці T_4 .	$T_0 = T_1 \cdot T_0 = 0,84$ $T_1 = 4 \cdot \frac{L \cdot L_{всм}}{n \cdot P} = \frac{4 \cdot 18}{235 \cdot 1} = 0,42$ $T_2 = 0,42$	1,3	1,1
075	Різенарізна 1. Нарізати різь М8-6Н в 6 отв. на площині під кришку	$T_0 = T_1 = 0,7$ $T_1 = 6 \cdot \frac{L \cdot L_{всм}}{n \cdot P} = \frac{6 \cdot 18}{235 \cdot 1} = 0,7$	1,3	0,91

Необхідно визначити кількість одиниць технологічного обладнання m_ϕ , фактичний коеф. завантаження обладнання η_ϕ , кількість операцій Q закріплених за одним робочим місцем.

В першу чергу встановлюємо значення нормативного коефіцієнту завантаження η_i ($\eta_i = 0,75 \dots 0,8$). Приймаємо $\eta_i = 0,8$. Кількість одиниць m_p технологічного обладнання:

$$m_p = T_{um} / \tau : \quad (2.4)$$

Як приклад виконаємо розрахунки для вертикально-фрезерної операції 005:

$$m_p = 2,78 / 8,03 = 0,346.$$

Заокруглюючи m_p до більшого цілого числа отримаємо фактичну кількість верстатів на даній операції, отже $m_\phi = 1$.

Дійсний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_\phi = m_p / m_\phi = 0,346 / 1 = 0,346.; \quad (2.5)$$

При низькому значенні η_ϕ необхідно провести довантаження робочого місця. Довантаження досягається шляхом виконання на робочому місці однотипних операцій обробки. Кількість операцій обробки що можуть бути виконані на одному місці:

$$Q = \eta_n / \eta_\phi = 0,8 / 0,346 = 2,3 \approx 2. \quad (2.6)$$

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку коефіцієнта закріплення операції

№ операції	Назва операції	Норма часу Тшт. хв.	m_p	m_ϕ		η_ϕ		Q
				попередня	кінцева	попередня	кінцева	
005	Вертикально-фрезерна	2,78	0,346	1	1	0,346	0,346	2
010	Радіально-свердлильна	1,65	0,205	1	1	0,205	0,205	3

015	Горизонтально-фрезерна	4,44	0,553	1	1	0,553	0,553	1
020	Поздовжньо-фрезерна	2,72	0,339	1	1	0,339	0,339	2
025	Агрегатно-розточна	4,56	0,508	1	1	0,508	0,508	1
030	Горизонтально-розточна	2,28	0,284	1	1	0,284	0,284	2
035	Агрегатно-свердлильна	1,78	0,222	1	1	0,222	0,222	3
040	Радіально-свердлильна	2,62	0,326	1	1	0,326	0,326	1
045	Радіально-свердлильна	0,41	0,051	1	1	0,051	0,377	2
050	Вертикально-свердлильна	0,83	0,103	1	1	0,103	0,103	1
055	Вертикально-свердлильна	0,31	0,039	1	1	0,039	0,142	5
060	Різенарізна	0,72	0,089	1	1	0,089	0,420	1
065	Різенарізна	0,65	0,081	1	1	0,081		1
070	Різенарізна	1,1	0,137	1	1	0,137		1
075	Різенарізна	0,91	0,113	1	1	0,113		1

Загальна кількість робочих місць κ_{pm} :

$$\kappa_{pm} = \sum_{i=1}^n m_{\phi i} ; \quad \kappa_0 = \sum_{i=1}^n = 0. \quad (2.7)$$

$$\kappa_{з.о.} = \kappa_o / \kappa_{pm} = 25/10 = 2,5. \quad (2.8)$$

Значення $\kappa_{з.о.} = 2,5$. потрапляє в інтервал значень, що відповідають велико-серійному виробництву.

Середня норма часу, що витрачається на обробку:

$$T_{сер} = \frac{\sum T_{um}}{n_{oo}} = \frac{27,76}{15} = 1,9 \text{ хв.} \quad (2.9)$$

Середнє число робочих місць R_m , які припадають на одну операцію:

$$R_m = T_{сер} / \tau = 1,9 / 8,03 = 0,23. \quad (2.10)$$

Попередньо розраховуємо розміри партії запуску.

Добове значення:

$$П_0 = N / D = 30000 / 254 = 119 \text{ дет.} \quad (2.11)$$

$$П_o = D \cdot a = 119 \cdot 3 = 357 \text{ дет.} \quad (2.12)$$

Зміни $З_o$, необхідних для обробки партії деталей:

$$З_o = T_{сер} \cdot П_o / Fe \cdot \eta_n = 1,9 \cdot 357 / 476 \cdot 0,8 \approx 2. : \quad (2.13)$$

Фактична кількість деталей в партії $П_\phi$:

$$П_\phi = Fe \cdot \eta_n \cdot З_\phi / T_{сер} = 476 \cdot 0,8 - 2 / 1,9 = 400,8 \text{ дет.}$$

Приймаємо: $П_\phi = 401 \text{ дет.}$

2.2 Вибір методу одержання заготовки

Заготовки для деталей типу «корпус» у машинобудуванні переважно отримують методом литва. Для виготовлення корпусу редуктора необхідно обрати такий спосіб отримання заготовки, який забезпечує достатню точність геометричних розмірів, прийнятну якість поверхонь і мінімальну собівартість виготовлення.

Корпус редуктора має відносно просту геометричну форму та не висуває підвищених вимог до якості литих поверхонь, оскільки більшість функціональних поверхонь підлягає подальшій механічній обробці. Тому для отримання заготовки доцільно розглядати литво в піщані або піщано-глинисті форми.

Литво в піщані форми є одним із найбільш поширених і економічно доцільних способів виготовлення заготовок корпусних деталей. Даний метод відрізняється простотою технології, універсальністю та невеликою вартістю

оснащення. Точність розмірів виливок, отриманих таким способом, є відносно невисокою, що зумовлює необхідність призначення збільшених припусків на механічну обробку. Це призводить до підвищення маси заготовки та зростання обсягу знімання металу. Разом із тим недоліки цього способу частково компенсуються можливістю механізації та прискорення виготовлення форм, зокрема за рахунок застосування пневматичного ущільнення та механізованого оброблення формувальних сумішей.

Шорсткість поверхонь після литва в піщані форми є досить значною, однак для корпусу редуктора це не є критичним, оскільки всі відповідальні поверхні обробляються різанням. Саме тому даний спосіб широко застосовується в серійному та крупносерійному виробництві корпусних деталей.

Литво в піщано-глинисті форми також може бути використане для виготовлення заготовок корпусів. За рівнем вартості цей метод є близьким до литва в піщані форми, проте характеризується необхідністю призначення більших припусків на механічну обробку, що призводить до збільшення витрат матеріалу та часу на подальшу обробку.

Вибір конкретного способу литва визначається, перш за все, економічною доцільністю та вимогами до заготовки. Для умов крупносерійного виробництва корпусу редуктора доцільним є застосування литва в піщані або піщано-глинисті форми як найбільш простого та економічно обґрунтованого способу отримання заготовки.

Вартість заготовки, отриманої литвом у земельні та піщано-глинисті форми, може бути визначена за узагальненою розрахунковою залежністю, яка враховує масу виливки, витрати матеріалу, складність форми та умови виготовлення:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{Ci}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_B \cdot K_m \cdot K_n \right) - (Q - g) \frac{S_{\text{від}}}{1000} \quad (2.14)$$

Для литва в піщані форми коефіцієнти приймають наступні значення.

$$K_m = 1, \quad K_c = 0,7, \quad K_B = 0,8, \quad K_m = 1, \quad K_n = 0,76.$$

Для литва в глино земельні форми коефіцієнти будуть такими:

$$K_m = 1, K_c = 0,7, K_B = 0,8, K_{\text{м}} = 1, K_n = 0,76.$$

Вартість тони заготовок і тони відходів беремо за умовними значеннями.

$$S_{\text{від}} = 6000 \text{ грн.}$$

$C_i = 23000,00 \text{ грн.}$ – для відливок отриманих литвом в піщані;

$C_i = 23000,00 \text{ грн.}$ – в глино земельні форми.

Маса деталі незалежно від способу литва, буде незмінною:

$$g = 17,35 \text{ кг.}$$

Маси заготовок отримані двома способами будуть відрізнятися.

Маса заготовки отриманої литвом в піщані форми:

$$Q = 22,7 \text{ кг.}$$

Маса заготовки отриманої литвом в глиняні форми:

$$Q = 25,1 \text{ кг.}$$

Згідно формули проведемо розрахунки вартості заготовок:

– для заготовки отриманої литвом у піщані форми:

$$S_{\text{заг.п.}} = \left(\frac{23000}{1000} \cdot 22,7 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,76 \right) - (22,7 - 17,35) \frac{35,7}{1000} = 222,00 \text{ грн.}$$

– для заготовки отриманої литвом у глиняні форми:

$$S_{\text{заг.г.}} = \left(\frac{23000}{1000} \cdot 25,1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,76 \right) - (25,1 - 17,35) \frac{35,7}{1000} = 246,00 \text{ грн.}$$

Економія при піщаному литві:

$$246 - 222 = 24 \text{ грн на одній заготовці.}$$

Дешевший є метод литва в піщані форми за рахунок економії металу.

Отримана цим методом заготовка на 24,00 грн дешевша.

Ефект використання цього методу:

$$E = (S_{\text{заг.г.}} - S_{\text{заг.п.}}) N = (246 - 222) \cdot 30000 = 72000,00 \text{ грн.}$$

2.3 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз є одним із найвідповідальніших етапів розроблення ТП обробки деталі. Правильне рішення, прийняте на цьому етапі технологічного проєктування, значною мірою визначає можливість досягнення заданої точності деталі під час її виготовлення.

Розглянемо два варіанти базування заготовки на чорнових операціях. В обох варіантах передбачається обробка першої чистової бази — поверхні встановлювальних лап корпуса редуктора. Водночас ці варіанти відрізняються величиною нерівномірності припуску, що виникає в отворах під підшипникові гнізда.

Порівняння варіантів виконаємо за критерієм нерівномірності розподілу припуску в зазначених отворах.

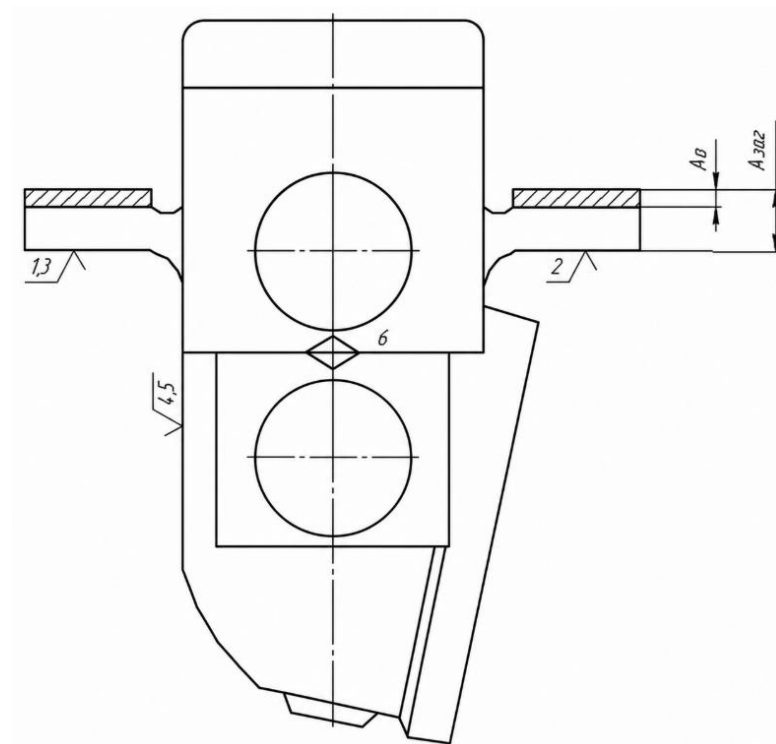


Рисунок 2.1 – Перший комплект чорнових баз

Перший варіант чорнових технологічних баз включає такі елементи. Установчою базою є необроблені поверхні встановлювальних лап корпуса з номерами 1, 2 і 3. Напрямною базою слугують поверхні стінок, позначені номерами 4 і 5. Опорною базою є торцева поверхня з номером 6.

Другий варіант чорнових технологічних баз має іншу схему базування. Подвійною напрямною базою в цьому випадку є необроблені отвори діаметром 90 мм з номерами 1, 2, 3 і 4. Опорні бази утворюють дві поверхні, позначені номерами 5 і 6.

Нерівномірність припуску проявляється під час розточування отворів діаметром 90 мм. Її можна визначити як окрему ланку розмірного ланцюга. Величину нерівномірності припуску позначимо відповідним параметром. Це значення є відносним і характеризує всі отвори заготовки та всі обертання розточувальної оправки, що показано на рисунку.

Після оброблення чистових баз на перших операціях заготовку встановлюють відповідно до прийнятої схеми базування. Далі виконують розточування отворів під підшипники.

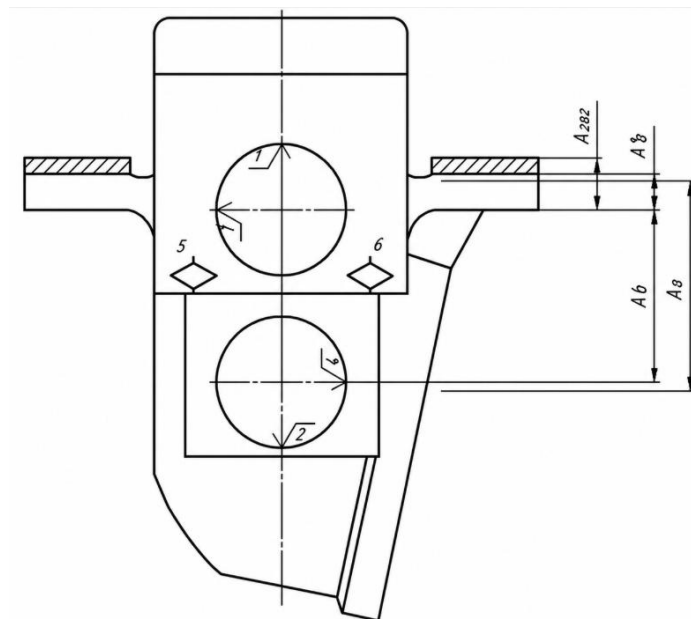


Рисунок 2.2 – Другий комплект чорнових технологічних баз.

Розмірний ланцюг для цієї схеми базування:

$$A_{\Delta} = A_1 - A_0 \quad (2.15)$$

Величину нерівномірності припуску можна визначити як:

$$\Delta = TA_1 + TA_0. \quad (2.16)$$

Для першого випадку базування: поверхня лапи фрезерується від необробленої поверхні лапи чорновим фрезеруванням, яке забезпечує 12-й квалітет точності, отже витримується розмір $15 \pm 0,1$ мм тобто $TA_0 = 0,2$ мм.

Для другого варіанту також витримується розмір по 12-му квалітету $15 \pm 0,1$ мм, але слід враховувати допуск на розмір міжцентрової віддалі подвійної напрямної бази, який становить $\pm 0,09$ мм (розмір $115 \pm 0,09$ мм) отже:

$$TA_0 = 0,2 + 0,18.$$

Нерівномірність припуску для першого варіанту базування:

$$\Delta_1 = 0,05 + 0,2 = 0,25 \text{ мм.}$$

Нерівномірність припуску для другого варіанту базування:

$$\Delta_2 = 0,05 + 0,2 + 0,18 = 0,43 \text{ мм.}$$

З величини нерівномірності припуску слід вибрати перший варіант базування, так як $\Delta_1 < \Delta_2$.

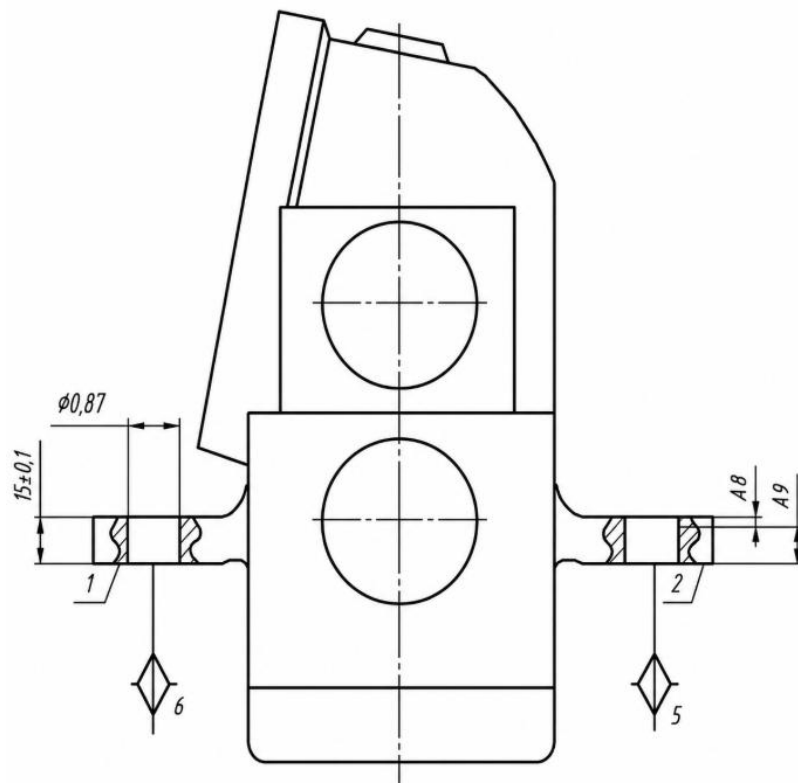


Рисунок 2.3 – Комплект чистових технологічних баз.

Як чистові технологічні бази використовують такі поверхні та елементи. Установчою базою є поверхні встановлювальних лап корпусу з номерами 1, 2 і 3. Подвійною опорною базою слугує циліндричний палець діаметром 13 мм з полем допуску $f7$, позначений номерами 4 і 5. Опорною базою є зрізаний палець з номером 6.

Похибка базування в горизонтальній площині виникає внаслідок наявності зазору між діаметрами установчих отворів і мінімальними діаметрами установчих пальців. Таким чином, похибка базування дорівнює максимальному зазору в посадці типу «отвір – палець».

Максимальний зазор визначається.

$$S_{\max} = TD + Td + S_{\min}. \quad (2.17)$$

$$S_{\max} = 0,015 + 0,015 + 0,013 = 0,043 \text{ мм.}$$

Похибка базування на розмір $15 \pm 0,1$ мм дорівнює нулю, це досягається поєднанням технологічної бази з всемірною.

2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення

Визначення режимів проведемо аналітичним і табличним методами. Після визначення основних параметрів різання, за значенням ефективної потужності різання обирається модель металорізального верстата.

Розрахунок режимів різання виконуємо для горизонтально-фрезерної операції, на якій здійснюється фрезерування площини під кришку корпусу редуктора. Оброблюваним матеріалом є сірий чавун СЧ18-36. Інструмент – фреза торцева з різальною частиною, оснащеною твердим сплавом ВК8.

Для фрезерування сірого чавуну твердосплавними торцевими фрезами рекомендується застосовувати підвищені швидкості різання, що забезпечує зростання продуктивності та стабільну якість обробленої поверхні.

Передній кут $\gamma = 20^\circ$; задній $\alpha = 15^\circ$; $\phi = 15^\circ$; $\phi_1 = 10^\circ$; $\lambda = 5^\circ$; $Z = 24$; $D_\phi = 225$ мм.

Згідно з прийнятим технологічним процесом фрезерування площини під кришку корпусу редуктора виконується за один прохід торцевої фрези. За один

прохід забезпечується досягнення заданого розміру та необхідної шорсткості обробленої поверхні. Тому глибина різання приймається рівною величині припуску на механічну обробку. Таким чином, глибина різання для даної операції становить $t = 2,4$ мм. Прийняте значення глибини різання відповідає можливостям застосованого твердосплавного інструменту, забезпечує стабільність процесу різання та дозволяє отримати необхідну якість поверхні при раціональних режимах обробки.

Подача на руб: $S_z = 0,16 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$.

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D_\phi^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v. \quad (2.18)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_\phi, \quad (2.19)$$

Вертикально-свердлильна де $K_{mv} = \left(\frac{90}{HB}\right)^{n_v} = \left(\frac{190}{180}\right)^{1,25} = 1,1$;

$n_v = 1,25$; HB = 180.

Отже,

Вертикально-свердлильна $K_v = 1,1 \cdot 0,85 \cdot 0,83 \cdot 1 = 0,75$;

Шв. різання буде:

Вертикально-свердлильна $V = \frac{1000}{\Pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 90,23}{3,14 \cdot 225} = 127,6 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Вертикально-свердлильна Сила різання:

$$P_z = \frac{10 C_P \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^g \cdot n^w} K_{mp}, \quad (2.20)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{180}{190}\right)^{0,4} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 2,4^{0,9} \cdot 0,16^{0,74} \cdot 210^{1,0} \cdot 24}{225^{1,0} \cdot 127,6^\circ} = 6140 \text{ Н}.$$

Ефективна потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.21)$$

$$N_e = \frac{6140 \cdot 90,23}{1020 \cdot 60} = 8,05 \text{ кВт.}$$

Потужність приводу:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_e}{\eta} \quad (2.22)$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{8,05}{0,75} = 10,73 \text{ кВт.}$$

Вибираємо горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Р83. розміри столу: $L = 1600\text{мм}$; $B = 400\text{мм}$; 1600 об/хв . Повздовжня подача столу $25 - 1250 \text{ мм/хв}$. Потужність приводу 11кВт .

$$S_{\text{квм}} = S_z \cdot Z \cdot n_{\text{ун}}, \quad (2.23)$$

$$S_{\text{квм}} = 0,16 \cdot 24 \cdot 127,6 = 490 \text{ мм/хв}$$

Найбільша частота обертання шпинделя 126 об/хв .

$$V = \frac{\pi \cdot D_\phi \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 225 \cdot 126}{1000} = 89 \text{ м/хв}.$$

Свердлити 4 отв. (2 отв. $d 12,8 \text{ мм}$ і 2 отв. $d 13,8 \text{ мм}$) інструмент – свердло $d12,8$ і $d13\text{мм}$, матеріал свердла Р6М5, позначення 2301-0502.

Глибина різання $t = \frac{D}{2} = \frac{13}{2} = 6,5 \text{ мм}$, подача $S = 0,35 \text{ мм/об}$, стійкість свердла $T=60\text{хв}$.

Швидкість різання при свердлінні:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T_1^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.24)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv}.$$

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{180} \right)^{1,3} 1,1.$$

$$K_{nv}=1, K_{lv}=1, K_v = 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,1, C_v = 17,7.$$

$$\text{Показники: } g = 0,25; y = 0,40; m = 0,125;$$

$$V = \frac{17,1 \cdot 12,8^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,35^{0,4}} \cdot 1,1 = 32,5 \text{ м/хв}.$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\Pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 32,5}{3,14 \cdot 12,8} 807,1 \text{ хв}^{-1};$$

Крутний момент:

$$M_{kp} = 10 C_m \cdot D^\phi \cdot S^y \cdot K_p. \quad (2.25)$$

$$K_p = K_{mp}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{180}{190} \right)^{0,6} = 0,97.$$

$$C_m = 0,021.$$

$$\text{Показники: } y = 0,8; g = 2,0.$$

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,021 \cdot 12,8^{2,0} \cdot 0,35^{0,8} \cdot 0,97 = 14,41 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Ефективна потужність:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} \quad (2.26)$$

$$N_e = \frac{14,41 \cdot 807,1}{9750} = 1,2 \text{ кВт}.$$

Так як, обробляється одночасно 4 отв., потужність приводу:

$$N_{\partial\partial} = \frac{4N_e}{\eta} = \frac{4 \cdot 1,2}{0,75} = 6,4 \text{ кВт}.$$

Вибираємо верстат мод. 2Н150 з параметрами: $N_{\partial\partial}$ – 765 кВт, стіл 500×560 .

Прийняті режими:

$$S = 0,3 \text{ мм/об}; n = 800 \text{ хв.}$$

Дійсна шв. різання:

$$V = \frac{\pi \cdot Dn}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12,8 \cdot 800}{1000} = 32,15 \text{ м/хв.}$$

Прийнята подача і частота обертання менші за прийняті.

Розточування чистове $d_{88^{+0,5}}$ мм;

Інструмент – різець розточний для прямого закріплення з кутом $\varphi = 60^\circ$ з пластинами з твердого сплаву: $H = 12 \text{ мм}; I = 12; l = 50 \text{ мм.}$

Глибина різання: $t = 2,5 \text{ мм.}$

Подача: $S = 0,14 \text{ мм/об.}$

Стійкість інструменту: $T = 45 \text{ хв.}$

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v.$$

де $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$,

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{nv} = \left(\frac{190}{180} \right)^{1,25} = 1,1, \quad K_{nv} = 0,83, \quad K_{uv} = 1, \quad K_v = 1,1 \cdot 1 \cdot 0,83 = 0,9, \quad C_v = 292.$$

Показники: $x = 0,15, y = 0,20, m = 0,20.$

$$V = \frac{292}{45^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,14^{0,2}} \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 142,7.$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 142,7}{3,14 \cdot 88} = 516,2 \text{ хв}^{-1}.$$

Сила різання:

$$P_z = 10 C_p t^x \cdot S^y \cdot V_n \cdot K_p,$$

де $K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p}$,

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{180}{190} \right)^{0,4} = 0,98, \quad K_{\phi} = 0,94, \quad K_{\gamma p} = 1, \quad K_{\lambda p} = 1, \quad K_{\tau p} = 1,$$

$$K_p = 0,98 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,92, \quad l_p = 92.$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,5^{1,0} \cdot 0,14^{0,75} \cdot 142,7^0 0,92 = 484,3 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{484,3 \cdot 142,7}{1020 \cdot 60} = 1,13 \text{ кВт.}$$

Для виконання даної операції приймаємо агрегатно-розточний верстат моделі 8А729, оснащений шістьма шпинделями та поворотним столом. Застосування такого верстата дозволяє здійснювати багатошпиндельну обробку з високою продуктивністю та стабільною точністю, що є доцільним для умов крупносерійного виробництва. Номінальна потужність силових бабок верстата становить 10 кВт, що забезпечує виконання фрезерної операції без перевантаження приводу.

Режими різання для даної операції приймаємо виходячи з технічних можливостей верстата та рекомендацій для обробки сірого чавуну твердосплавним інструментом.

Прийняті режими різання забезпечують ефективне фрезерування площини під кришку корпусу редуктора за один прохід, відповідають умовам безперервної роботи агрегатного обладнання та вимогам продуктивності ТП.

$$S = 0,15 \text{ мм/об; } n = 500 \text{ хв}^{-1}.$$

$$V = \frac{\pi \cdot Dn}{1000} = \frac{3,14 \cdot 88 \cdot 50}{1000} = 138,2 \text{ м/хв.}$$

Режими для решти поверхонь корпусу редуктора визначаємо табличним методом на основі рекомендацій для обробки сірого чавуну твердосплавним та швидкорізальним інструментом. При виборі режимів враховуються вид обробки, конструктивні особливості поверхонь, вимоги до точності та шорсткості, а також технічні можливості застосованого обладнання.

Отримані значення узагальнюємо та систематизуємо. Результати розрахунків для всіх поверхонь, що залишилися, зведено в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Режими різання на обробку деталі «Корпус редуктора 4014П-4618012»

№ операції	Назва операції, зміст переходів	Обладнання інструмент	Нормативні значення					Обраний верстат $N_{\text{в}}$ кВт	Прийняті значення		
			$t_{\text{м}}$ мм	$S_{\text{об}}$ мм	$V_{\text{м}}$ / хв.	$\pi_{\text{об}}$ / хв.	$N_{\text{е}}$ кВт		$S_{\text{м}}$ / хв.	$V_{\text{м}}$ / об	$\pi_{\text{об}}$ / хв.
005	Вертикально-фрезерна.	Пристрій поворотний. Фреза 2214-0157. Правка.	2,4	278	125	250	4,9	6М13П	315	100,5	200
	1. Фрезерувати поверхню лапи витримуючи розмір $15 \pm 0,1$ мм										
010	2. Фрезерувати поверхню лапи витримуючи розмір $15 \pm 0,1$ мм		2,4	278	125	250	4,9	11кВт	315	100,5	200
015	Вертикально-свердлильна.	Головна 4х шпindelьна. Свердло 2301-0502.	6,5	0,35	32,5	807,1	1,2	2Н150 7,5кВт	0,3	32,13	800
	1. Свердлити одночасно 4 отв. $d12,8$ мм										
020	Вертикально-свердлильна.	Головна 2х шпindelьна. Зенкер.	0,075	0,45	27,5	679	<1	2Н150 7,5 кВт.	0.3	29	715
	1. Зенкерувати одночасно 2 отв. $d12,95$ мм										
020	Вертикально-свердлильна	Головна 2х шпindelьна. Розвертка 13 №2 .	0,025	1.9	5.8	142	<1	2Н150 7,5 кВт.	1	9	220
	1. Розвернути одночасно 2 отв. $d13H7$										

Продовження таблиці 2.3

025	Поздовжньо-фрезерна. 1. Фрезерувати одночасно торці T_1 і T_4 витримуючи r - r 106,5 мм і торці T_2 і T_3 витримуючи r - r 130 мм.	Фрези 2214-0157; 2214-0158. Фрези 2214-0159; 2214-0160. Оправки 6222 – .4024	2.8	210	125.6	200	5.4	ГОР1899	160	128	200
030	Горизонтально-фрезерна 1. фрезерувати площину під кришку витримуючи r - r 20 ± 0,12 мм.	Фреза 2214-0161 Оправка, пристрій орез.	2,4	490	90,23	127,6	8,05	6P8311	250	114	160
035	Агрегатно-розточна. 1. Розточити 4 отв. d88 мм начорно на прохід знімати фаску. 2. Розточити 2 канавки 6 2-х отв. 3. Розточити 4 отв. d88 мм начорно на прохід знімати фаску.	Пристрій розточний при верстаті, поворотний стіл, державка різець 1,6×1,6 . Різець канавковий оправка 6300-0545	2,5 2,75 0,75	0,14 0,12 0,14	142,7 120 160	516,2 408,7 569,3	1,13 0,3 1,1	8A729 №=20кВт	0,15 0,15	138,2 114,5 155	500 390 550
040	Горизонтально-розточна. 1. Розточити одночасно 4 отв. d90H7 мм тонко на прохід.	Борт-штанга, державка різець 1,6×1,6 . Пристрій розточний.	0,25	0,12	200	707,1	1,0	8A730 №=10кВт	0,12	190	670

Продовження таблиці 2.3

045	Агрегатно-свердлильна	Сверла 2300-2019; 2300-2035; 2300-2055.	5,1	0,09	11,2	350	0,2	8A731	0,22	40	1248
	1. Свердлили одночасно 4отв. d10,2 і 4отв. d6,7мм.	Плита кондукторна.	3,4	0,08	11,2	540	0,15		0,18	35	1638
	2. Свердлили одночасно 4отв. d8,43 і 4отв. d6,7 мм.	Оправка 6105-4016.	4,25	0,08	11,2	455	0,2		0,21	38	1310
	3. Свердлили одночасно ботв. d6,7 мм	Втулка 6112-0063.	3,4	0,08	11,2	540	0,15		0,18	35	1638
050	Радіально-свердлильна	Свердло 2640-0081.	3,4	0,08	11,2	540	0,15	2H55 5,5кВт	0,18	35	1638
	1. Свердлили отв. d8,6 мм, зняти фаску. 2. Нарізати різь K 1/8".	2640-0117, 2640-0153. Втулка 6100-4005.	4,3	0,2	30	1000	<1		0,25	38	1000
055	Радіально-свердлильна	Кондуктор поворотний.						2H55			
	1. Свердлили отв. d22,9 мм.	Свердло 23-2.	11,45	0,35	22	304,5	1,1		0,45	36	498
	2. Розвернути до d23,66 мм зняти фаску.	Пагрон б/з 6152-0006. Розвертка 2373-0046.	0,28	2,2	51	68,6	<1		0,9	30	398
	3. Нарізати різь K 3/4".	Мітчик 2624-4006.	0,5	1,81	14,9	190	<1		0,18	9,6	150
	4. Свердлили отв. d10,7мм	Свердло 10,8.									
	5. Розвернути до d11,31 зняти фаску.	Втулка б/з 6120-4008. Розвертка 2373-0043.	5,35	0,25	25	736,8	<1		0,35	34	983
055	6. Нарізати різь K 1/4".	Мітчик 2824-4026.	0,2	1,7	5,1	143,5	<1	5,5кВт	0,6	30	800
			0,4	1,81	8,4	190	<1		1,8	8,8	150

Закінчення таблиці 2.3

060	Агрегатно-свердлильна	Мітчик	2640-0081, 2640-0117, 2640-0153.	0,75	8,9	235	235	235	1		0,75	10	200
	1. Нарізати різь M12-6H у												
	отв. 10,2 і різь M8-6H у		Втулка 6100-4005.	1,25	5,9	235	235	235	1	8A731	0,75	8	200
	отв. d6,7 одночасно.		Втулка затискна.										
	2. Нарізати різь M10-6H у		6112-6007.	1,5	7,4	235	235	235	1		0,75	8	200
	отв. 10,2 і різь M8-6H у												
	отв. d6,7 одночасно.			1,25	5,9	235	235	235	1	10кВт	0,75	8	200
	3. Нарізати різь M8-6H у												
	6 отв. d6,7 під кришку.			1,25	5,9	235	235	235	1		0,75	8	200

2.5 Встановлення контрольних, допоміжних і транспортних операцій

Контроль у ТП виготовлення здійснюється з метою забезпечення відповідності геометричних параметрів, якості поверхонь і фізико-механічних властивостей вимогам конструкторської документації. У виробництві редуктора 4014П-4618012 передбачено вхідний, операційний та кінцевий контроль.

Вхідний контроль проводиться для перевірки якості матеріалу та заготовок, що надходять у виробництво. Заготовки корпусних деталей перевіряються шляхом зовнішнього огляду для виявлення дефектів литва та механічних пошкоджень. Не допускається наявність раковин на поверхнях T_1 – T_4 та на установчих лапах, за винятком не більше однієї раковини на заготовку. Поверхні отворів Д і Д1 контролюються на відсутність м'ятин і пошкоджень. Вхідний контроль заготовок здійснюється у обсязі 100 % партії.

Контроль твердості матеріалу відливок проводиться вибірково для 2 – 3 заготовок з партії. Твердість матеріалу повинна відповідати значенням HB 163 – 224. У разі невідповідності хоча б однієї заготовки встановленим вимогам проводиться додатковий контроль усієї партії.

Операційний контроль здійснюється після виконання окремих технологічних операцій. Як приклад розглянемо контроль після горизонтально-розточної операції, під час якої виконують чистову обробку отворів $d90H7$. Контролю підлягають кінцеві розміри отворів, геометрична точність та шорсткість поверхні. Кінцевий розмір отворів становить $d90^{+0,35}$ мм. Допуск паралельності осей отворів Д і Д₁ не повинен перевищувати 0,05 мм на довжині $l = 115$ мм. Шорсткість оброблених поверхонь повинна відповідати значенню $Ra = 1,6$ мкм.

Гранично допустиму похибку вимірювальних засобів для контролю діаметра отворів визначасмо за співвідношенням допустимої похибки вимірювання до допуску розміру. Для контролю розміру $d90^{+0,35}$ мм допустима похибка вимірювання становить:

$$[\Delta] = A_{\text{мет}} \cdot T = 0,03 \cdot 0,035 = 0,0105 \text{ мм.} \quad (2.27)$$

Для контролю шорсткості поверхні допуск не нормується, тому приймаються допустимі відхилення параметра Ra в межах $\pm 20\%$ від номінального значення.

Для контролю діаметра отворів $d90H7$ застосовується двосторонній калібр-пробка з прохідною та непрохідною вставками. Виконавчі розміри калібрів приймаються відповідно до вимог ДСТУ. Розміри прохідної вставки становлять $d90,07_{-0,006}$ мм, непрохідної – $d90,037_{-0,006}$ мм. Допуск на виготовлення калібрів $T = 0,006$ мм, що не перевищує допустиму похибку вимірювання $[Δ] = 0,0105$ мм, отже вибраний засіб контролю відповідає вимогам точності.

Контроль паралельності осей отворів D і $D1$, з огляду на підвищену трудомісткість, здійснюється на окремій контрольній операції з використанням спеціальних пристроїв та індикаторних засобів вимірювання.

Таблиця 2.4 – Кінцевий контроль готової деталі 4014П-4618012

№ п/п	Контрольний параметр	Засоби здійснення контролю	% контролю
1	Зовнішній вид	Перевірка зовнішнім оглядом наявності всіх оброблених поверхонь, відсутності задирок гострих кромek, деталь повинна бути сухою і чистою	100%
2	Не паралельність вісі отворів (не більше 0,05мм)	Пристрій контрольний	25%
3	Перпендикулярність торців T_1, T_4, T_2, T_3 вісі отворів D (не більше 0,1мм)	Пристрій контрольний	25%
4	$d90H7 \left(\begin{smallmatrix} +0,035 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$	Калібр пробка двохстороння	50%
5	Шорсткість оброблених поверхонь	Шляхом порівняння зі зразками	20%

6	d13H7	Калібр пробка двохстороння	10%
7	Геометричний розміри $106,^{5}_{0,32}; 130_{-0,25};$ $20 \pm 0,24; 15 \pm 0,1;$ $85 \pm 0,4; 235 \pm 0,5$	Штангенциркуль ШЦ-II-250- 0,05	5%
8	$d93,5^{+0,46}$	Спеціальний штангенциркуль 8541-4010	10%
9	$2,2^{+0,25}$	Калібр 8154-4070	10%
10	17 ± 0.30	ШЦ-I-125	10%
11	$89,9^{+0,23}$	Калібр 8153-4006	10%
12	Перевірити різі $K \frac{3}{4"}, K \frac{1}{4"},$ $K \frac{1}{8}"$	Різові пробки 8255-4005 8255-4002 8255-4001	10%
13	Перевірити різі M12-6H M10-6H M8-6H	Пробки різеві 8221-3053.6H 8221-3044.6H 8221-3036.6H	10%

Періодичність контролю встановлюється з урахуванням відповідальності параметрів. Контроль діаметра отворів $d90H7$ проводиться для 100 % деталей, його виконує верстатник, при цьому час контролю перекривається машинним часом. Контроль шорсткості поверхні здійснюється вибірково для 5 % деталей шляхом порівняння оброблених поверхонь із зразками шорсткості відповідно до ДСТУ.

Кінцевий (приймальний) контроль готових деталей проводиться контролером відділу технічного контролю на спеціальній контрольній операції. Перевіряється відповідність усіх основних розмірів, геометричних параметрів та якості поверхонь вимогам конструкторської документації. Перелік

контрольованих поверхонь і застосовуваних засобів контролю узагальнюється у відповідних таблицях.

Транспортні операції у ТП виготовлення редуктора 4014П-4618012 призначені для своєчасного та безпечного переміщення заготовок та готових деталей між робочими місцями дільниці мех. обробки з мінімальними витратами часу та праці.

Маса заготовки становить 22,7 кг, габаритні розміри – $281 \times 131 \times 343$ мм, форма деталі коробчата. Обробка деталей здійснюється партіями. Заготовки на дільницю механічної обробки подаються автотранспортом на піддонах та складуються на спеціально відведеній площадці для заготовок, що розташована поблизу першої операції ТП.

Основним транспортним засобом усередині дільниці приймається підвісний конвеєр, який забезпечує безперервне переміщення заготовок між робочими місцями. Заготовки транспортуються у підвішеному стані до рухомих елементів конвеєра за допомогою строп. Такий спосіб транспортування є доцільним з огляду на габаритні розміри та масу деталі, а також забезпечує зручність завантаження і розвантаження верстатів.

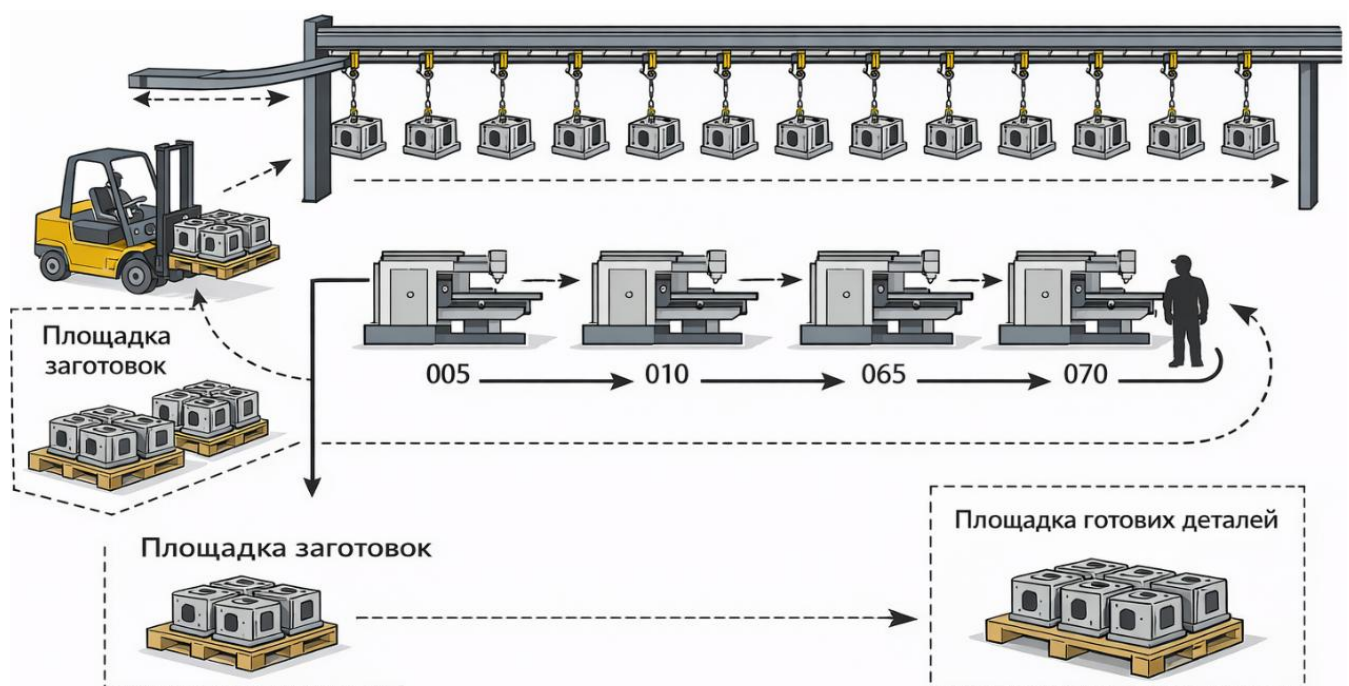


Рисунок 2.4 – Схема транспортних потоків дільниці

З урахуванням маси та габаритів заготовки приймаємо величину партії запуску на конвеєр 1 шт., що забезпечує рівномірність завантаження обладнання та безперервність технологічного процесу.

Швидкість руху конвеєра:

$$V = \frac{l}{\tau \cdot n_1} \cdot K_3 = \frac{5 \cdot 1,5}{0,8 \cdot 1} = 0,9 \text{ м/хв.} \quad (2.28)$$

При $l = 5 \text{ м}$:

$$\tau = \frac{\phi \cdot 60}{N} = \frac{4015 \cdot 60}{30000} = 0,8 \text{ хв.}$$

Отримане значення швидкості руху конвеєра забезпечує своєчасне надходження заготовок до робочих місць без створення заторів та простоїв обладнання.

Необхідну довжину конвеєра визначають на етапі розроблення плану цеху з урахуванням кількості робочих місць, компоновки обладнання та маршрутів руху деталей. У маршрутну карту технологічного процесу вводять транспортну операцію під номером 006 з назвою «Транспортна», яка виконується після операцій 005, 010 ... 065.

Після виконання контрольної операції 070 готові деталі укладають на піддони та переміщують на площадку для готової продукції, звідки вони надалі передаються на склад або на наступні виробничі етапи.

Для забезпечення виконання технічних вимог до готової деталі, а також підвищення якості виготовлення корпусу редуктора, у ТП механічної обробки вводяться допоміжні операції.

До таких операцій належать маркування, очистка, мийка, продувка та фарбування. Операція маркування виконується для ідентифікації деталей, забезпечення простежуваності партій та відповідності вимогам технологічної документації. Очистка деталей проводиться для видалення стружки, абразивних частинок і залишків мастильно-охолоджувальних рідин після механічної обробки.

Мийка та продувка застосовуються для остаточного очищення внутрішніх порожнин, отворів і поверхонь корпусу від забруднень, що особливо важливо для забезпечення надійної роботи редуктора в процесі експлуатації. Фарбування деталі виконується з метою захисту поверхонь від корозії та покращення зовнішнього вигляду виробу.

Запровадження допоміжних операцій дозволяє підвищити її експлуатаційні характеристики та відповідність нормативній документації.

2.6 Нормування технологічного процесу, уточнення типу виробництва

Норма штучного часу $T_{шт}$:

$$T_{шт} = T_0 + T_{дон} + T_{об} + T_{від}. \quad (2.29)$$

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг} \quad (2.30)$$

Наведемо приклад розрахунку для операції 005.

$$T_0 = 0,92 + 0,92 = 1,84.$$

$$T_{дон} = 0,96 + 0,08 + 0,02 = 1,06.$$

$$T_{тех} = 0,045 \cdot T_0 = 0,187.$$

$$T_{орг} = 0,4 \cdot T_0 = 0,187.$$

$$T_{обс} = T_{тех} + T_{орг} = 0,22.$$

$$T_{від} = 0,04 \cdot T_0 = 0,07.$$

$$T_{шт} = 1,84 + 1,06 + 0,22 + 0,07 = 3,19.$$

Таблиця 2.5 – Нормування ТП

№	Операція, її назва	T_0	$T_{доп.}$ ХВ	$T_{об, ХВ}$		$T_{від,}$ ХВ	$T_{шт,}$ ХВ
				$T_{тех.}$	$T_{орг.}$		
005	Вертикально-фрезерна	1,84	1,06	0,08	0,14	0,07	3,19

010	Вертикально-свердлильна	0,94	1,0	0,02	0,05	0,04	2,05
015	Вертикально-свердлильна	0,16	1,0	0,003	0,08	0,006	1,18
020	Вертикально-свердлильна	0,07	0,98	0,001	0,04	0,003	1,08
025	Поздовжньо-фрезерна	2,94	0,98	-	0,21	0,26	4,39
030	Горизонтально-фрезерна	1,82	0,98	0,08	0,13	0,07	3,08
035	Агрегатно-розточна	4,56	2,20	0,14	0,32	0,6	7,4
040	Горизонтально-розточна	2,28	1,0	0,09	0,13	0,09	3,62
045	Агрегатно-свердлильна	1,26	1,0	0,02	0,09	0,05	2,42
050	Радіально-свердлильна	0,26	0,85	0,05	0,013	0,01	1,14
055	Радіально-свердлильна	1,6	0,85	0,032	0,112	0,06	2,65
060	Агрегатно-свердлильна	0,14	1,0	0,002	0,01	0,01	1,16

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Пристрій для фрезерування поверхні

За умовою $N = 30\,000$ шт. ефективність технологічного процесу значною мірою визначається рівнем механізації допоміжних операцій, стабільністю базування та надійністю закріплення деталі. Застосування універсальних пристроїв у даному випадку призводить до збільшення допоміжного часу, зниження точності та нестабільності сил затиску, що є недопустимим для великосерійного виробництва.

Відповідно доцільно спроектувати спеціальний верстатний пристрій. Пристрій використовуватиметься на горизонтально-фрезерній операції та повинен забезпечувати швидке встановлення, надійне закріплення і точне базування деталі відносно інструмента.

Основними вимогами до проєктованого пристрою є забезпечення жорсткої фіксації корпусу в процесі фрезерування, збереження постійності баз та виключення можливості зсуву деталі під дією сил різання. Для зменшення допоміжного часу та підвищення продуктивності процесу силовий привід затискних елементів доцільно виконати пневматичним.

Проектований пристрій повинен забезпечувати необхідну точність виконання операції, а саме дотримання лінійного розміру $80 \pm 0,5$ мм та кутового розміру 15° , що є критичними параметрами для подальшого складання редуктора і його нормальної роботи. Конструкція пристрою має забезпечувати відтворюваність цих параметрів на всіх деталях партії без додаткових регулювань.

3.1.1 Розроблення та вибір раціональної схеми компоновки пристрою

Розробляємо декілька компоновок пристрою (рис. 3.1). Доцільність використання конкретної схеми оцінюємо за сумарним коефіцієнтом ваги K , який враховує основні техніко-економічні показники пристрою. Сумарний коефіцієнт визначаємо за формулою:

$$\Sigma K = K_1 \cdot N_1 + K_2 \cdot N_2 + K_3 \cdot N_3 + \dots + K_N \cdot N_N. \quad (3.1)$$

При виборі схеми враховується зручність ,здатність самогальмування, компактність.

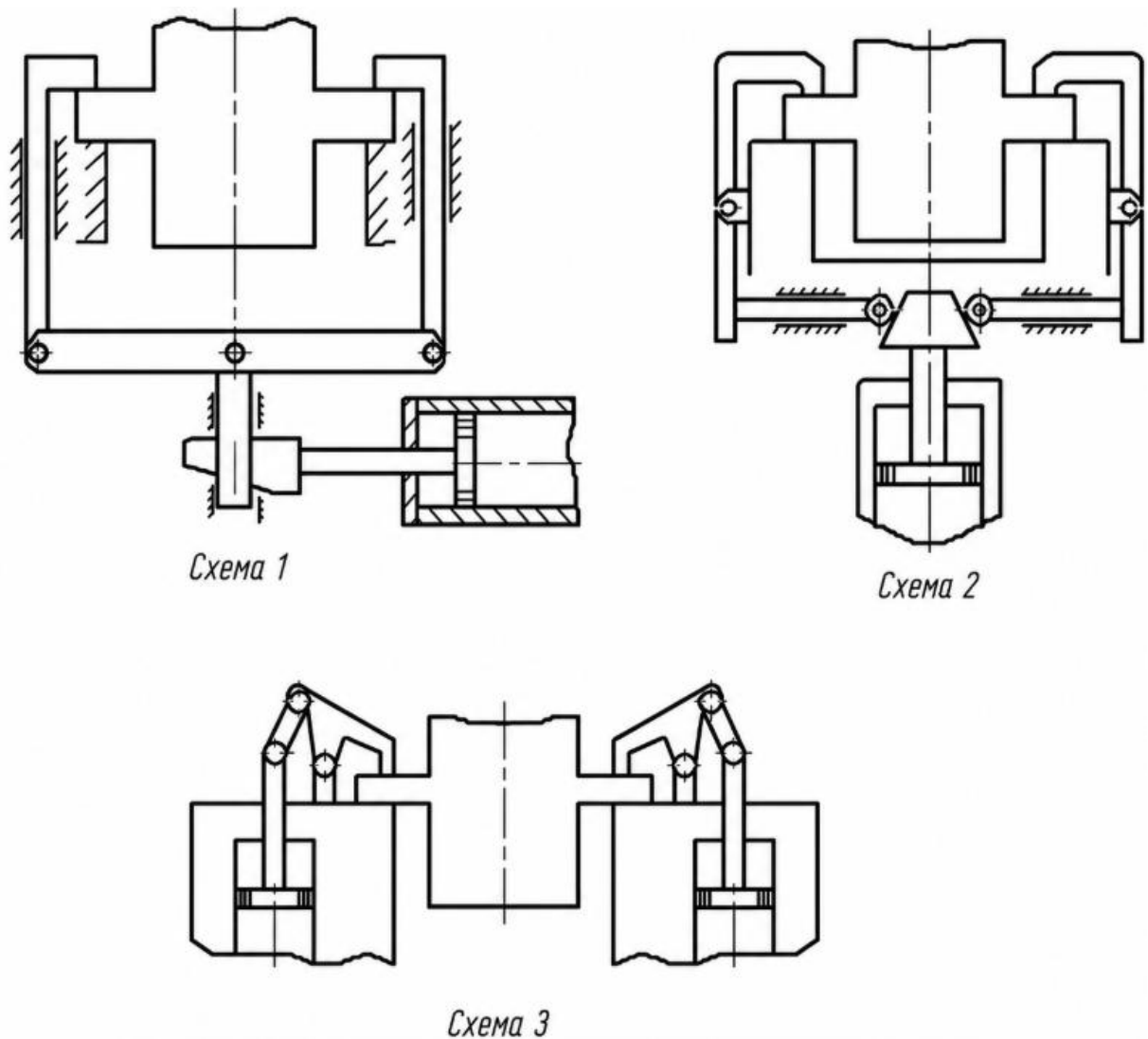


Рисунок 3.1 – Схеми компоновок пристрою

За наведеними схемами проводимо розрахунки сумарного коефіцієнта ΣK і результати зводимо в таб. 3.1.

Для першої схеми:

$$\Sigma K = 0,5 \cdot 1 + 0,35 \cdot 1 + 0,1 \cdot 2 - 0,1 \cdot 1 - 0,005 \cdot 1 = 0,9.$$

Для другої схеми:

$$\Sigma K = 0,5 \cdot 1 + 0,35 \cdot 1 - 0,1 \cdot 2 - 0,05 + 0,1 \cdot 1 = 0,65.$$

Для третьої схеми:

$$\Sigma K = 0,5 \cdot 1 + 0,35 \cdot 0 - 0,1 \cdot 2 - 0,05 \cdot 2 + 0,1 \cdot 1 = 0,3.$$

Максимальний коефіцієнт ваг має перша схема, яка приймається оптимальною.

Таблиця 3.1 – Критерії оцінки компоновки схем пристрою

№ схеми	Критерії оцінки					
	Оптимальний коефіцієнт	Наявність самогаль- мування	Кількість передавальних механізмів	Наявність проміжних ланок	Компа- ктність	Сумарний критерій оцінки
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_z
1	1	1	1	1	2	0,9
2	1	1	2	2	1	0,65
3	1	0	2	2	1	0,3
Вага	+0,5	+0,35	-0,1	-0,05	+0,1	

3.1.2 Розрахунок пристрою на точність

Оскільки пристрій є ланкою системи В-П-І- Д, то від його точності похибки встановлення на верстаті в значній мірі залежить якість виготовлення деталі. Проводиться розрахунок на точність умовою якого є:

$$\Sigma E < T$$

Сумарна похибка визначається:

$$\Sigma E = K \cdot \sqrt{E^2_{\theta} + E^2_{PN} + E^2_{PV} + E^2_B + E^2_z + E^2_{PHE} + E^2_H + E^2_{Pz} + E^2_{no} + E^2_I + E^2_{zn} + E^2_u}$$

Допуск на паралельність ходу стола відносно центрального паза 0,06 мм на довжин 600 мм.

$$E_B = \frac{0,06 \cdot 150}{600} = 0,015 \text{ мм.} \quad (3.2)$$

Пристрій встановлюється за допомогою шпонок які входять в паз стола з зазором $18 \frac{H8}{h7} \left(\begin{smallmatrix} +0,027 \\ -0,018 \end{smallmatrix} \right)$, отже виникає перекося пристрою максимальне значення якого буде:

$$S_{\max} = B_{\text{назв}_{\max}} - d_{\text{зн}_{\min}} = 18,027 - 17,982 = 0,045 \text{ мм.} \quad (3.3)$$

Тоді:

$$E_{\text{PN}} = S_{\max} / L = 0,045 / 450 = 0,0001 \text{ мм.} \quad (3.4)$$

$$E_{\text{py}} = 0,05 \text{ мм, } S_{\max} = 0,043 \text{ мм.}$$

$$E_{\text{Б}} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{235^2 + 83^2}} \cdot L = \frac{0,043}{\sqrt{235^2 + 83^2}} \cdot 100 = 0,017 \text{ мм.} \quad (3.5)$$

Отже сумарна похибка верстатного пристрою:

$$\Sigma E = 1,1 \cdot \sqrt{0,015^2 + 0,0001^2 + 0,05^2 + 0,017^2 + 0,2^2 + 0,01^2} = 0,23 \text{ мм.}$$

Можна зробити такий висновок: так як сумарна похибка $\Sigma E = 0,23 \text{ мм}$ менше допуску на розмір $20 \text{ T}20 = 1 \text{ мм}$ то даний пристрій надійно забезпечує точність обробки.

3.1.3 Розрахунок зусилля кріплення та параметрів силового приводу

Для забезпечення надійного закріплення деталі під час фрезерування визначаємо необхідну силу затиску W . Розрахунок виконуємо на основі схеми дії сил на деталь (рис. 3.2), складаючи рівняння рівноваги відносно осі $x-x$.

Умову рівноваги запишемо у вигляді:

$$K \cdot P = F_1 + F_2 = W_1 + W_2, \quad (3.6)$$

Для рівномірного затиску корпусу редуктора використовується важільний механізм, до якого приєднані дві тяги з прихватами. Це забезпечує симетричний розподіл навантаження на деталь. У такому випадку сумарна сила затиску дорівнює силі, яку створює силовий привід пристрою. За результатами розрахунку необхідна сила затиску становить:

$$W = Q = 46\,238,89 \text{ Н.}$$

Як силовий привід приймаємо пневматичний циліндр із ходом штока 50 мм. Сила затиску створюється при прямому ході штока пневмоциліндра і визначається за залежністю:

$$Q = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot P \cdot \eta. \quad (3.7)$$

Звідси діаметр пневмоциліндра визначається за формулою:

$$D = \sqrt{(4Q / (\pi \cdot P \cdot \eta))}. \quad (3.8)$$

Підставивши числові значення, отримуємо розрахунковий діаметр циліндра. З урахуванням стандартного ряду пневмоциліндрів приймаємо найближче більше стандартне значення:

$$D = 125 \text{ мм.}$$

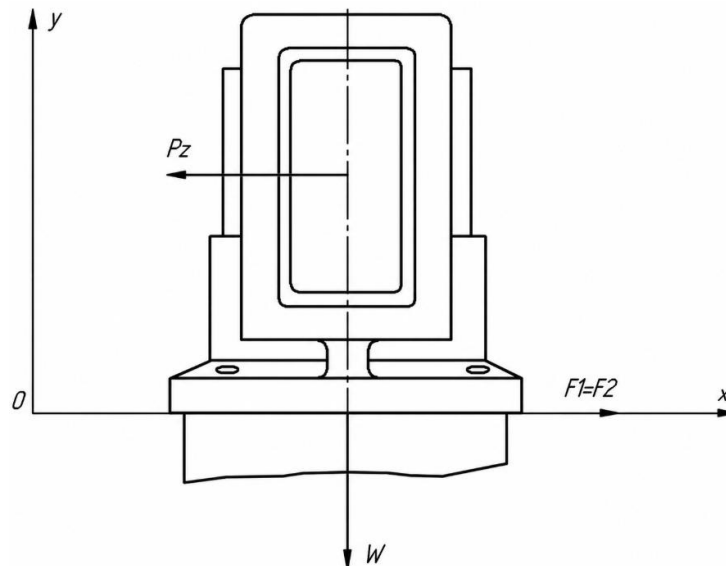


Рисунок 3.2 – Схема дії сил на деталь

Обраний пневмоциліндр забезпечує необхідну силу затиску з заданим запасом, що гарантує надійне закріплення деталі під час фрезерування та стабільність виконання технологічної операції.

3.1.4 Опис конструкції та роботи пристрою

Пристрій призначений для фрезерування площини під кришку редуктора. На даній операції виконується обробка площини розміром $20 \pm 0,5$ мм під кутом 15° . Пристрій застосовується на горизонтально-фрезерній операції та забезпечує точне базування і надійне закріплення деталі.

Встановлення деталі здійснюється на опорні площини та два установлювальні пальці – циліндричний і зрізаний, що забезпечує точне базування та виключає можливість неправильного встановлення. Для забезпечення необхідного кута 15° установлювальна площа пристрою виконана похилою під відповідним кутом.

Надійне закріплення деталі здійснюється за допомогою силового приводу пристрою – пневмоциліндра. Затиск реалізується двома прихватами, які через тяги з'єднані з коромислом. Коромисло, у свою чергу, пов'язане з плунжером пневмоциліндра, що забезпечує одночасне і рівномірне притискання деталі до установлювальної поверхні.

Затиск відбувається під час прямого ходу штока пневмоциліндра, на якому закріплено клин. Клин, входячи у паз плунжера, переміщується по ролику, закріпленому штифтом. Під дією клина плунжер разом із коромислом опускається, у результаті чого деталь щільно притискається до установлювальної площини та опорних пластин.

Після завершення обробки стиснене повітря подається у зворотному напрямі, шток пневмоциліндра повертається у вихідне положення, затиск знімається, і деталь звільняється для подальшого транспортування на наступну операцію.

Для перевірки правильності встановлення фрези на заданий розмір між установлювальною поверхнею пристрою та фрезою встановлюють щуп, за допомогою якого контролюється відповідність заданого розміру перед початком обробки.

3.2 Пристрій поворотній фрезерний, для фрезерування встановлюючих лап

Пристрій розроблений для виконання операції 005, повинен забезпечувати необхідну точність обробки, а саме точність ширини встановлюючої лапи розміром $15 \pm 0,1$ мм.

Деталь установлюється у пристрої на дві циліндричні опори та одну призматичну, що забезпечує надійне базування. В якості опорної та напрямної

бази використані упори, що показані на кресленні. Таке базування гарантує стабільність положення деталі під час обробки та повторюваність розмірів.

Оскільки встановлюючі лапи розташовані на двох протилежних боках деталі, для усунення необхідності її перевстановлення пристрій виконаний на основі поворотного стола. Деталь обертається навколо осі, перпендикулярної до установлювальної площини, разом із поворотною плитою. Це дає змогу виконувати обробку обох лап за одну установку.

Затиск деталі у пристрої здійснюється за допомогою силового приводу – пневмоциліндра, який встановлений безпосередньо на поворотній платформі. Пристрій складається з корпусу, що закріплюється на столі верстата. У корпусі змонтовано поворотний блок та рейковий фіксатор, за допомогою якого здійснюється точне позиціонування поворотного блоку у робочих положеннях. Безпосередній затиск деталі виконується прихватом.

Під час прямого ходу штока клина плунжер опускається. Оскільки до плунжера приєднаний відкидний болт, який фіксується у пазу качалки, відбувається надійне закріплення деталі. Пневмоциліндр обертається разом із поворотним блоком, тому для виконання другого переходу немає потреби відкріплювати деталь.

Після завершення обробки повітря подається у зворотному напрямку, відкидний болт виходить із паза качалки, качалку відкидають, і деталь знімають з пристрою та передають на наступні етапи обробки.

3.3 Кондуктор швидкодіючий поворотний для операції 055

На операції 055 виконують свердління та нарізання дюймової різі в отворах під заливну і зливну пробки. При обробці необхідно забезпечити задане взаємне розташування отворів (K і K_1) відносно базових поверхонь деталі відповідно до креслення.

Деталь закріплюють у кондукторі у вертикальному положенні. Установлення здійснюється на опорні пластини та базуючі пальці – циліндричний і зрізаний, що забезпечує однозначне та повторюване базування корпусу редуктора.

Оскільки різьбові отвори розташовані з протилежних боків деталі, а отвір K_1 виконаний під кутом до осі симетрії, кондуктор повинен мати можливість повороту навколо осі, перпендикулярної до площини M . Для цього корпус кондуктора у вертикальному положенні закріплюється на поворотній стійці, яка забезпечує його обертання у необхідних межах.

Для виконання операції передбачено три фіксовані положення кондуктора. Позиціювання здійснюється за допомогою фіксаторних втулок, розміщених у відповідних точках. Фіксація положення відбувається введенням фіксатора у відповідну втулку в заданій послідовності, що гарантує точність просторового розташування отворів.

З метою зменшення допоміжного часу, підвищення надійності та забезпечення сталої сили затиску на поворотній стійці встановлено пневмоциліндр. При прямому ході штока зусилля затиску передається на вилку, з'єднану з важелем, який діє на систему двох з'єднаних важелів. Через прихвати вони забезпечують надійне закріплення деталі у кондукторі. При зворотному ході штока деталь швидко звільняється, що підвищує продуктивність операції.

Точність свердління і нарізання різі забезпечується застосуванням кондукторних втулок, встановлених у кондукторних плитах. Це виключає відхилення осей отворів і забезпечує стабільну якість обробки в умовах великосерійного виробництва.

3.4 Розрахунки спеціального різального інструменту

Підвищення продуктивності роботи верстатів доцільно забезпечувати за рахунок застосування комбінованого ріжучого інструменту, який дозволяє об'єднати кілька переходів в один і тим самим зменшити машинний та допоміжний час.

На операції 045 виконується одночасна обробка отворів під подальше нарізання метричної різі $M12 - 6H$, $M10 - 6H$ та $M8 - 6H$. Для цього необхідно просвердлити отвори діаметрами 10,2 мм, 8,43 мм та 6,7 мм (по чотири отвори кожного типорозміру). Оскільки зазначені отвори призначені для наступного нарізання різі, на їх вході обов'язково мають бути сформовані фаски розміром

$1,5 \cdot 45^\circ$, які забезпечують правильний захід мітчика та зменшують імовірність задирок.

Використання звичайних свердел не дозволяє отримати отвір і фаску за один прохід, що призводить до необхідності введення додаткових операцій або переходів з використанням зенківок. Це, у свою чергу, збільшує тривалість обробки та ускладнює технологічний процес. З метою підвищення продуктивності агрегатного верстата та скорочення машинного часу доцільно застосувати комбінований інструмент, який забезпечує одночасне свердління отвору і формування фаски.

У якості такого інструменту приймаємо комбіноване свердло з чотирма стрічками. Така конструкція забезпечує підвищену стабільність інструменту в процесі різання, кращу спрямованість отвору та достатню якість поверхні. Для виконання операції необхідно застосувати 22 комбінованих свердла тонкого типу, діаметри та довжини ріжучих частин яких відповідають конструктивним розмірам оброблюваних отворів. Основні геометричні та параметричні характеристики інструменту наведені на рис. 3.3.

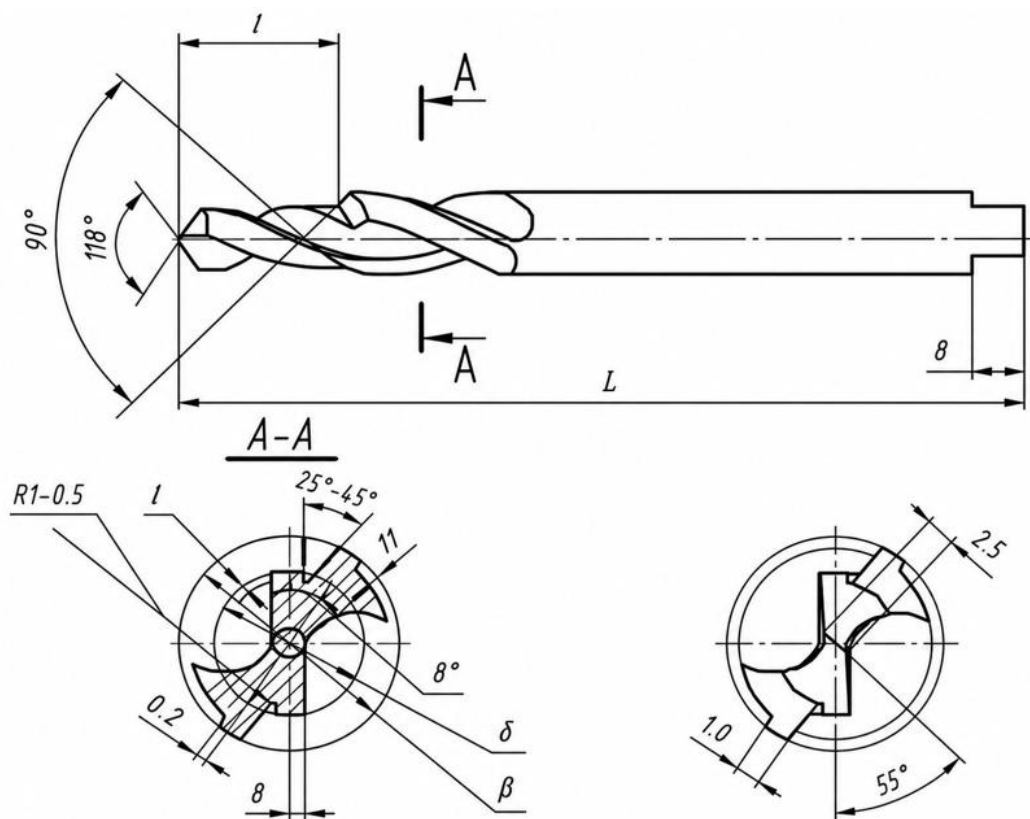


Рисунок 3.3 – Геометричні і конструктивні параметри чотирьох-стрічкового свердла

Таблиця 3.2 – Параметри чотирьох-стрічкового свердла

B	L	l	D	d
10	150	17,5	9,7 ^{+0,17}	6,7 ^{+0,17}
10	150	23,5	11,43 ^{+0,17}	8,43 ^{+0,17}
10	150	33,5	13,2 ^{+0,17}	10,2 ^{+0,17}

Враховуючи, що твердість матеріалу деталі СЧ18 знаходиться в межах 163–224 НВ, а також з огляду на вимоги до зниження собівартості інструменту та відносно невеликі діаметри отворів, у якості матеріалу ріжучої частини приймаємо швидкорізальну сталь Р6М5. За конструктивним виконанням комбіноване свердло приймаємо суцільним, що є технологічно доцільним для заданих умов обробки та забезпечує достатню жорсткість інструменту.

Застосування комбінованих свердел у складі агрегатної операції дозволяє скоротити кількість переходів, зменшити час обробки, підвищити стабільність якості отворів і, як наслідок, підвищити загальну ефективність ТП виготовлення корпусу редуктора.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Загальна характеристика умов праці на дільниці механічної обробки

Виготовлення деталі «Корпус редуктора 4014П-4618012» здійснюється в умовах дільниці механічної обробки машинобудівного підприємства. Дана дільниця характеризується наявністю металообробного обладнання різного типу, використанням ріжучого інструменту, спеціальних пристроїв, а також застосуванням мастильно-охолоджувальних рідин. У зв'язку з цим умови праці належать до категорії потенційно небезпечних і потребують системного підходу до забезпечення безпеки життєдіяльності працівників.

Робочі місця операторів верстатів розташовані безпосередньо біля обладнання, що працює з високими швидкостями обертання та значними силовими навантаженнями. Під час виконання технологічних операцій працівник повинен здійснювати встановлення та зняття заготовок, контроль розмірів, заміну інструменту та спостереження за перебігом процесу обробки, що підвищує відповідальність і рівень нервово-психічного навантаження.

На дільниці використовуються фрезерні, свердлильні, різенарізні та агрегатні верстати, які є джерелами підвищеного шуму, вібрації та тепловиділення. Під час механічної обробки утворюється металева стружка, яка може мати гострі краї та високу температуру, що становить додаткову небезпеку травмування.

Мікроклімат виробничого приміщення формується під впливом роботи обладнання, систем вентиляції та зовнішніх кліматичних умов. Недостатній повітрообмін може призводити до накопичення в повітрі робочої зони пилу, парів та аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин, що негативно впливає на самопочуття працівників і знижує їх працездатність.

Освітлення робочих місць має суттєвий вплив на безпеку виконання робіт. Недостатня освітленість або наявність різких тіней у зоні обробки може призводити до помилок під час контролю розмірів, неправильних дій оператора та зростання ризику травматизму. Тому на дільниці повинно бути забезпечене поєднання загального та місцевого освітлення.

Таким чином, умови праці на дільниці механічної обробки корпусу редуктора потребують впровадження комплексу організаційних і технічних заходів, спрямованих на зниження впливу небезпечних та шкідливих факторів.

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час виконання технологічного процесу виготовлення корпусу редуктора на працівників впливають різноманітні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть призвести до виробничого травматизму або професійних захворювань.

До основних небезпечних факторів належать рухомі та обертові частини верстатів, різальний інструмент, затискні механізми та заготовки. Порушення правил закріплення деталі або несправність пристроїв можуть призвести до її зміщення чи викиду під час обробки. Особливо небезпечними є операції свердління, фрезерування та нарізання різі, де інструмент працює з високими швидкостями обертання.

Шкідливими факторами є шум і вібрація, що виникають у процесі роботи обладнання. Тривалий вплив підвищеного рівня шуму негативно впливає на слуховий апарат, а вібрація може спричиняти втому, зниження точності рухів і розвиток професійних захворювань опорно-рухового апарату.

Запиленість повітря та наявність аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин є ще одним важливим шкідливим фактором. При тривалому контакті ці речовини можуть викликати подразнення слизових оболонок, захворювання органів дихання та шкіри. Особливої уваги потребує організація вентиляції та своєчасне очищення робочої зони.

До факторів ризику також належать електричні небезпеки, пов'язані з експлуатацією електрообладнання верстатів. Пошкодження ізоляції, неправильне заземлення або порушення правил експлуатації можуть призвести до ураження електричним струмом.

Фізичне навантаження, пов'язане з ручним переміщенням заготовок та оснащення, а також тривале перебування у вимушеній робочій позі, може

спричиняти втому та зниження працездатності працівника. Це підвищує ймовірність помилок і нещасних випадків.

Таким чином, аналіз небезпечних і шкідливих факторів свідчить про необхідність системного підходу до організації безпечних умов праці при виготовленні корпусу редуктора.

4.3 Заходи з охорони праці, електро- та пожежної безпеки

Забезпечення безпеки праці на дільниці механічної обробки досягається шляхом впровадження комплексу організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів. Основою є правильна організація робочих місць і чітке дотримання встановленої технології обробки.

Організаційні заходи передбачають проведення інструктажів з охорони праці, навчання працівників безпечним методам роботи та контроль за дотриманням вимог безпеки. До роботи допускаються лише особи, які пройшли відповідну підготовку та медичний огляд.

Технічні заходи включають використання верстатів із захисними кожухами, екранами та блокувальними пристроями. Спеціальні пристрої для встановлення корпусу редуктора забезпечують його надійну фіксацію та виключають можливість самовільного зміщення під час обробки. Видалення стружки здійснюється лише після зупинки верстата за допомогою спеціальних пристосувань.

Для зменшення впливу шуму і вібрації необхідно забезпечити справний технічний стан обладнання, регулярне його обслуговування та застосування віброгасних елементів. Раціональний режим праці та відпочинку сприяє зниженню втоми працівників.

Електробезпека забезпечується шляхом надійного заземлення обладнання, використання справних електричних мереж і дотримання правил експлуатації електроустановок. Обслуговування електрообладнання повинно здійснюватися тільки кваліфікованим персоналом.

Пожежна безпека на дільниці забезпечується правильним зберіганням мастильно-охолоджувальних рідин, своєчасним прибиранням стружки та

наявністю первинних засобів пожежогасіння. Працівники повинні бути ознайомлені з порядком дій у разі виникнення пожежі.

Комплексне виконання наведених заходів дозволяє забезпечити безпечні та здорові умови праці, знизити рівень виробничого травматизму та створити передумови для стабільної й ефективної роботи дільниці механічної обробки.

4.4 Розрахунок штучного освітлення робочого місця оператора верстата

Рациональне освітлення робочих місць на дільниці механічної обробки є важливою складовою забезпечення безпечних і комфортних умов праці. Недостатній рівень освітленості призводить до підвищеної втоми зору, зниження точності виконання операцій, а також збільшує ризик травматизму під час роботи на верстатах.

Розрахунок освітлення виконується для робочого місця оператора, який здійснює механічну обробку корпусу редуктора. Для освітлення використовується загальна рівномірна система штучного освітлення з люмінесцентними світильниками, розташованими на стелі виробничого приміщення.

Площа виробничого приміщення визначається за формулою:

$$S = A \cdot B \quad (4.1)$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м.

Приймаємо розміри приміщення:

$$A = 24 \text{ м}; B = 12 \text{ м}.$$

Тоді площа приміщення становить:

$$S = 24 \cdot 12 = 288 \text{ м}^2.$$

Нормована освітленість для робіт середньої точності, до яких належать операції механічної обробки корпусних деталей, приймається на рівні:

$$E_n = 300 \text{ лк}.$$

Світловий потік, необхідний для освітлення приміщення, визначається за залежністю:

$$\Phi_{\text{заг}} = (E_n \cdot S \cdot K_z) / \eta \quad (4.2)$$

де K_z – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Приймаємо:

$$K_z = 1,5; \eta = 0,55.$$

Тоді загальний світловий потік дорівнює:

$$\Phi_{\text{заг}} = (300 \cdot 288 \cdot 1,5) / 0,55 \approx 235636 \text{ лм.}$$

Для освітлення приміщення застосовуються люмінесцентні світильники зі світловим потоком однієї лампи:

$$\Phi_{\text{л}} = 5200 \text{ лм.}$$

Кількість ламп визначається за формулою:

$$n = \Phi_{\text{заг}} / \Phi_{\text{л}}. \quad (4.3)$$

Підставивши значення, отримаємо:

$$n = 235636 / 5200 \approx 45,3.$$

Для забезпечення нормативної освітленості передбачено встановити 46 люмінесцентних ламп, які розміщуються рівномірно по площі приміщення.

З урахуванням конструкції світильників доцільно застосувати 23 дволампові світильники, розташовані в шаховому порядку. Така схема забезпечує рівномірний розподіл світлового потоку та зменшує утворення тіней у зоні обробки.

Запропонована система освітлення забезпечує нормативний рівень освітленості, сприяє зниженню зорової втоми оператора, підвищує точність виконання технологічних операцій і загальний рівень безпеки праці на ділянці механічної обробки.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розв'язано комплекс інженерно-технологічних завдань, спрямованих на вдосконалення ТП механічної обробки деталі з урахуванням вимог великосерійного виробництва.

У загально-технічній частині проаналізовано конструкцію деталі, умови її роботи та вимоги до точності й якості оброблюваних поверхонь. Проведено аналіз технічних вимог і визначено основні напрямки підвищення технологічності виробу. Сформульовано задачі кваліфікаційної роботи, які були реалізовані в наступних розділах.

У технологічній частині обґрунтовано тип і організаційну форму виробництва, вибрано метод одержання заготовки та раціональні технологічні бази. Розроблено маршрутний і операційний технологічні процеси, виконано розрахунок режимів різання, здійснено вибір обладнання, оснащення та різального інструменту. Визначено контрольні, допоміжні й транспортні операції, а також виконано нормування технологічного процесу, що забезпечує ефективне використання виробничих ресурсів.

У конструкторській частині розроблено спеціальні фрезерні пристрої та швидкодіючий поворотний кондуктор. Обґрунтовано схеми їх компоновки, виконано розрахунок точності, зусилля кріплення та параметрів пневматичного силового приводу. Запропоновані конструкції забезпечують надійне закріплення заготовки, підвищення точності обробки та продуктивності праці, а також зменшення допоміжного часу. Додатково виконано розрахунки спеціального різального інструменту.

У розділі з охорони праці проаналізовано умови праці на ділянці механічної обробки, визначено небезпечні та шкідливі виробничі фактори та запропоновано заходи щодо їх зниження. Виконано розрахунок штучного освітлення робочого місця відповідно до нормативних вимог.

Отримані в роботі результати мають практичну цінність і можуть бути впроваджені на машинобудівних підприємствах. Поставлені завдання виконано повністю, а прийняті технологічні та конструкторські рішення є технічно обґрунтованими та доцільними.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ISO 2768-1:1989. General tolerances – Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications.
2. Machining Fundamentals / John R. Walker. – New York : McGraw-Hill Education, 2014. – 784 p.
3. Manufacturing Processes for Engineering Materials / Serope Kalpakjian, Steven Schmid. – 6th ed. – London : Pearson Education, 2018. – 1150 p.
4. Metal Cutting Theory and Practice / David A. Stephenson, John S. Agapiou. – 3rd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2016. – 920 p.
5. Pneumatic Systems: Principles and Maintenance / S. Majumdar. – New York : McGraw-Hill, 2006. – 352 p.
6. Євдокимов В.Д. Технологія машинобудування: підручник. – Київ: Вища школа, 2012. – 480 с.
7. Кузнецов Ю.М. Технологічне оснащення машинобудівного виробництва: навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХП», 2015. – 312 с.
8. Марченко О.О., Білецький В.С. Різальні інструменти та їх проектування – Київ: Техніка, 2014. – 288 с.
9. 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
10. Покровський В.А. Проектування пристроїв для механічної обробки: підручник – Київ : Вища школа, 2011. – 420 с.
11. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
12. Руденко, П.О. Проектування технологічних процесів у Машинобудуванні . – К.: Вища школа, 1993. – 416 с.
13. Соколовський М.О., Коваленко В.І. Проектування технологічних процесів механічної обробки: навч. посібник. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2016. – 356 с.
14. ELARTU – Інституційний репозитарій ТНТУ імені Івана Пулюя.

ДОДАТКИ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

2.1 Встановлення типу виробництва та його організаційної форми

τ - такт випуску деталей;
 F_g – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год;
 N – річна програма, шт;
 $T_{шт}$ – норма штучного часу, хв;
 φ_e – коефіцієнт що враховує тип виробництва і верстату;
 T_0 – основний час, що витрачається на виконання певної операції;
 T_1, T_2 – загальні часи що витрачаються на виконання першого і другого переходу операції;
 L – довжина оброблюємої поверхні, мм;
 $S_{кв}$ – хвилинна подача;
 n_{oo} – кількість основних операцій;
 $\Sigma T_{шт.}$ - сумарна норма часу, який витрачається на деталь;
 D – кількість робочих днів в році;
 a – періодичність партії запуску;
 $F_e=476$, добовий фонд часу роботи обладнання в одну зміну;
 $Z_{\phi}=2$, кінцево прийнята кількість змін.

2.2 Вибір методу одержання заготовки

C_i – базова вартість однієї тони заготовок, грн;
 Q – маса заготовки, кг;
 g – маса деталі, кг;
 $S_{від}$ – вартість однієї тони відходів, грн.;
 K_m – коефіцієнт, що залежить від класу точності;
 K_c – коефіцієнт, що залежить від маси відливки;
 K_B – коефіцієнт, що залежить від групи складності;
 K_m – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;
 K_n – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва;

2.3 Вибір технологічних баз

A_1 – відстань від площини основи до вісі отворів;
 A_0 – відстань від площини до вісі обертання інструменту;
 $TA_1 = 0,05 \text{ мм.}$ – допуск на розмір A_1 , тобто похибка розточування, точність якої може забезпечувати даний верстат (розточний);
 TA_0 - допуск на розмір A_0 ;
 $TD=0,015 \text{ мм}$ – допуск отвору d13H7;

$Td=0,015\text{мм}$ – допуск пальця d13f7;

$S_{\min}=0,013\text{мм}$ – мінімальний зазор у посадці d13 H7/f7.

2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення

C_v – допоміжний коефіцієнт, $C_v=445$;

g, x, y, p - показники степеня ($g=0,2$; $x=0,15$; $y=0,35$; $u=0,2$; $p=0$; $m=0,32$);

K_v – загальний коефіцієнт що враховує фактичні умови різання;

K_{mv} – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу;

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує якість поверхні $K_{nv} = 0,85$;

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу $K_{iv} = 0,83$;

K_{φ} - коефіцієнт, що враховує головний кут в плані $K_{\varphi} = 1$;

C_p - допоміжний коефіцієнт, $C_p=54,5$;

x, y, u, g, w – показники степеня ($x=0,9$; $y=0,74$; $u=1,0$; $g=1,0$; $w=0$);

K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості поверхні на силові залежності;

K_v – загальний коефіцієнт, що враховує умови різання;

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує матеріал свердла;

K_{lv} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

K_p - коефіцієнт, що враховує умови обробки.

2.5 Встановлення контрольних, допоміжних і транспортних операцій

l – середня віддаль між верстатами;

τ – такт випуску

K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3=1,5$.

2.6 Нормування технологічного процесу, уточнення типу виробництва

T_0 – основний (технологічний) час, хв.;

$T_{дон}$ – допоміжний час, хв.;

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

T_{tex} – час на технічне обґрунтування верстату, хв.;

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

$T_{від}$ – час на відпочинок і звичайні потреби, хв.

3.1.1 Розроблення та вибір раціональної схеми компоновки пристрою

K_1, K_2, K_3, K_N – коефіцієнти критеріїв;

N_1, N_2, N_3, N_{N-1} – ваги критеріїв.

3.1.2 Розрахунок пристрою на точність

T – допуск на розмір деталі, на який впливає пристрій;

ΣE – сумарна похибка верстату;

E_B – похибка верстату у нашому випадку буде впливати похибка переміщення стола разом з пристроєм по довжині 150 мм;

E_{pn} – похибка розташування пристрою на верстаті;

E_δ – похибка базування;

L – відстань між шпонками;

E_{py} – похибка розташування установчих елементів відносно поверхонь пристрою, якими він встановлюється на верстат;

S_{max} – максимальний зазор між заготовкою і пальцем;

L – довжина обробки (мм);

235; 83 – розміри між пальцями;

E_z – похибка закріплення. $E_z = 0$;

E_{pne} – похибка розташування напрямних елементів пристрою. Для фрезерного пристрою дорівнює допуску на відстані між робочими поверхнями і установка;

$E_{pnc} = 0,2$;

E_n – похибка налагоджування. Для фрезерного пристрою $E_n = 0,01$;

E_p – похибка викликана температурним впливом;

E_{pi} – похибка розташування інструмента на верстаті;

K – коефіцієнт що враховує закони розподілу похибок, $K = 1,1$.

3.1.3 Розрахунок зусилля кріплення та параметрів силового приводу

F_1, F_2 – сили тертя між деталлю та опорними поверхнями;

W_1, W_2 – сили затиску від прихватів;

f_1, f_2 – коефіцієнти тертя сталі по чавуну в стані спокою, які приймаємо

$f_1 = f_2 = 0,18$;

K – коефіцієнт запасу, прийнятий рівним 2,5;

D – діаметр пневмоциліндра;

P – тиск повітря в пневмомережі, приймаємо $P = 0,4$ МПа;

η – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра, приймаємо $\eta = 0,9$.